

文部科学省指定スーパーサイエンスハイスクール事業

滋賀県立膳所高等学校

より質の高い先進的な課題研究の開発・実践を目指して

滋賀県立膳所高等学校

校長 富江 宏

本校の理数科は、平成9年(1997年)4月1日に、本県で2番目の理数科として、我が国の数学、科学、工学、科学技術等の理数分野の将来を担う人材の育成を目的として開設され、課題研究や京都大学、滋賀医科大学をはじめとする大学との連携に力を入れてまいりました。

平成18年(2005年)には文部科学省からスーパーサイエンス・ハイスクールに指定され、理数科はその取組の中核として位置づけられ、課題研究については学校設定科目「探究」「探究 S」を設定し、課題設定能力の向上や、探究活動の評価方法等について研究を積み重ねてきたところです。こうした3期15年の取組が評価され、令和3年度(2021年度)から新たにSSH第4期5年の指定をいただき、同時にSSH科学技術人材育成重点枠にも再指定していただき、新たな課題を設定し取組を進めているところです。

令和4年度入学生から実施されております新学習指導要領においては、「探究」が一つのキーワードとして重視されているところですが、本校は早くから「探究」に取り組んできたパイオニア校として、理数科設立以来の探究活動の実践の成果を、本県はもとより全国の高等学校に広く紹介し、今後各校が探究に取り組んでいかれる際の一つの参考としていただきたいと思います。

特に、SSH科学技術人材育成重点枠におきましては、研究テーマとして、「AI×専門分野のダブルメジャーを目指した次世代型課題研究プログラムの開発」を掲げ、大学や県内外高等学校と連携して、より質の高い先進的な課題研究の開発・実践に取り組んでいるところです。

そのような研究成果の一端として生徒たちの課題研究論文を本論文集に収めておりますので、御高覧いただき、忌憚のない御講評や御指導を賜ることができたら幸いです。

また、今年度の取組の発表として、令和5年2月17日に大津市民会館にて、課題研究発表会を行いました。午前中には、ポスターセッションで、英語と日本語によるプレゼンテーションを行い、午後は3つの班が代表してステージで発表しました。今年度は1、2学年の生徒全員が聴衆として参加するとともに、大学教員、ALT、若手研究者などに審査員として参加いただき、専門的な見地から質問や指導助言を賜りました。

その後、基調講演として、京都大学前総長で、総合地球環境学研究所長の 山極壽一先生から、「科学から私たちはどんな気づきを得るのか」との演題で御講演いただきました。

山極先生は、屋久島でのニホンザルの研究やアフリカでゴリラの野外研究に取り組まれるなど、霊長類学と人類学の研究を通して、初期の人類の姿を推測し、人間とは何かということを探ってこられました。山極先生からは、御自身の研究内容や科学への向き合い方などをお聞かせいただき、生徒たちもそれぞれに学びや気づきを得ることができたことと思います。生徒たちが大学やその先において研究活動に取り組む上でも多くの示唆に富んだ内容でありました。御講演から学ばせていただいたことを、本校における今後の先進的な課題研究の開発・実践においても、しっかりと生かしていきたいと存じます。

最後になりましたが、本校のSSH事業に御指導、御支援をいただいている運営指導委員の先生方、滋賀県教育委員会および国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の関係者をはじめ多くの皆様に心から感謝申し上げます。

目 次

より質の高い先進的な課題研究の開発・実践を目指して

滋賀県立膳所高等学校 校長 富江 宏 1

論文集

ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性との相関 3

Correlations Between Effects of Recognition Factors and Feeding Habits of Yamato Termites

上坂 太駈 小島 康平 鶴菌 優月 野澤 彰範 羽賀 匠海

両生類の体表面粘液の抗菌効果の研究 7

Study of the antimicrobial effect of amphibian body surface mucus

岡 柚月 柴田 怜音 福山 心結 藤田 仁菜 山中 俊輝

色素増感太陽電池の紫外線領域での発電について 11

Power generation in the ultraviolet region of dye-sensitized solar cells

蟹谷 唯斗 小上馬 良浩 高塚 日和 竹田 京美 田中 優菜

船体の傾きにおける軌道の変化 14

Variation of trajectory in hull tilt

川村 友洋 小早川 恵琉 佐藤 葵 中村 燎

矢羽根の枚数と傾きによる矢の軌道の変化 18

The Changes in an Arrow's Trajectory Depending on the Number and Inclination of Feathers on the Arrows

音居 大河 小峠 拓海 仲宗根 真生 中山 温人 安井 真央

虹スクリーンに起こる特異現象の解明 21

Elucidation of Peculiar Phenomena Occurring on the Rainbow Screen

須山 景哉 渡邊 慶一 伊藤 慶幸 赤瀬川 咲紀 岸川 茉央

オイラらの chou 次元拡張 ～マネラウスの定理, チェバの定理, 接吻数問題～ 27

“Oiras' chou Dimensional Expansion” ～Manelaus' Theorem, Ceva's Theorem, and Kissing Number Problem～

田崎 奏楽 塩貝 晃司 嶋田 洸三 中村 俊貴 山口 健登

ハッシュ関数を用いた機械学習の高速化 31

Speeding up deep learning using hash function

寺田 聡 田中 瑛太 南祇 圭佑 中西 聖 山田 海聖 永里 姫珈

発表ポスター集 (日本語) 35

発表ポスター集 (英語) 51

スライド集 67

講評 101

付 録

生徒課題研究発表会口頭発表要旨 105

普通科1年探究テーマ一覧 ポスター (抜粋) 108

普通科2年探究テーマ一覧 論文 (抜粋) 111

理数科1年探究Sポスター 116

ループリック (理数科、普通科、科学的・数学的探究) 125

膳所高校課題研究論文フォーマット 130

論文集

ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性との相関

Correlations Between the Effects of Recognition Factors and Feeding Habits of Yamato Termites

上坂太駈 小島康平 鶴蘭優月 野澤彰範 羽賀匠海
Taku Uesaka Kohei Kojima Yuzuki Tsurusonno
Akinori Nozawa Takumi Haga

要約

ヤマトシロアリは真社会性昆虫として共喰いを行うことがある。我々は、共喰い行動のうち体表面に外傷を負った個体に対して行われるものについて着目し、その行為に用いられる死体認識因子について調査した。その結果、死体認識因子の効果と食性や栄養状態との間には相関があるということ、また、死体認識因子が揮発性であることがわかった。しかし、先行研究で死体認識因子の正体として指摘されていたヒドロキノンとの関係については方法を変えて研究する必要がある。

ABSTRACT

As eusocial insects, Japanese termites may engage in cannibalism. We focused on the cannibalistic behavior of the termites that are carried out against individuals with traumatic injuries on the body surface and investigated the carcass recognition factors used in this behavior. We found that there is a correlation between the effects of the factors and feeding habits and nutritional status, and that the corpse recognition factors are non-volatile. However, the relationship with hydroquinone, which was pointed out as the identity of the recognition factor in previous studies, needs to be studied using different methods.

キーワード： ヤマトシロアリ 共喰い ヒドロキノン

1. はじめに

1-1. ヤマトシロアリについて

ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus* 以下シロアリ 図 I) はゴキブリ目ミゾガシラシロアリ科に属するシロアリの一種であり、北海道北部を除く日本の全域に分布している。実験個体は天津市の近江神宮の裏山から採取した。シロアリは落ち葉や湿った木材を好んで食べるため、湿度が高い日陰などを好む。朽ち木の内部に巨大な巣を形成し、クイーンやソルジャー、ワーカーといった階級に分かれて巣を営んでいる。

1-2. ヤマトシロアリの食性

シロアリが食べる木材は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの主に三つの成分から成り立っており、シロアリはこれら三つの成分のうちのセルロースをセルラーゼによって分解することができる。これは、シロアリ以外の生物にはほとんど見られない特徴である。また、木材の木質成分の組成は種類によって大きく異なり、それによって硬さや含水率が決定する。したがって、木材の種類によってシロアリにとっての食べやすさが変わるのである。

1-3. ヤマトシロアリの共喰い

シロアリは真社会性昆虫であり、階級ごとに分業し

ているなかで、共喰い行動を行うことがある。そこで体表面に傷を負った個体に対して行う共喰い行動に着目した。ワーカーの体液中には、ほかの個体に対して摂食刺激の効果をもたらす物質が含まれる。これによって傷を負った個体の体液をほかの個体が認識して共喰いを行う。このことから血リンパという体液の中にある何らかの死体認識因子（以下、認識因子）について注目した。

1-4. ヤマトシロアリの死体認識因子

この認識因子について調査した結果、先行研究においてヒドロキノンという化学物質ではないかという記述が見られた。(2019, 山中) このヒドロキノンは、化学式 $C_6H_6O_2$ で表される有機化合物 (図 II) で、揮発性を持つ。実用面では皮膚の美容に利用されるが、一方で多くの生物に対して忌避性をもたらす。そのため、認識因子の同定については再検証の余地があるという記述もあった。また、ヤマトシロアリにおいてはリグニンから生み出される代謝産物であるということが分かっている。

1-5. 本研究の目的・仮説

これらのことを踏まえて、私たちはヤマトシロアリの認識因子の正体は何かについて研究することにし

た。また、ハイドロキノンのヤマトシロアリにおけるリグニンの代謝産物であるという性質から、ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性とは相関があるのではないかという仮説を立てた。



図Ⅰ：ヤマトシロアリ（ワーカー） 図Ⅱ：ハイドロキノン

2. 予備実験

2-1. 目的

先行研究より、シロアリの体内には、他の個体を引き付ける効果のある物質である認識因子が存在することが分かっている。この物質が体内のどこに存在するか確かめる。さらに、シロアリが食べることができる普通のろ紙を使用した場合にシロアリがろ紙を食べることで結果に影響があるか確かめる。

2-2. 方法

シロアリのワーカーを無作為に 20 匹取り出し、頭部と胴体を切り離した。頭部と胴体それぞれ 20 体分に 2000 μ L の純水を加えて十分にすり潰した。この 2 種の液体と比較用の純水を用意した。図Ⅲのようにシャーレに敷いたろ紙の半分を実験区 A（以下 A）もう半分を実験区 B（以下 B）として A には純水、B にはシロア리를すり潰した液体を 100 μ L ずつ表Ⅰのように塗布した。ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロア리를 10 匹放ち、その動きを観察した。



図Ⅲ：実験環境

表Ⅰ：設定した実験区

	実験区	
	A	B
I	純水	胴体
II	純水	頭部

2-3. 結果

I では胴体をすり潰して溶かした液体にシロアリが多く集まった。一方、II ではシロアリは頭部をすり潰して溶かした液体にあまり集まらなかった。したがって、シロアリが集まったのは胴体に存在する物質によるものであるとわかり、これを認識因子とする。この結果から本実験では胴体を用いる。また、普通のろ紙とガラス繊維のろ紙で結果に差はなかったため、本実験ではセルロースを含む普通のろ紙を用いることにした。

3. 本実験①

3-1. 目的

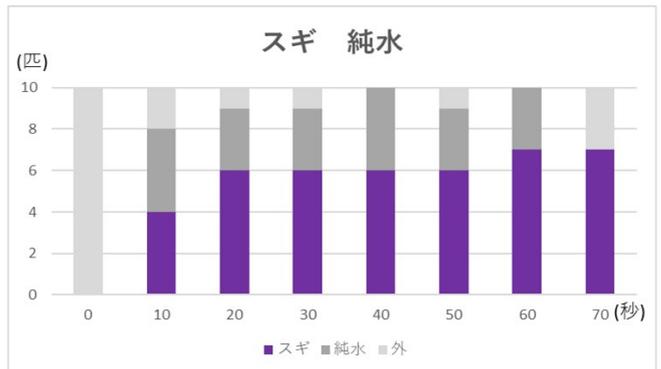
シロアリの認識因子の効果が食べる木材によって変わるかを調べる。

3-2. 方法

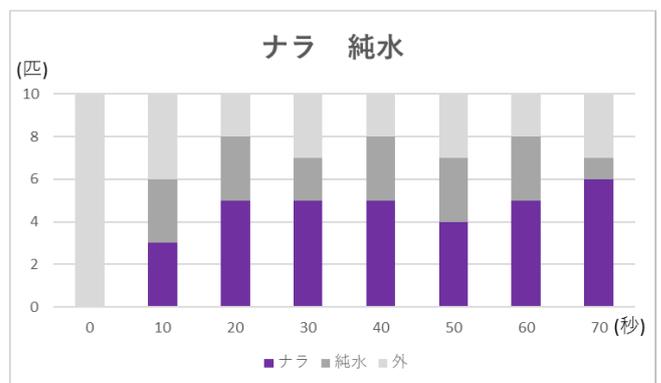
スギ、ナラ、ヒッコリーの木材を粉末にし、瓶に 50g ずつ入れて水に浸したものをそれぞれ 2 個ずつの計 8 個用意した。3 日後、水を捨ててその中にシロア리를 25 匹以上入れ、インキュベーター内で 25°C を維持しながら 3 日間飼育した。その後、それぞれの木材を飼料としたシロア리를 20 匹ずつ取り出し頭部を切り離した。胴体 20 匹分にそれぞれ純水を 2000 μ L 加えて十分にすり潰した。この液体と比較用の純水を用意した。予備実験と同様に、図Ⅲのように実験区を用意し、ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロアリ 10 匹を放ちその様子を観察した。

3-3. 結果

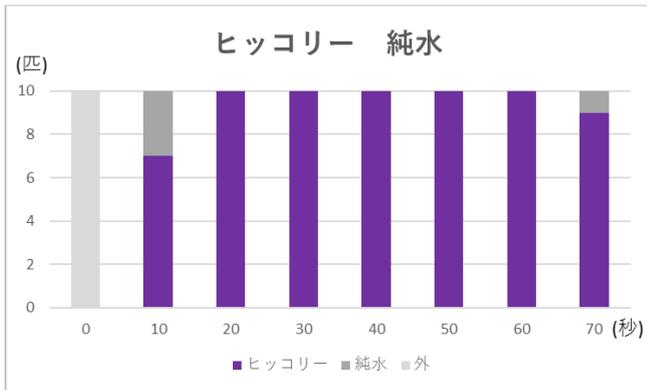
3-2 で示したように設定した実験の結果を、以下の図Ⅳ～Ⅸにまとめた。



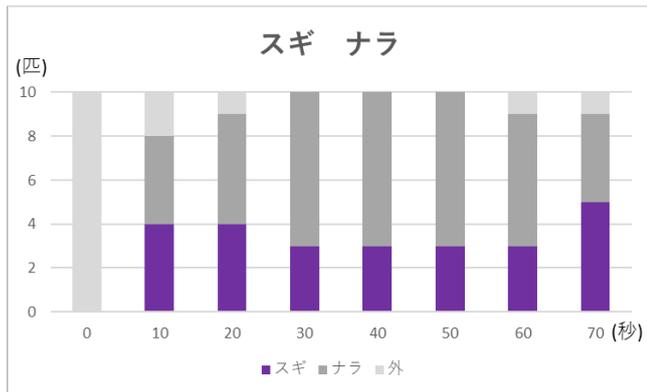
図Ⅳ：スギを食べたシロアリの体液と純水の比較



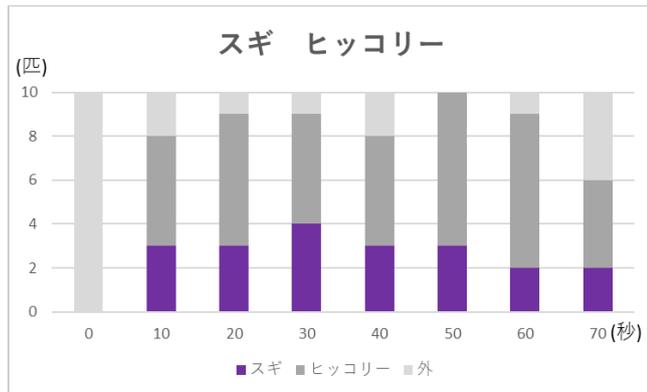
図Ⅴ：ナラを食べたシロアリの体液と純水の比較



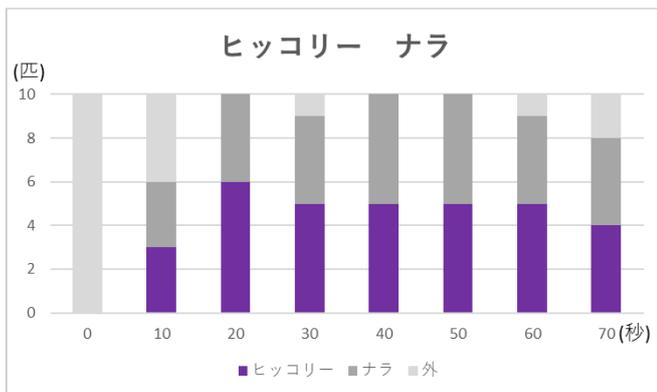
図VI：ヒッコリーを食べたシロアリの体液と純水の比較



図VII：スギを食べたシロアリの体液とナラを食べたシロアリの体液の比較



図VIII：スギを食べたシロアリの体液とヒッコリーを食べたシロアリの体液の比較



図IX：ヒッコリーを食べたシロアリの体液とナラを食べたシロアリの体液の比較

グラフに示されている「外」とは、どちらの液体に引き付けられているか判別できないシロアリのことである。図IV～VIより、純水との比較でどの木材においてもシロアリが木材側に誘引されている。木材同士の比較では、図VII～VIIIより、ナラやヒッコリーの方がスギより多くのシロアリが誘引されている。

3-4. 考察

図IV～VIの結果より、木材の種類は違ってもシロアリをすり潰した液体にシロアリが引き付けられた。また、図VII～VIIIの結果より、スギと広葉樹（ナラ、ヒッコリー）では、広葉樹のほうに多くのシロアリが引き付けられた。さらに、スギの容器のシロアリは広葉樹の容器のシロアリよりも動きが遅く、数匹が死んでいた。このことから、スギの容器のシロアリは、スギを広葉樹よりもあまり食べることができず、栄養状態が低下し認識因子を生成できなかったと考える。

4. 本実験②

4-1. 目的

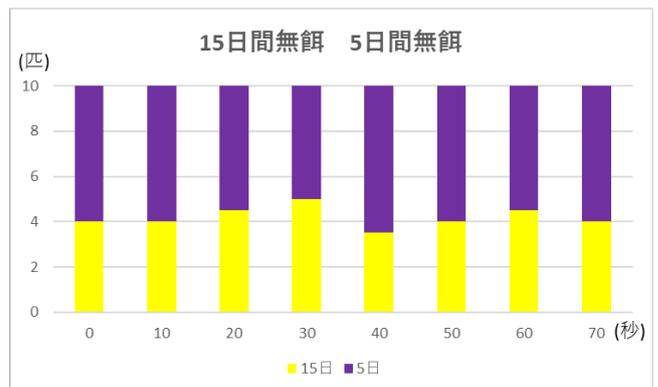
本実験①よりシロアリの栄養状態によって認識因子の効果に差が生じると考えたため、それを検証する。

4-2. 方法

シロアリのワーカーを無作為に200匹取り出し、水で湿らした、シロアリが食べることができないガラス繊維のろ紙と一緒に飼育容器に入れる。飼育容器は室温に置き、シロアリには餌を与えない状態で15日間および5日間飼育したものを用意する。次にそれぞれのシロアリ200匹を容器から取り出し、純水20mLを加えて十分にすり潰して溶液を作った。ただし今回の実験では効率化のために頭部は切り離していない。予備実験と同様に、図1のように実験区を用意し、ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロアリ10匹を放ちその様子を観察した。

4-3. 結果

結果を図Xのグラフにまとめた。



図X：15日間無餌のシロアリの体液と5日間無餌のシロアリの体液の比較

シロアリは15日間無給餌のシロアリの体液よりも5日間無給餌のシロアリの体液の方に多く誘引された。

4-4. 考察

結果より飢餓状態が長いと誘引効果が低下する。すなわち栄養状態が悪いとシロアリの死体認識因子の効果は弱くなる。よって、シロアリの代謝の働きと認識因子の効果は関係がある。

5. まとめ

ヤマトシロアリの共喰い行動における死体認識因子の正体について考察する。今回の実験から、認識因子の性質について大きく二つの観点があると考えた。まず一つ目が、誘引効果が途中で弱まらずに持続しているという点である。したがって、認識因子は不揮発性であると考えられる。またこのことは、前述したハイドロキノンの性質とも一致する。二つ目は、飢餓状態が長くなるほど効果が減衰しているという点である。このことから、認識因子と代謝の働きには相関があることが分かる。なお、ハイドロキノンもリグニンの代謝産物である。しかし、この実験の結果のみからでは、ハイドロキノンが認識因子であると言えず、これらの関係を調べるには別の方法で実験を行う必要がある。

6. 課題と展望

第一に、物質の不揮発性について、クロマトグラフィーなどを用いてより化学的で正確な検証を行う必要がある。また、代謝との関係についても、まだ解明されていないことが多い。リグニンのみを与えた環境において調べたり、セルロースやヘミセルロースといった他の木質成分の条件を調べたりすることが求められる。他にも、シロアリの代謝メカニズムや、一部の生物に対して有害でもあるハイドロキノンの化学的性質といった側面などから、より詳細に検証する必要があると考えられる。こういった手法を通じて、ヤマトシロアリの死体認識因子の正体を調べていきたい。

7. 参考文献

- 西本孝一 「シロアリの捕食行動」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/13/4/13_4_215/_pdf/-char/ja
最終アクセス日 2022/9/14 18:34
- 山中康如 「ヤマトシロアリにおける人為的外傷に起因する共喰い行動の解析」
<https://repository.nihon-u.ac.jp/xmlui/bitstream/handle/11263/1621/Yamanaka-Yasuyuki-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
最終アクセス日 2023/1/16 16:50
- 平成 25 年度理数科課題研究
「シロアリのフェロモンに関する研究」
- 平成 31 年度理数科課題研究
「アミアリの死体認識因子の特定」

- 令和 3 年度理数科課題研究
「ヤマトシロアリの共喰い行動について」
- 吉村剛ら シロアリの事典 海青社 2012
- 日本木材学会 木質の化学 文永堂出版 2010
- 川田俊成ら 木材の化学 海青社 2021
- 中川木材産業株式会社
|平井信二先生の樹木研究|8-樹木|木の情報発信基地
<https://wood.co.jp/8-jumoku/hirai/hirai65.html>
最終アクセス日 2022/9/15 19:01

両生類の体表面粘液の抗菌効果の研究

Study of the antimicrobial effect of amphibian body surface mucus

岡柚月 柴田怜音 福山心結 藤田仁菜 山中俊輝

Yuzuki Oka Reoto Shibata Miyu Fukuyama Niina Fujita Shunki Yamanaka

要約

アカハライモリはテトロドトキシンという毒を含む粘液を分泌する生物として知られている。彼らは細菌などから脆弱な皮膚を守るために毒を出していると考えられている。このことから、両生類の毒には一定の抗菌効果があるのではないかと考え、その真偽を明らかにすることにした。これまで私たちが行った実験で、イモリの体表面には細菌が常在していることが分かっている。刺激を与えたイモリの背面を培地に押し付け、イモリの体表面に付着している菌の培地における生育の程度を比較することで、分泌物に抗菌効果があるのかを調べた。その結果、刺激を与えなかったイモリの培地より刺激を与えたイモリの培地の方が、菌の生育が少なく、除去された菌もあった。このことから、刺激によってイモリの体表面から毒性も持つ粘液が分泌され、菌の繁殖が抑えられたと考えた。

Abstract

The red-bellied newt is known to secrete a mucus containing a venom called Tetrodotoxin. They are believed to emit venom to protect their vulnerable skin from bacteria and other organisms. This led us to believe that amphibian venom may have a certain antimicrobial effect, and we decided to clarify the truth of this hypothesis. Our previous experiments have shown that bacteria are indigenous to the body surfaces of the newts. The backs of the stimulated newts were pressed against the medium, and the degree of growth of the bacteria on the surface of the newt's body in the medium was compared to determine whether the secretions had an antimicrobial effect.

The results showed that there was less growth of the bacteria in the medium of the stimulated newts than in the medium of the unstimulated newts, and some of the bacteria were eliminated. We hypothesized that the stimulus caused the newts to secrete venom mucus from their body surfaces, thereby suppressing growth of the bacteria.

1. はじめに

1. 1. アカハライモリについて

アカハライモリは有尾目イモリ科イモリ属に分類される両生類である。体長は10cm前後、腹が赤いことからアカハライモリと呼ばれる。皮膚から、「テトロドトキシン」と呼ばれるフグが有しているものと同じ猛毒を分泌する。主な生息地は、田、池、小川などで、今回の実験では京都府丹波山地溪谷で捕獲したものを用いた。雌雄それぞれ5匹ずつ、合計10個体捕獲した。餌はミミズ、アカムシ、さし虫を1週間に3回の頻度で与えた。（基本的に餌はさし虫とし、イモリの活動が盛んな7～8月の間は共食いを防ぐためサイズの大きいミミズやアカムシを与えた。）



図1：自然界に生息するアカハライモリ（左）
飼育中のアカハライモリ（右）

1. 2. 本研究の目的

アカハライモリは、背骨に沿って背面からテトロドトキシンを分泌することが知られている。しかし、詳しい効果については解明が進んでいない。本研究では、アカハライモリが体表面から分泌する、テトロドトキシンを含む粘液が持つ抗菌効果について調べることを目的とした。

1. 3. 仮説

両生類の中には、毒性を持つ分泌物を出すものがあり、彼らは細菌などから脆弱な皮膚を守るために毒を出していると考えられている。このことから、両生類の毒には一定の抗菌効果があり、イモリの体表面に刺激を与えることによって、体表面に付着した菌の繁殖を抑制できると仮定した。

2. 実験

2. 1. これまでの実験

方法

対象をアセトンに浸した綿棒で複数回擦って粘液を採取し、その後綿棒を培地に塗擦し、大腸菌を培養して数日後結果を比較した。

大腸菌とは異なる菌も繁殖し、抗菌効果は確認できなかった。

その菌は大腸菌より繁殖力が高いことや、毒に耐性があること、綿棒によって擦るだけでは、刺激が十分でないことを考察した。

2. 2. 実験準備

イモリの体表面に付着した菌に対する、イモリが持つ抗菌効果を調べるために寒天培地を作成した。

実験環境

室温…13.0～15.0℃

湿度…30～35%

水温…9.0～11.0℃

	実験1	実験2	実験3
対照区	2	3	6
グループA	2	3	5
グループB	2	2	4

※表中の数は、それぞれのグループの培地の枚数を表している。

2. 3. 実験（3回実施）

方法

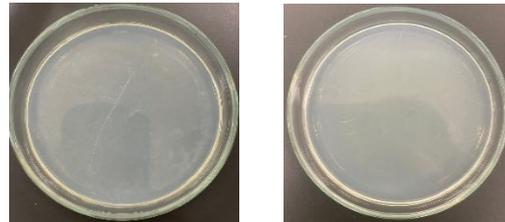
1. 寒天培地を作成する。
2. アカハライモリを、刺激を与えるグループAと与えないグループBに二分する。
3. グループAのイモリの背面に柄付き針で100回細かな刺激を与え、背面を寒天培地に押し当て、全体に擦り付ける。
4. グループBのイモリの背面を寒天培地に押し当て、全体に擦り付ける。
5. 37℃で培養し、48時間後、結果を比較する。

※都合上実験2回目では、24時間後に観察を実施。実験日には、餌は刺激を与える直前に与えた。個体差によって結果が偏るのを防ぐため、それぞれのグループのイモリは実験毎に無作為に選出し直した。

3. 結果

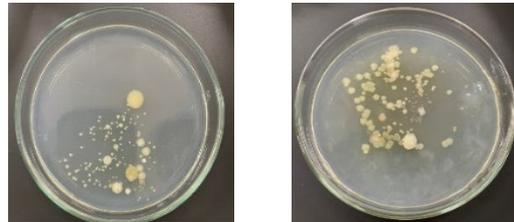
3. 1. 実験1回目

対照区



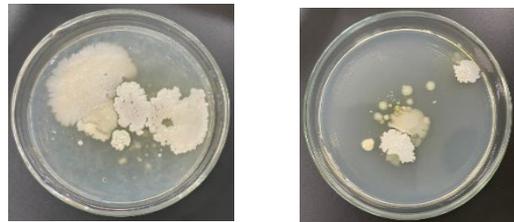
変化なし

グループA（刺激あり）



淡黄色の菌が生育

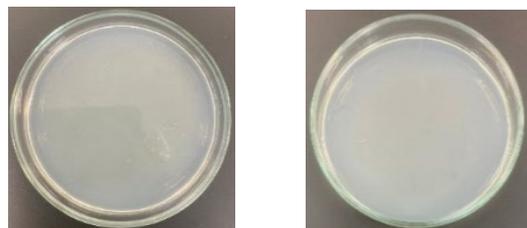
グループB（刺激なし）



淡黄色の菌に加え白い菌が生育

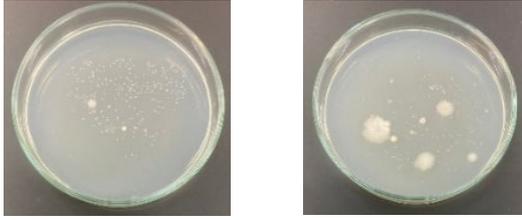
3. 2. 実験2回目

対照区



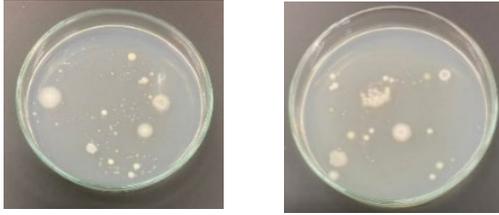
変化なし

グループA (刺激あり)



淡黄色の菌が生育

グループB (刺激なし)

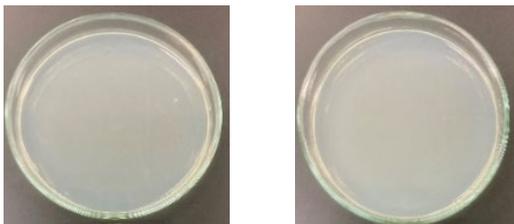


淡黄色の菌が生育

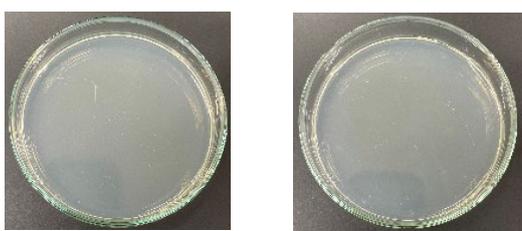
3. 3. 実験3回目

対照区

1日目



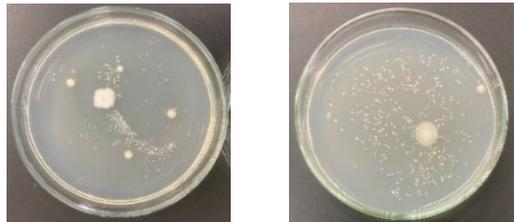
2日目



変化なし

グループA (刺激あり)

1日目



2日目



淡黄色の菌が生育



グループB (刺激なし)

1日目



2日目



淡黄色の菌が盛んに生育



4. 考察

グループ A の培地はグループ B の培地より、白い菌の繁殖が穏やかだった。

→アカハライモリに刺激を与えたことで、毒が分泌され、一部の菌が取り除かれたと考えられる。

グループ A とグループ B にともに、生育した淡黄色の菌は繁殖力が高く、毒に耐性があり、この菌はアカハライモリの体表面に常在しているものだと考えられる。

この淡黄色の菌は、コロニーの様子や、繁殖した環境から枯草菌か黄色ブドウ球菌ではないかと推測した。また、実験 1 回目ではしか生育しなかった白色の菌は、白カビだと考えた。1 回目ではしか生えなかった理由は、アカハライモリを捕まえたときに付着していたものが 1 回目ではそのまま残っていたが、1 回目での刺激によってそれが取り除かれたことで、それ以降の実験では現れなかったからだと考えられる。

5. 結論

アカハライモリなどの両生類は、体表面に繁殖力の強い菌を宿すことで、他の菌の感染を防いでいる。

強い刺激を受けたとき、毒を分泌し、天敵を撃退したり、宿している菌以上の繁殖力をもつ菌を除去したりしている。

6. 展望

- ・菌の性質を調査し、同定を進める。
- ・対象を酸性環境下に置くなど別の刺激を与える実験を行う。
- ・アカハライモリだけでなく、ヒキガエルなどの他の両生類でも実験を行う。

7. 参考文献

・こめやん, 2020年, 「LB培地とは?大腸菌培養に!組成や作り方,特徴」

[LB培地とは?大腸菌培養に!組成や作り方,特徴 | ネットdeカガク \(netdekagaku.com\)](https://netdekagaku.com/)

・「無菌操作と培地の作り方マニュアル」
[無菌操作のマニュアルと注意 \(ehime-u.ac.jp\)](http://ehime-u.ac.jp/)

・石田正彦, 2019年, 「『アマガエル』の『毒』に要注意」

色素増感太陽電池の紫外線領域での発電について

Power generation in the ultraviolet region of dye-sensitized solar cells

蟹谷唯斗 小上馬良浩 高塚日和 竹田京美 田中優菜
Yuito Kanitani Yoshihiro Kojouma Hiyori Takatsuka Kotomi Takeda Yuna Tanaka
要約

私たちは、近年注目を集めている環境問題の改善策の一つである、クリーンなエネルギーを生み出すことに興味を持ち、色素増感太陽電池に注目した。この電池は有機系太陽電池の一つであり、光を吸収する色素が、電子を放出することで電気が生成される。これまでの電池には赤外線と可視光を照射していたが、現在使用されていない紫外線を用いれば更なる発電の向上につながると考え、電池に紫外線を照射して実験を行った結果、電流が流れた。

ABSTRACT

Producing clean energy is one of the environmental issues that has been attracting attention in recent years is the reduction of the burden on the environment. Therefore, we focused on dye-sensitized solar cells. This is one of the organic solar cells, and electricity is generated by emitting electrons from dyes that absorb light. Until now, power was generated using infrared rays and visible light, but we thought that power generation using ultraviolet rays would lead to further improvements in power generation. Then, as a result of conducting an experiment by irradiating the cell with ultraviolet rays, a current flowed.

キーワード：色素増感太陽電池、ケルセチン、紫外線、酸化チタン

1. 動機

私たちはクリーンなエネルギーを生み出すことで、環境問題の解決に貢献しようと考えた。そこで、太陽光を利用してできる太陽電池に目をつけ、その中でも軽量で低コストであり、実用性があると期待されている色素増感太陽電池に注目した。

2. 色素増感太陽電池について

色素増感太陽電池は、太陽電池の一種である。太陽電池において用いられる酸化チタンに光を吸収する働きのある色素を表面に吸着させる。この電池に光を当てると、電池の中の色素分子が光を吸収し、基底状態の電子が光エネルギーを蓄える。その電子が酸化チタン多孔質膜へと注入され、酸化チタンの伝導帯を通過して外部回路へと流れる。その後電子は

対極へと流れ、対極表面付近で電解液中の I_3^- を I^- に還元する。 I^- は電解液中で拡散し、酸化された色素を還元し、元の色素へと再生する。このサイクルが繰り返し回ることで、光エネルギーは電気エネルギーとして利用されている。

3. 予備実験

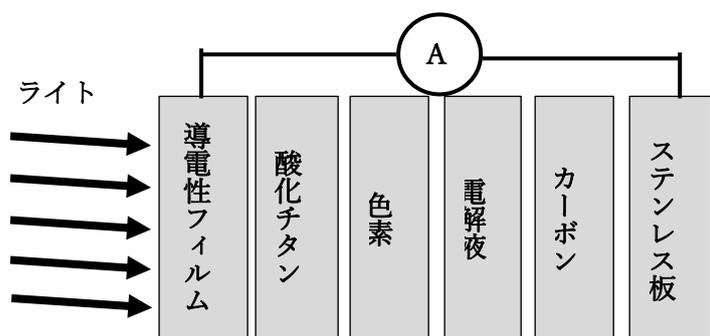
3. 1 実験道具

- ・酸化チタンペースト
- ・導電性フィルム（負極）（4cm×5cm）
- ・セロハンテープ
- ・ステンレス板（正極）（4cm×5cm）
- ・クリップ
- ・ワニロクリップ
- ・オルゴール
- ・電解液（実験キットに含まれ、三ヨウ化物イオンを含む）

- ・色素溶液（エオシン Y）（実験キットに含まれる）
- ・ライト

3. 2 実験方法

- ① ステンレス板の一面を鉛筆で塗り，電解液を数滴垂らす。
 - ② 導電性フィルム的一面に酸化チタンペーストを塗り，自然乾燥させる。
 - ③ ②のフィルムに色素溶液を垂らし，吸着させる。
 - ④ ①と③を貼り合わせ，ワニ口クリップで留める。
 - ⑤ 完成した電池にライトの光をあててテスターを用いて電流・電圧を測定する。
- 完成した電池の構造は，以下の通りである。



この構造で電池を製作し，実験を行った。

4. 実験結果

電流が流れた。電流値は 3.2mA，電圧値は 0.45V であった。

電流	電圧
3.2mA	0.45V

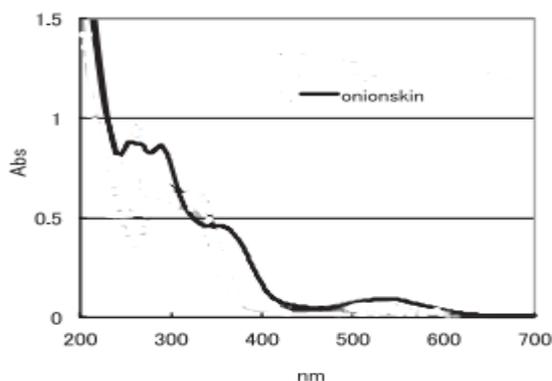
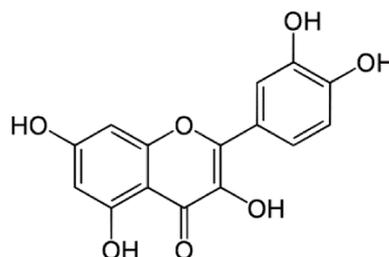
5. 仮説

この実験から，この装置をもちいて発電をすることができる考えた。色素を紫外線を吸収するものに置き換え，紫外線を照射すれば，紫外線領域でも発電をできると仮説を立てた。

6. 色素について

紫外線を吸収する色素としてケルセチンを用いた。また，ケルセチンはフェノール性水酸基を持つため，酸化チタンに吸着しやすい構造であることから増感色素として適すると考えた。

尚，次の図はケルセチンの構造式と吸収スペクトルである。



7. 本実験

7. 1 準備物

付属品の色素溶液を、ケルセチンと純水を混ぜたものに変更した。またライトを、ブラックライトに変更した。尚、ブラックライトの波長は 360nm である。その他は予備実験と同じ装置で実験を行った。

7. 2 実験方法

発電が紫外線をわずかに吸収する酸化チタンではなく色素によるものであることを確かめるため、色素を吸着させたものと、させなかったものを用意して、予備実験と同じ手順で対象実験を行った。

7. 3 結果

結果は、色素を吸着させた電池では電流が発生したが、色素を吸着させなかった電池では電流は発生しなかった。値は次のようである。

色素あり

電流	電圧
0.17mA	0.53V

色素なし

電流	電圧
0.00mA	0.1V

電圧値については不安定ではあったが 0.1V 前後の値で変動していたためこの値を記録とした。

8. 考察・まとめ

色素なしの電池よりも色素を吸着させた電池のほうがより大きな電流、電圧を取り出せた。

紫外線を吸収する色素を用いることで、発電量が上がり、紫外線領域でも発電できることがわかる。酸化チタンのみでは発電を行わなかったが光の量を増やしたり波長を変えたりすることで発電をする可能性がある。色素なしの場合において電圧値のみ値を示したことについては電池による電圧ではなく、テスターが高インピーダンスであるためだと考えている。

9. 今後の展望

・様々な波長の光を吸収する色素を組み合わせ、カクテル型太陽電池やタンデム型太陽電池を製作する。（カクテル型太陽電池とは様々な色素を混ぜ合わせて酸化チタンに吸着させた電池であり、タンデム型太陽電池とは異なる色素を吸着させた酸化チタンを層状に重ね合わせたものである。）

・紫外線領域における発電量の向上に努める。

10. 参考文献

ペクセル・テクノロジーズ株式会社 色素増感太陽電池の仕組み／ペクセル・テクノロジーズ

<http://www.peccell.com/shikiso.html>

(参照 2023-03-06)

色素増感太陽電池 実験キット (PEC-TOM02) 通信販売 オンラインショッピング/ペクセル・テクノロジーズ

<http://www.peccell.com/products/PEC-TOM02/>

(参照 2023-03-06)

長野県短期大学紀要, 2011-12, 第 66 卷, 小林優子・鈴木恒夫「フラボノイド系植物色素染色布の紫外線遮蔽性能」 P53-59

<http://id.nii.ac.jp/1118/00000107/>

船体の傾きにおける軌道の変化

Variation of trajectory in hull tilt

川村友洋 小早川恵琉 佐藤葵 中村燎

Tomohiro Kawamura Meguru Kobayakawa Aoi Sato Kagari Nakamura

要約

今日、船の転覆による事故が多発している。そこで私たちは船の横傾斜時における船の軌道を調べた。それによって転覆事故の未然防止に役立てることが本研究の目的である。私たちは 12 分の 1 スケールの船のモデルを作成し、おもりを船体の左右どちらかに乗せ、水上に浮かべ初速度を与えた。それを真上から撮影して、水面下に用意した座標から位置を読み取りグラフに表した。その結果、おもりを載せていないほうに船は旋回し、傾きが増すほど船体はより大きく旋回した。また、船体の軌道は二次関数に近い形を描いた。

ABSTRACT

Today, many accidents occur when ships capsize. Therefore, we investigated the trajectory of a ship when it is tilted sideways. The purpose of this study is to help prevent capsizing accidents. We made a one-twelfth scale model of a ship, placed weights on either side of the hull, floated it on the water, and gave it an initial speed. We photographed the ship from above, read its position from the coordinates we had prepared below the water surface, and plotted a graph. As a result, the ship turned toward the direction where the weight was not placed, and the hull turned more greatly as the inclination increased. The trajectory of the hull was close to a quadratic function.

キーワード：横傾斜角，旋回，旋回航跡，渦巻線

1. はじめに

横傾斜状態が操縦性能に及ぼす影響に関する研究は、過去に実施されており[*1]、「初期横傾斜角が大きくなると針路不安定性が強くなる一方、旋回性能が向上する」こと、「横傾斜角が正の方向に大きくなる場合と負の方向に大きくなる場合で旋回運動の強さの変化の傾向が異なる。つまり、旋回性能に及ぼす横傾斜の影響は右旋回と左旋回で異なる」ことが知られている。しかし、これらの研究においては、実験に用いる船体に舵が備わっており、横傾斜角そのものと船体の旋回運動の関係は議論されていない。

本研究では、舵が備わっていない船体模型を用いて、船体の横傾斜角と旋回によって描かれる軌道との間の関係性を明らかにすることを目的とする。

[*1…作野峻哉，安川宏紀，芳村康男：横傾斜状態で航行す

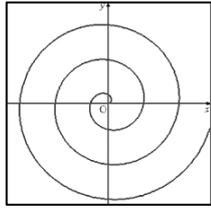
る船の操縦性能，日本船舶海洋工学会講演会論文集 第 25 号，(2017)]

2. 仮説

船体の軌道の近似曲線は、先行研究で多く見られるような渦巻線（例えばアルキメデスの渦巻線）となり、横傾斜角 θ の絶対値の増加に伴って、より内側に軌道を描くようになる。

(内側…船体を傾ける方向と逆側.)

ただし $0^\circ \leq |\theta| \leq |$ (転覆しない最大角) $^\circ |$ とする。

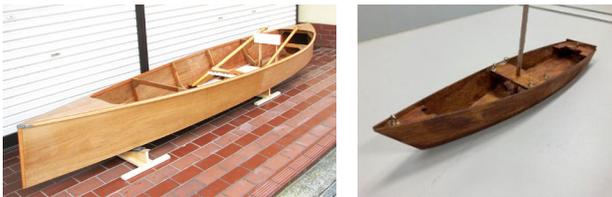


【アルキメデスの渦巻線】

3. 実験

〔準備物〕

- ・木製のボート模型（約 1/12 模型）
- ・ビニールプール（底に 5 mm 間隔の目盛）（145×90×50 (cm)）
- ・発射装置（ガラス板、木の板、輪ゴム（幅 5mm））
- ・おもり（あぶら粘土） ・撮影用スマートフォン



【実際のボート】

【実験で用いた模型】

	木製 模型	木製 ボート
全長 (mm)	310	3560
全幅 (mm)	64	800
高さ (mm)	26	310
重量 (kg)	0.060	18

〈実験方法〉

①室内において、ビニールプールに水を張り（水深 5 cm）、発射装置に設置した模型の先端が、底の目盛りの原点と一致する位置に発射装置を固定する。

②模型の横傾斜角が 0° , $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$ となるよう模型中央部の左右におもりを載せ、発射装置に設置する。

（横傾斜角は、模型を進行方向の反対側から見たときの、水面に対して反時計回りを正とする。）

③模型を発射し、ビニールプールの真上から模型の巡回航跡を撮影する。

④撮影した動画から模型が描いた軌跡を読み取り、読み取った

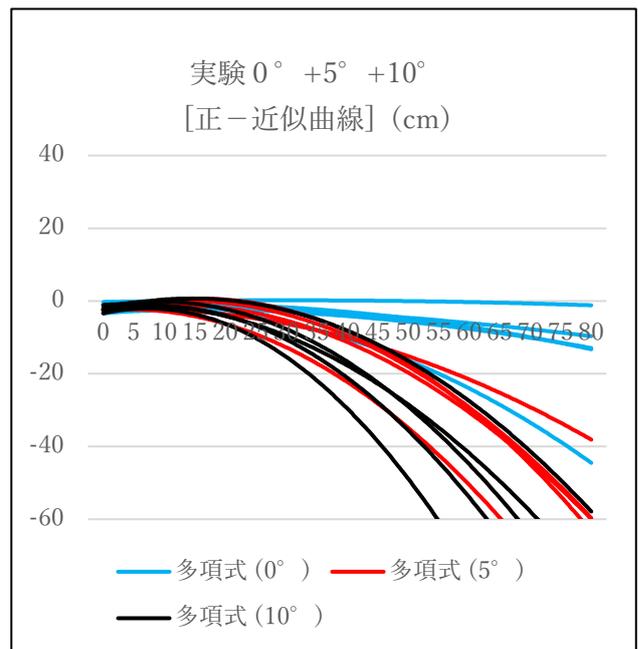
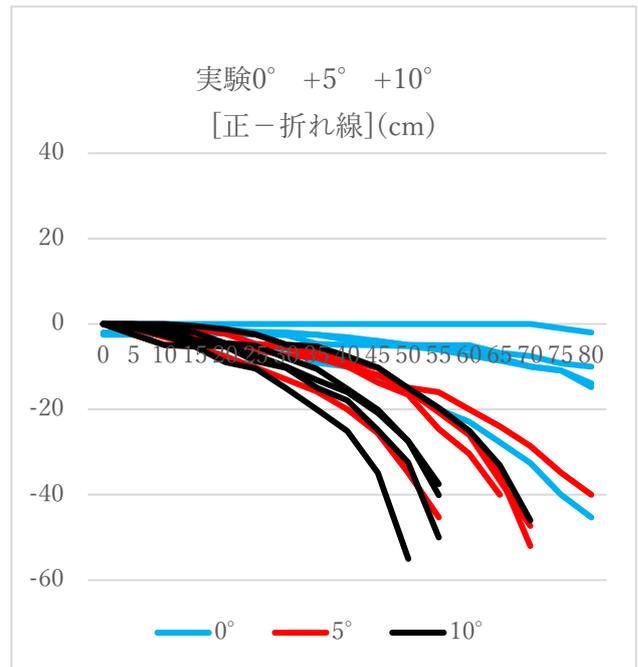
値から、横傾斜角それぞれの軌道をグラフ（折れ線・近似曲線）に表す。

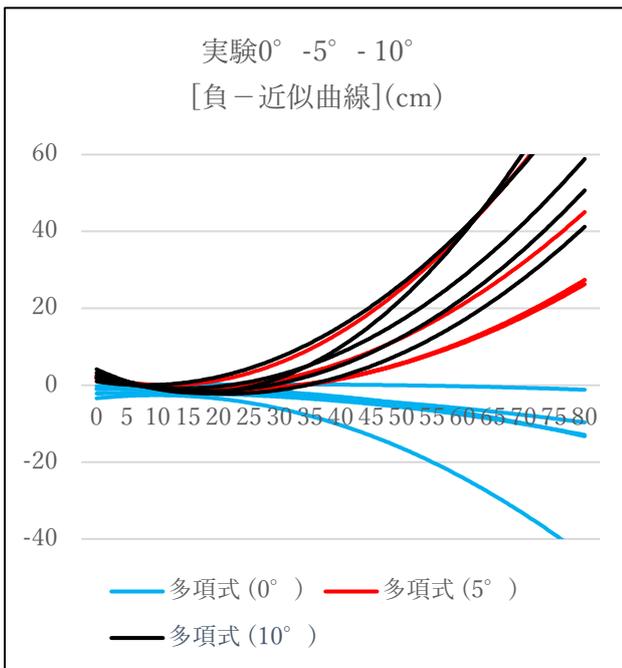
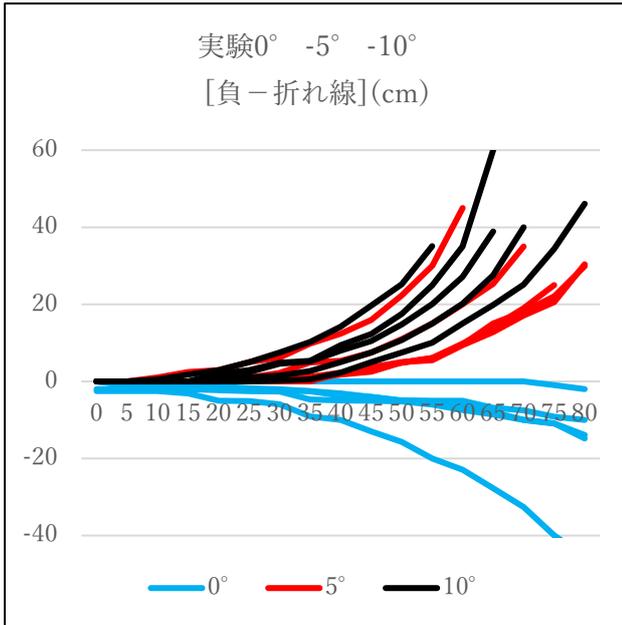
本研究では、②～④の工程を、各々 5 回行った。

4. 結果

得られた近似曲線、折れ線グラフを以下に示す。

なお、グラフは順に、横傾斜角が正のときの折れ線、正のときの近似曲線、負のときの折れ線、負のときの近似曲線である。





5. 考察

・実験より、船体の軌道の近似曲線は、仮説で考えた渦巻（アルキメデスの渦巻線）とはならず、二次関数となった。これは、発射するモデルには初速しか与えていなかったことにより、船体を受ける水の抵抗が小さくなったことが要因だと考えられる。

・横傾斜角 θ の絶対値の増加に伴って、より内側に軌道を描く傾向がみられた。ただ、得られた曲線は同じ横傾斜角においても差

があり、内側へ一定の割合で回転するとは言い難い。

・船体が傾斜させた方向と逆側に回転する理由として、「加速度の大きさは物体の質量に反比例する」という運動の法則が関係していると考えられる。船体を縦半分に分け、おもりを載せている重い側、載せていない軽い側と考えると、重い側は軽い側より減速しにくいことで、両側に速度差が生まれ、減速しやすい軽い側を中心に回転する力が働いているのではないかと考えられる。

6. 今後の展望

・本研究では、約1/12スケールのモデルを扱い実験を行ったため、水の抵抗や粘性の面で、実際の大きさの船の旋回航跡と差があるように思われる。水以外の液体（例えばシリコンオイルなど）を用いて液体の粘性を変えて実験し、実際の船の動きに近づける必要がある。

・今回得られた軌道が、先行研究で多く見られた渦巻線のようにならなかった要因に、本実験では発射するモデルには初速しか与えていなかったことが考えられる。一定の速度で進む装置を作り、横傾斜角の変化に伴いどのような軌道を描くのかを調べたい。

・この研究を進めることで横傾斜を原因とする転覆事故の防止へと繋げたい。

7. 参考文献

・作野峻哉, 安川宏紀, 芳村康男: 横傾斜状態で航行する船の操縦性能, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第25号, (2017)

https://researchmap.jp/ship_yoshimura/misc/23283241/attachment_file.pdf

(最終閲覧日 2023年1月19日)

・木製2馬力ボート コバヤシ

<http://wooden-boat-kobayashi.com/>

(最終閲覧日 2023年1月19日)

矢羽根の枚数と傾きによる矢の軌道の変化 The Changes in an Arrow's Trajectory Depending on the Number and Inclination of Feathers on the Arrows

音居大河 小峠拓海 仲宗根真生 中山温人 安井真央
Taiga Otoi Takumi Kotoge Mao Nakasone Haruto Nakayama Mao Yasui

要約

今日世界で使われている矢の矢羽根の枚数は3枚が主流であり、矢羽根には傾きがついている。そこで、実際、矢羽根は何枚が適しているのか、矢羽根の傾きは矢の軌道の安定にどのように影響するのかを明らかにしようとした。その結果、矢羽根の枚数が3枚のとき矢の軌道が最も安定し、矢羽根にある程度傾きがある方が矢の軌道が安定することが分かった。

ABSTRACT

Today, arrows with three feathers are used widely and the feathers are slanted in the world. We aimed to clarify how many feathers should be attached to arrows and how do slanted feathers affect the trajectory of the arrows. As a result, we found that the trajectory of the arrows with three feathers is most stable and the trajectory is stable when the feathers slanted to some extent.

キーワード

1. はじめに

今日では和弓洋弓を問わず矢羽根が3枚の矢が幅広く使用されており、矢羽根がついている向きも矢に対して平行ではなく傾いている。しかし、その確かな理由はわかっていない。そこで本研究では、実際、矢羽根の枚数は何枚が最適であるのか、矢羽根の傾きの違いによって矢の軌道の安定にどのような影響があるのかを明らかにすることを目的とした。

2. 実験1

2.1 目的

矢羽根の枚数によって矢の軌道の安定にどのような影響があるか調べる。

2.2 方法

発射装置(図1)を作成し、一定距離離して矢の発射方向に対して垂直になるように発泡スチロール板を設置した(図2)。

矢羽根の枚数が0~6, 8枚の矢を用いた(図3)。1~6, 8枚羽根の矢の質量や重心、矢を正面から見たときの面積、矢の初速度(重心は1枚を除く)を揃えたうえで(図4)、0~6, 8枚の矢を20回ずつ発射し、発射位置の正面から左右にずれた距離を測定した。

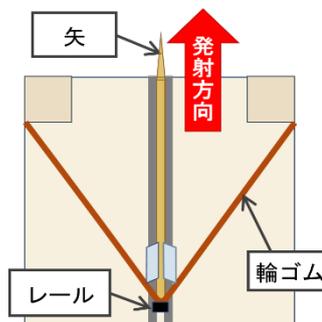


図1 実験装置

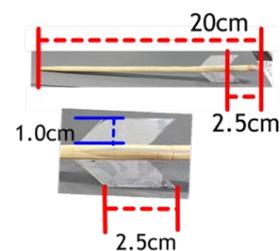
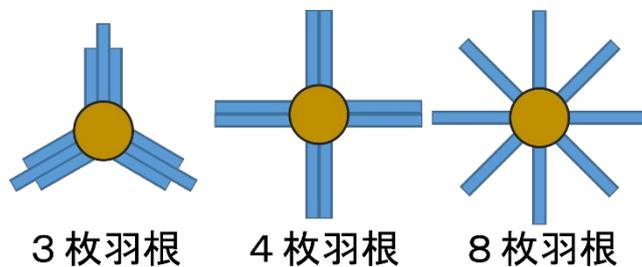


図3 使用した矢



※2~8枚の他の矢も同様にして8枚に満たない分の矢羽根をそれぞれの矢羽根に均等に付け足した。

図4 条件の揃え方

2.3 結果

左右にずれた距離の標準偏差は矢羽根の枚数が3枚のときに最も小さくなった。(図5)



図2 実験の様子

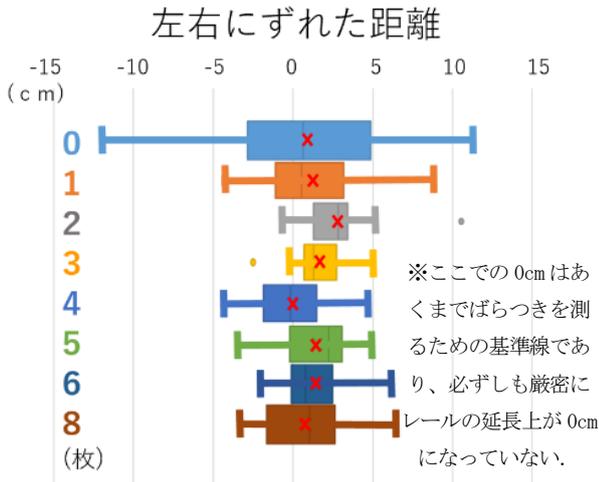


図5 実験1結果

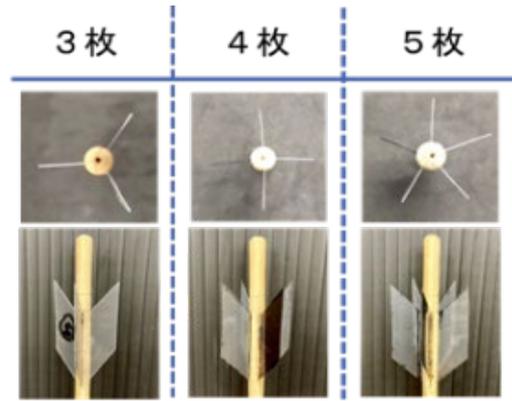


図8 使用した矢

2. 4 考察

矢羽根の枚数が3枚のときに矢の水平方向のばらつきは最も小さくなり、軌道が安定すると考えられる。また、2～8枚羽根においてばらつきにあまり差が生まれなかったのは、矢の発射速度が速すぎたためだと考えられる。

3. 実験2

3. 1 目的

実験1では矢羽根の枚数による矢の水平方向の変化が小さく、矢羽根の枚数による安定度の差異を明確にする必要があると考えた。そこで、実験2では実験1を踏まえて、矢の速度を遅くした上で、軌道が安定していた3枚から5枚羽根の矢において受ける抵抗にどのような違いが出るかを調べた。

3. 2 方法

矢羽根の枚数による傾向を見やすくするために、空気よりも粘性が大きい水の中で実験を行った。縦長の水槽(図6・7)を用いて水中で矢を落下させ(水深59.5cm)。滑車につり糸を取り付け、矢の後ろにつけたくぎにそのつり糸を結び付けた。矢が水に沈むように、矢の先端には重りとなるナットを取り付けた。矢羽根の枚数が3～5枚の矢を2本ずつ用意し(図8)、それぞれ10回落下させた。使用した矢の大きさは実験1と同様である。ストップウォッチと共に矢が落下している様子をスマートフォン(60fps)で撮影し、コマ送りにして落下にかかる時間を測定した(図9)。



図9 実験の様子

3. 3 結果

実験結果は表1の通りである。3枚羽根の矢は、4枚羽根・5枚羽根の矢よりも落下時間が短くなっている。

表1 実験結果

	3枚	4枚	5枚
落下時間(s)	1.27	1.29	1.29

3. 4 考察

実験結果から、3枚羽根のとき、矢が受ける抵抗は4枚羽根・5枚羽根の矢よりも小さいと分かる。このことから、実際に矢を発射する際、4枚羽根・5枚羽根の矢よりも3枚羽根の方が飛ぶ速度が速く、風などの外的影響を受けにくいと、軌道が安定すると考えられる。

4. 実験3

4. 1 目的

矢が回転することによって矢の安定度にどのような影響が現れるか調べる。

4. 2 方法

実験2と同様の実験装置で実験を行った(図4・5)。矢の回転による影響を調べるため、矢羽根に傾きがあるものと傾きがないものをそれぞれ3本ずつ、合計6本用意した。矢羽根に傾きがあるものは、矢軸に対して30:2の

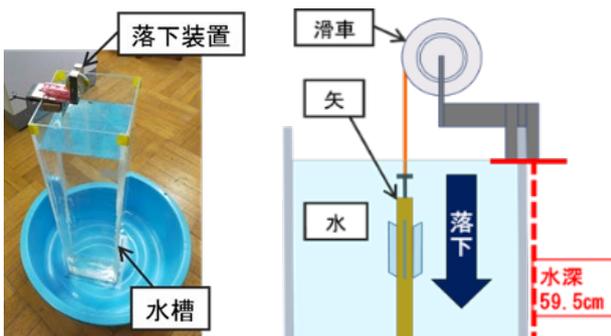


図6 実験装置(写真)

図7 実験装置(図)

傾きで斜めに矢羽根が付いている(図 9)．水中で矢をそれぞれ 10 回ずつ落下させた．測定のために水槽の下に的を置いた．画像解析ソフト ImageJ を用いて画像処理を行い，落下位置を座標として測定した(図 10)．

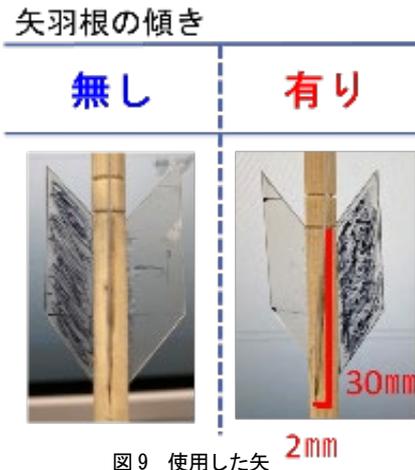


図 9 使用した矢

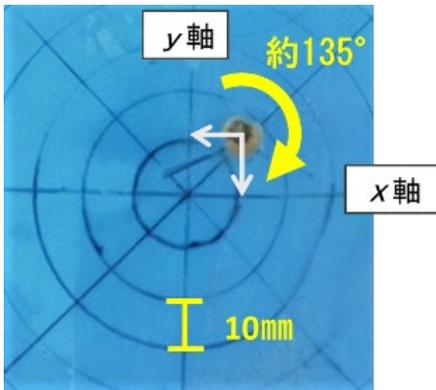


図 10 実験装置(底)

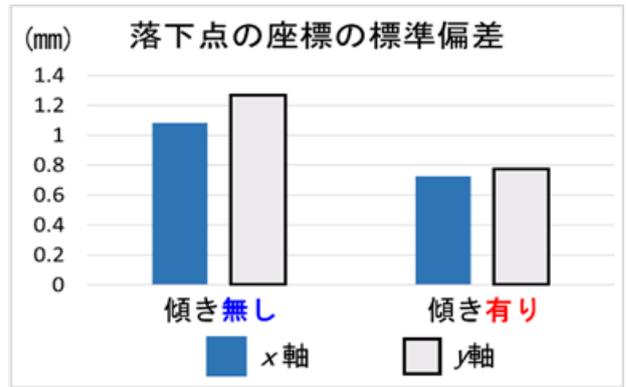


図 12 実験結果(標準偏差)

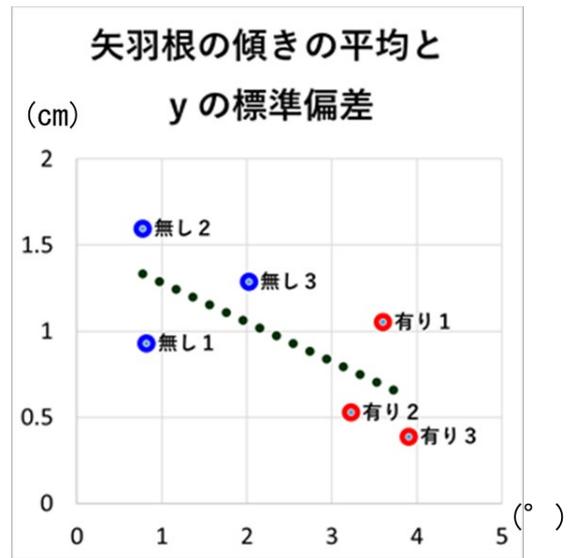


図 13 実験結果(傾きと標準偏差)

4. 3 結果

落下にかかる時間はどの矢もほぼ等しくなっていた．矢羽根に傾きをつけなかった矢はほぼ回転せずにそのまま落下し，傾きをつけた矢は約 135°時計回りに回転しながら落下したことが確認できた．

矢の落下位置のばらつきは，傾きのない矢羽根の方が，傾きのある矢羽根よりも大きかった(図 11・12)．

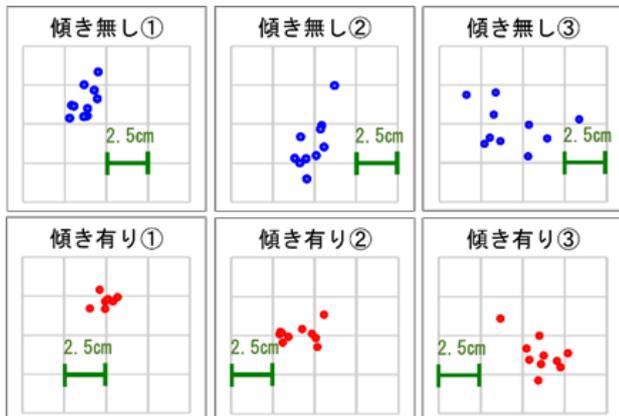


図 11 実験結果(散布図)

4. 4 考察

結果から，矢羽根が回転する方が，軌道が安定すると言える．

個々の矢羽根の傾きと落下位置のばらつきとの関係は，矢羽根の傾きが大きいくほどばらつきが小さくなった(図 13)．ただし，矢羽根の傾きを大きくすると，その分矢羽根にかかる抵抗も大きくなり推進力が殺されてしまうため，傾きには最適な値があると考えられる．

5. 結論

今回の研究で矢羽根の枚数が3枚の矢が最も軌道が安定することが数値的に明らかになった．また，ある程度矢羽根に傾きがあり，矢が回転する方が矢の軌道が安定することも分かった．さらに，比較的軌道が安定している3，4，5枚羽の矢の中でも3枚羽根の矢は受ける抵抗が小さく，速さが大きいことが分かった．この速さも軌道の安定において重要な要素の1つである．これらのことから，矢羽根の枚数は3枚が最も適していると考えられる．

6. 今後の展望

矢の軌道が最も安定する矢羽根の角度や、矢羽根の枚数によって矢の回転にどのような変化があるのかを調べたい。そして、矢羽根の枚数ごとに最適な矢羽根の傾きは異なると思われるためそれぞれの最適な傾きを探りたい。

7. 参考文献

矢の基礎知識 - 刀剣ワールド

<https://www.touken-world.jp> 9/15

矢羽根の形状と飛び方の変化

<https://uwajimahigashi-h.esnet.ed.jp> 9/15

アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動

特性に及ぼす影響に関する実験的研究 平野孝典

<https://takushoku-u.repo.nii.ac.jp> 9/15

虹スクリーンに起こる特異現象の解明

Elucidation of Peculiar Phenomena Occurring on the Rainbow Screen

須山景哉 渡邊慶一 伊藤慶幸 赤瀬川咲紀 岸川茉央

Suyama Keiya Watanabe Keiichi Ito Noriyuki Akasegawa Saki Kishikawa Mao

要約

人工的な虹を作り出す道具として、虹スクリーンというものがある。私たちはその虹スクリーンを観察していくにつれ、奇妙な現象を発見し、それを「唸虹」と名付けた。本研究ではこの唸虹の移動を明らかにするために観測者の位置を固定して、光源の位置を変化させる実験を行い、虹スクリーン平行に動かしたときに大きく依存していることがわかった。

ABSTRACT

The rainbow screen is a tool for creating artificial rainbows. As we observed the rainbow screen, we discovered a strange phenomenon. We named it “spiral rainbow”. In this study, we conducted an experiment in which the position of the light source was varied in order to clarify this “spiral rainbow” movement. It is largely dependent on moving the light source parallel to the rainbow screen.

キーワード: 虹スクリーン, 唸虹

1. はじめに

今日、私たちは様々な虹を見ているが、私たちが見る自然界の虹は円錐を平面で切ったときの断面の縁の形になっている。(図1)しかし、理科の実習で使用される虹スクリーンと呼ばれる水滴の代わりに微小なガラスを敷き詰めたスクリーンに光を当てると自然界の虹とは異なる性質の虹が見られる。私たちはその虹が特徴的な性質を持つために、その虹を「唸虹」と名付け、色々な条件で実験を行い、規則性について調べた。

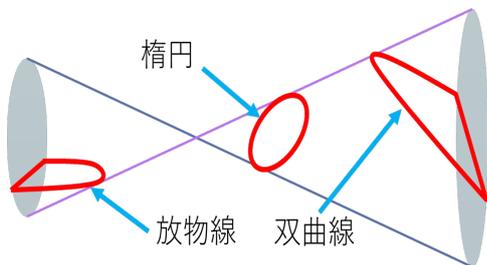


図1

2. 先行研究・予備実験

2.1 先行研究

虹スクリーンとは、虹を作るために必要な水滴の代わりに、微小なガラスの球を用いてそれを板に貼り付けたものである。虹スクリーンは点光源でも虹を作ることができる。(図2)



図2

自然界では、虹は太陽光の一部が水滴の中で反射し、再び屈折して出ることで見えている。(図3)また、光の波長の屈折率の違いによって、七色に見えている。

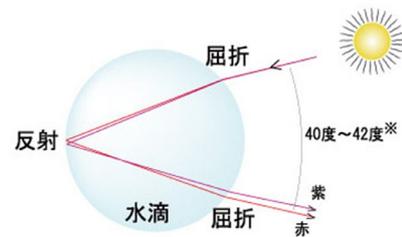


図3

自然界の虹の形は、円錐の頂点を観測者の位置とすると円錐を平面で切った時の断面の形になっている。(図1)円錐をどのような平面で切っても、断面は三次関数のような形にならないことから自然界では、三次関数のような形の虹をみることはできない。

しかし、私たちは虹スクリーンでしか見られない、三次関数的な虹を見つけた。この虹を私たちは、「唸虹」と名付けた。本研究では、唸虹の移動の法則性を解明することを目的とした。

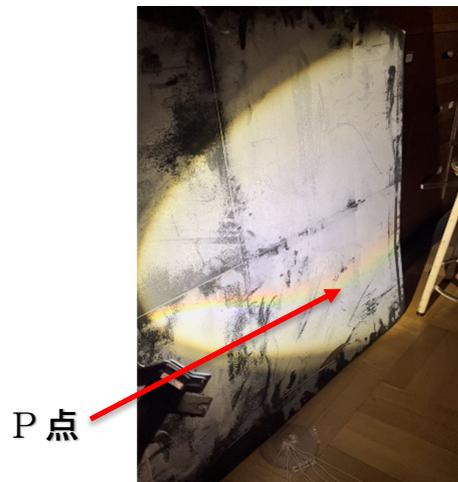
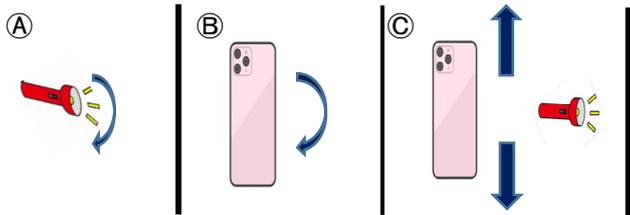


図4

今回は、この唸虹の極小値(以下極値とする)をP点として、P点の移動を観察した。

2. 予備実験



測定をする前に、光源の位置や照射角度及び観測者と光源の位置関係について、以下の三点について実験を行った。まず一つ目の実験〈図 - (A)〉では、懐中電灯の光源の角度の変化による虹の見え方の変化は見られなかった。次に、光源の位置を変えなければ〈図 - (B)〉、観測する角度による虹の見え方の変化はなかった。最後に、観測者と光源を、虹スクリーンからの距離を同じにして平行移動させても〈図 - (C)〉虹の見え方に影響はなかった。

3. 実験方法

実験条件は、400lumenの白色懐中電灯を光源として用い、観測者をiphoneとして画像を写真で記録した。高さ、角度などの場所の調整、固定については物理室にあったスタンドを用いた。観測者の位置を原点として、X、Y、Z軸をとり、虹スクリーンをXY平面に平行でZ=55cmのところのところに置いた。(図5) 実験 I IIにおいて、観測者 (iPhone) と虹スクリーンは固定した。

4. 実験 I

実験 I として、光源の角度を変えて、P点の原点からのX軸方向とY軸方向の距離をそれぞれ定規で測定し、P点の位置の変化を調べた。まず、光源の角度をXY平面上で、X軸に対して80度になるように固定して、光源を原点からの距離が30, 29, 28...22cmまで移動させ、記録をとった。なお、21cm以降は極値が存在しない、三次関数的な形の虹が観測できた。この操作を5回行い、平均をとった。同様にして、光源の角度が75, 70° のときも行った。

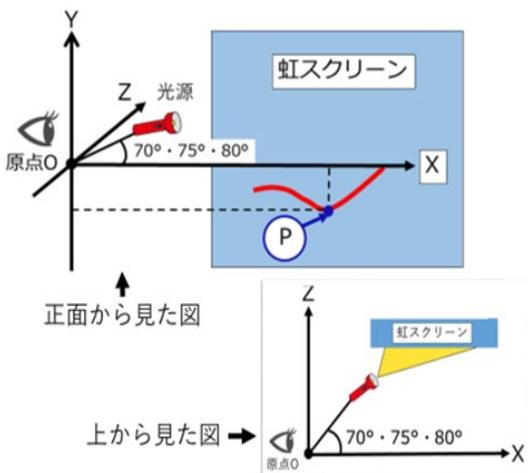


図5

5. 結果 I

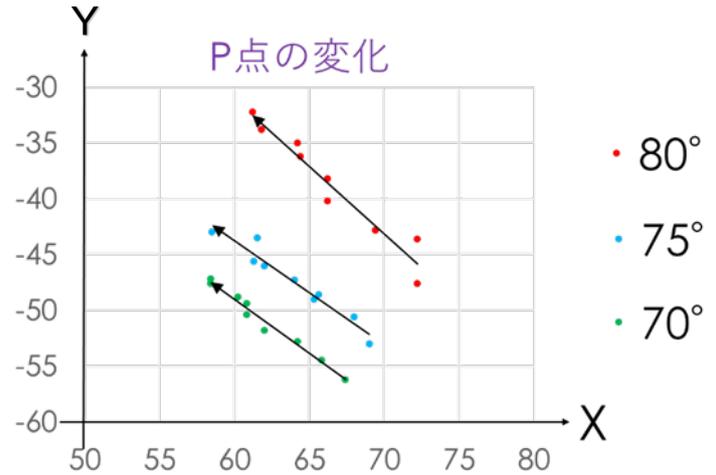


図6

図6より、それぞれの光源の角度においては左上へとP点に変化する同じような傾向が得られた。また、同様にして光源の角度を小さくしていくと、この変化の傾向を保持したまま直線全体が左下へと平行移動すると考えられる。

6. 実験 II

実験 I を行っている中でX軸と平行な方向に光源を動かすと、P点の位置の変化が大きく変化していることからX方向の変化の影響が大きいと考察した。これを踏まえ実験 II を行った。

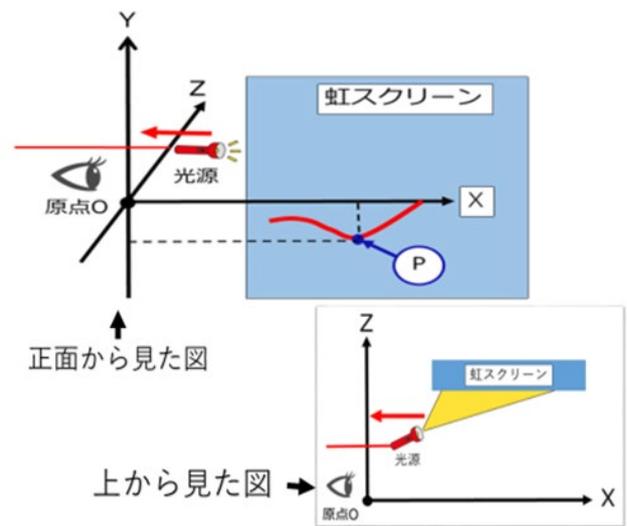


図7

実験 I と同様に観測者を原点として、X軸、Y軸、Z軸をとる。Z=30cm上でX軸に平行にX=-1cmから-9cmまで1cmずつ動かし座標をとる。なお、-9cm以降は虹スクリーンの大きさの関係上、極値がとれなかった。8回記録をし、平均をとった。

7. 結果 II

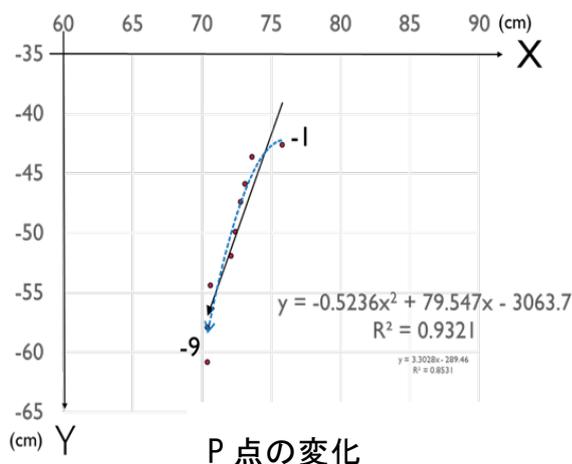


図 8

実験 I と同様に、虹スクリーンを正面から見たときの P 点の変化を表している。

光源を X 軸の負の方向に動かしていくと、P 点の X の値が小さくなっていき、Y の値もかなり小さくなっていることが読み取れる。したがって、光源が観測者から遠くなるにつれて、P 点は左下へと移動していくことがわかった。これらの点を結んだ近似曲線により今回の結果は高い相関関係があると考えられる。その形状は $X = -1$ より大きい（グラフの右上方向）にむけて、少しずつ変化の割合が減少していくような曲線と考えられる。

8. 考察

私達が普段目にする太陽光は平行光源であるが、今回用いた懐中電灯は拡散光源である。拡散光源から出た光は虹スクリーンに対して、微妙に異なった角度で光が当たるため、それぞれの像の形も変わってくる。それらが私たちが目にする過程で重なり合うことで、今回のような唸虹という現象が現れるのではないかと考える。

唸虹は操作をしていくにつれて滑らかな軌道を描くように変化するが、臨界点を超えると、楕円の上辺になじんでいくことが確認された。私たちはここから楕円と双曲線が相互に変化していく様子を連想し、今回のこの現象は二次曲線と離心率についても大きな関係性があるのではないかと考えた。

9. 今後の展望

実験の回数が定まらなかったため、実験の回数を増やして精度を上げたい。

また、唸虹の動向を調べる際に、P 点の位置の変化だけを指標とするのは不十分だと感じた。そこで P 点での近傍における接線の傾きを調べて、関係性を見つけない。

エアリー関数という過剰虹を分析するために生み出された数学的な関数がある。これをうまく利用すれば、唸虹にも適用でき、より定量的な考察ができるのではないかと考える。

10. 参考文献

(1) <https://mathsoc.jp/publication/tushin/0702/majima7-2.pdf>

(2) 虹に見える漸近解析 真島 秀行

file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20(3).pdf

北見工業大学 虹ビーズの改良

オイラらの $chou$ 次元拡張 ～マネラウスの定理, チェバの定理, 接吻数問題～ “Oiras' $chou$ Dimensional Expansion” ～Manelaus' Theorem, Ceva's Theorem, and Kissing Number Problem～

田崎奏楽 塩貝晃司 嶋田洸三 中村俊貴 山口健登
Sora Tazaki Koji Shiogai Kozo Shimada Toshitaka Nakamura Kento Yamaguchi

要約

ドラえもんを作るのに必要となる異次元世界の探究を, 数学を用いた m 次元定理の立案という形で実現した. まずメネラウスの定理を参考にした次元拡張「マネラウスの定理」を発見・証明した. 次にマネラウスの定理の逆は偽であるということも示した. さらにチェバの定理の三次元拡張も行った. 最後に数学上の未解決問題である接吻数問題についても考察し, 新たな解法の方角性を3つ示した.

ABSTRACT

We tried to explore the other dimensional worlds in order to make Doraemon, and we did it by making m -dimensional theorems using mathematics. First, we discovered and proved "Manelaus' Theorem," which is the dimensional expansion based on Menelaus' theorem. Next, we also showed that the Inverse of Manelaus' Theorem is false. Furthermore, we also expanded Ceva's theorem in 3-dimension. Finally, we challenged the kissing number problem, which is an unsolved problem in mathematics, and showed three new directions for its solution.

キーワード: 次元, ドラえもん, メネラウスの定理, チェバの定理, 超多面体, 超体積, 単体, オイラー標数,

オイラらの $chou$ 多面体定理, マネラウスの定理, 電子収容数次元理論

1. 動機

著者の一人である田崎の将来の夢は, ドラえもんを作ることである. また, ドラえもんを作るためには, 他の次元の世界をわかっていなければならない. そこで数学を用いて常識, すなわち平面の定理が他の次元でも成り立つのかを調べた.

n 次元超空間と同義だが, $n+1$ 個の点によって定義される部分体としての意味が強いときに用いる言い回しとする. そして, 次元拡張とは既存の平面(2次元)・空間(3次元)定理を m 次元においても定義される定理に一般化することを指す.

2. 定義

この章では, 本論文にある言葉の定義を与える.

定義1 m 次元

m を自然数とし一次独立な座標軸が m 個存在する状態にて定義される状態のこと. m 次元超空間は座標軸 x_1, x_2, \dots, x_m において定義される m 次元ユークリッド空間(以降, \mathbb{R}^m)を表す. また n 次元超平面(n は自然数)は

定義2 m 次元単体

m 次元単体とは, m, k を自然数とし, $k \leq m$ ならばどの $k+1$ 個の点も \mathbb{R}^{k-1} に同時に含まれることのないような $m+1$ 個の点からなる集合の, それを含む最小の凸集合. m 次元超多面体のうち, m 次元面の個数が0でないもので, 頂点の個数が最小のもの, とも言える. 1次元単体は線分, 2次元単体は三角形, 3次元単体は四面体

のことで、また $m = 0$ のときは点と定める。また、その中でも全ての辺の長さが等しいものを正単体と呼ぶ。

定義 3 m 次元超体積

m 次元単体のうち一つの点を選んでそれを始点とし、他の m 個の頂点を終点とするベクトルを a_1, a_2, \dots, a_m としたとき、 $\det(a_1, a_2, \dots, a_m)$ をこの単体の m 次元超体積とする。

定義 4 m 次元単位球

m を自然数とし、 \mathbb{R}^m において原点 O からの距離が定数 r で一定を保って動く点 P の軌跡である。よって直交座標系表示の $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ は $|\overline{OP}| = r$ 、つまり $x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_m^2 = r^2$ を満たす。

定義 5 m 次元超多面体

m を自然数とし、 \mathbb{R}^m で表すことができるが \mathbb{R}^{m-1} では表すことができない、単体を有限個だけ接し合わせた和集合から断面の部分を取り除いたものを、 m 次元超多面体という。また超多面体は、大きさや個数が有限で平坦な n 次元面で構成されたものである。具体的には多角形は2次元超多面体の、多面体は3次元超多面体の、多胞体は4次元超多面体の一例である。また $m = 0$ のときは点と定める。

定義 6 n 次元面

n を非負整数とし、超多面体を構成する n 次元の要素のこと。例えば0次元面は頂点、1次元面は辺、2次元面は面、3次元面は胞を表す。また m 次元超多面体 A の n 次元面の個数を $f(m, A, n)$ と表記する。ここで $m + 1 \leq n$ のときは常に $f(m, A, n) = 0$ が成り立つ。また、 m 次元単体の n 次元面の個数は ${}_{m+1}C_{n+1}$ 個である。

定義 7 オイラの *chou* 多面体定理

我々は以下の定理を昨年発見して証明を行い、オイラの *chou* 多面体定理と名付けた。

貫通した孔、空洞のない任意の m 次元超多面体について、これを A とおくと、 $\chi(A) = 1$ が成立する。

ただし $\chi(A)$ は m 次元超多面体 A のオイラー標数

$$\sum_{n=0}^m (-1)^n f(m, A, n) \text{ のことである。}$$

詳細は参考文献[1]を参照。

定義 8 電子収容数次元理論

著者の一人である田崎の立てた、我々の世界の原子(3次元)を m 次元に拡張して、その電子収容数を定める理論。電子収容数は、原子核の周りの電子の状態(電子軌道)の個数に電子のもつ固有の角運動量であるスピンの個数を掛けて求められる。

まず量子数を基にして、 m 次元原子の内側から n 番目の殻の電子軌道の数を $f_m(n)$ として ($m \geq 3$)

$$f_m(n) = \frac{(m + 2n - 3) \prod_{k=1}^{m-2} (n + k - 1)}{(m - 1)!}$$

とする電子軌道次元理論を立てた。

次に規則性、対称性、合理性の観点をもとにして、 m 次元電子のスピンの個数 s_m について $s_m = m - 1$ とするスピン次元理論を立てた。

以上により、 m 次元原子の内側から n 番目の殻の電子収容数を一般化して

$$\frac{(m + 2n - 3) \prod_{k=1}^{m-2} (n + k - 1)}{(m - 2)!}$$

と表すことに成功し、これを電子収容数次元理論と名付けた。

詳細は参考文献[2]を参照。

3. マネラウスの定理

m 次元単体 $A_0 A_1 A_2 \dots A_m$ を $m - 1$ 次元超平面 $B_1 B_2 \dots B_m$ で切る。ただし1以上 m 以下の k に対し、点 B_k は線分 $A_0 A_k$ 上の点で、かつ点 B_k と超平面 $A_1 A_2 \dots A_m$ の距離が最小となる k は $k = m$ に一意に定まるものとする。そして超平面 $A_1 A_2 \dots A_m$ と $B_1 B_2 \dots B_m$ の交わるところに超平面 $C_1 C_2 \dots C_{m-1}$ を作る。つまり1以上 $m - 1$ 以下の k に対し、半直線 $B_k B_m$ と $A_k A_m$ の交点を C_k とする。 $s(D_0 D_1 D_2 \dots D_n)$ で、単体 $D_0 D_1 D_2 \dots D_n$ の超体積を表すこととする。このとき次式が成り立つことを我々は証明し、これに「マネラウスの定理」と名付けた。

$$\frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1}) s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1}) s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m) s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1}) s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} = 1$$

ここで、2次元すなわち $m = 2$ のマネラウスの定理と

メネラウスの定理の違いを示す(図1).

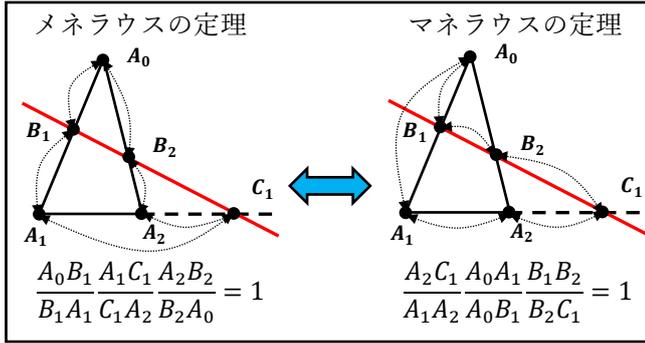


図1 2次元マネラウスの定理とメネラウスの定理
 三角形 $A_0A_1A_2$ と直線 $B_1B_2(C_1)$ で定義されるのは共通点だが、その直線 B_1B_2 の超体積(長さ)をとるかどうかが相違点である。

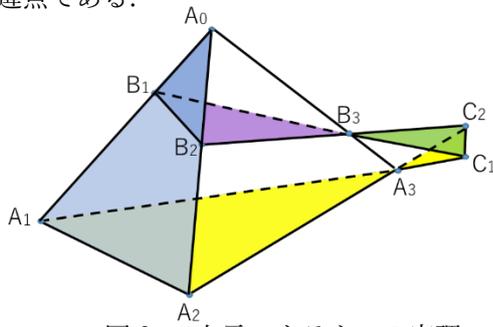


図2 3次元マネラウスの定理

4. マネラウスの定理の証明

まず任意の k について、3点 A_k, A_m, C_k はこの順で一直

線上にあるから、 $\overrightarrow{A_m A_k} = -\frac{A_m A_k}{A_m C_k} \overrightarrow{A_m C_k}$ がいえるため、

$$\begin{aligned} & \frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m)} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_m C_1}, \overrightarrow{A_m C_2}, \dots, \overrightarrow{A_m C_{m-1}})}{\det(\overrightarrow{A_m A_1}, \overrightarrow{A_m A_2}, \dots, \overrightarrow{A_m A_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_m C_1}, \overrightarrow{A_m C_2}, \dots, \overrightarrow{A_m C_{m-1}})}{\det(-\frac{A_m A_1}{A_m C_1} \overrightarrow{A_m C_1}, -\frac{A_m A_2}{A_m C_2} \overrightarrow{A_m C_2}, \dots, -\frac{A_m A_{m-1}}{A_m C_{m-1}} \overrightarrow{A_m C_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_m C_1}, \overrightarrow{A_m C_2}, \dots, \overrightarrow{A_m C_{m-1}})}{\prod_{k=1}^{m-1} (-\frac{A_m A_k}{A_m C_k}) \det(\overrightarrow{A_m C_1}, \overrightarrow{A_m C_2}, \dots, \overrightarrow{A_m C_{m-1}})} \\ &= (-1)^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \end{aligned}$$

同様に、任意の k について3点 A_0, B_k, A_k はこの順で一直

線上にあるから、 $\overrightarrow{A_0 B_k} = \frac{A_0 B_k}{A_0 A_k} \overrightarrow{A_0 A_k}$ がいえるため、

$$\begin{aligned} & \frac{s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1})}{s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_0 A_1}, \overrightarrow{A_0 A_2}, \dots, \overrightarrow{A_0 A_{m-1}})}{\det(\overrightarrow{A_0 B_1}, \overrightarrow{A_0 B_2}, \dots, \overrightarrow{A_0 B_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_0 A_1}, \overrightarrow{A_0 A_2}, \dots, \overrightarrow{A_0 A_{m-1}})}{\det(\frac{A_0 B_1}{A_0 A_1} \overrightarrow{A_0 A_1}, \frac{A_0 B_2}{A_0 A_2} \overrightarrow{A_0 A_2}, \dots, \frac{A_0 B_{m-1}}{A_0 A_{m-1}} \overrightarrow{A_0 A_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{A_0 A_1}, \overrightarrow{A_0 A_2}, \dots, \overrightarrow{A_0 A_{m-1}})}{\frac{A_0 B_1}{A_0 A_1} \frac{A_0 B_2}{A_0 A_2} \dots \frac{A_0 B_{m-1}}{A_0 A_{m-1}} \det(\overrightarrow{A_0 A_1}, \overrightarrow{A_0 A_2}, \dots, \overrightarrow{A_0 A_{m-1}})} \\ &= \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \\ & \text{同様に任意の } k \text{ について、3点 } C_k, B_m, B_k \text{ はこの順で一直} \\ & \text{線上にあるから、} \overrightarrow{B_m C_k} = -\frac{B_m C_k}{B_m B_k} \overrightarrow{B_m B_k} \text{ がいえるため、} \\ & \frac{s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{B_m B_1}, \overrightarrow{B_m B_2}, \dots, \overrightarrow{B_m B_{m-1}})}{\det(\overrightarrow{B_m C_1}, \overrightarrow{B_m C_2}, \dots, \overrightarrow{B_m C_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{B_m B_1}, \overrightarrow{B_m B_2}, \dots, \overrightarrow{B_m B_{m-1}})}{\det(-\frac{B_m C_1}{B_m B_1} \overrightarrow{B_m B_1}, -\frac{B_m C_2}{B_m B_2} \overrightarrow{B_m B_2}, \dots, -\frac{B_m C_{m-1}}{B_m B_{m-1}} \overrightarrow{B_m B_{m-1}})} \\ &= \frac{\det(\overrightarrow{B_m B_1}, \overrightarrow{B_m B_2}, \dots, \overrightarrow{B_m B_{m-1}})}{(-1)^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{B_m C_k}{B_m B_k} \det(\overrightarrow{B_m B_1}, \overrightarrow{B_m B_2}, \dots, \overrightarrow{B_m B_{m-1}})} \\ &= (-1)^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} \\ & \text{次に、} B_k \text{ は線分 } A_0 A_k \text{ 上の点で、} C_k \text{ は半直線 } B_k B_m \text{ と} \\ & A_k A_m \text{ の交点であるから、任意の } k \text{ について} \\ & \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} \text{ は三角形 } A_0 A_k A_m \text{ と直線 } B_k B_m (C_k) \text{ で} \\ & \text{定義される2次元のマネラウスの定理といえる。そしてまたこれは、三角形 } C_k A_k B_k \text{ と直線 } A_m B_m (A_0) \text{ で定義} \\ & \text{されるメネラウスの定理でもあるから、} \\ & \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} = 1 \text{ が成り立つ。以上より} \\ & \frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m)} \frac{s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1})}{s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1})} \frac{s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} \\ &= (-1)^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \times \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \times (-1)^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \{(-1)^2\}^{m-1} \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} \\
&= \prod_{k=1}^{m-1} \frac{A_m C_k}{A_m A_k} \frac{A_0 A_k}{A_0 B_k} \frac{B_m B_k}{B_m C_k} \\
&= \prod_{k=1}^{m-1} 1 \\
&= 1
\end{aligned}$$

従ってマネラウスの定理がここに示された。

(Q.E.D.)

5. マネラウスの定理の逆

我々はメネラウスの定理の逆を参考にして、「マネラウスの定理の逆」を

「 m 次元単体 $A_0 A_1 A_2 \dots A_m$, 線分 $A_0 A_k$ 上の点 $B_k (1 \leq k \leq m)$, 半直線 $A_k A_m$ 上の点 $C_k (1 \leq k \leq m-1)$ について

$$\frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1}) s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1}) s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m) s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1}) s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} = 1$$

が成り立つとき, C_k は半直線 $B_k B_m$ と $A_k A_m$ の交点である, すなわち超平面 $B_1 B_2 \dots B_m$ と超平面 $C_1 C_2 \dots C_{m-1} B_m$ は同一超平面である」

と定義した. そしてマネラウスの定理の逆は偽命題であることを示した.

反例をここに示す.

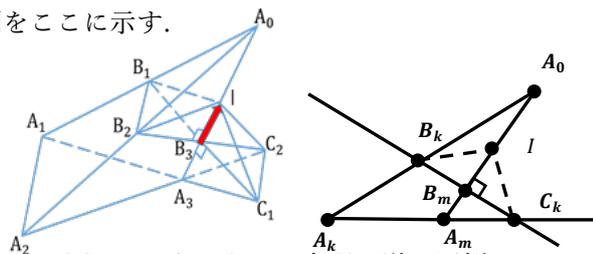


図3 マネラウスの定理の逆の反例

マネラウスの定理が成り立つ m 次元単体 $A_0 A_1 A_2 \dots A_m$ と $m-1$ 次元超平面 $B_1 B_2 \dots B_m (C_1 C_2 \dots C_{m-1})$ において, $\forall k, \angle A_0 B_m C_k = 90^\circ$, $B_k B_m = B_m C_k$ (つまり単体 $B_1 B_2 \dots B_m \equiv$ 単体 $C_1 C_2 \dots C_{m-1} B_m$)となるようにする. このとき線分 $A_0 B_m$ 上にある点 I について三角形 $IB_k C_k$ が常に二等辺三角形であるから, $IB_k = IC_k$

ゆえに単体 $B_1 B_2 \dots B_{m-1} I \equiv$ 単体 $C_1 C_2 \dots C_{m-1} I$

$$\text{よって} \frac{s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} = \frac{s(B_1 B_2 \dots B_{m-1} I)}{s(I C_1 C_2 \dots C_{m-1})} = 1$$

をマネラウスの定理

$$\begin{aligned}
&\frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1}) s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1}) s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m) s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1}) s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} \\
&= 1 \quad \text{に代入して,} \\
&\frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1}) s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1}) s(B_1 B_2 \dots B_{m-1} I)}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m) s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1}) s(I C_1 C_2 \dots C_{m-1})} \\
&= 1 \quad \text{が成り立つ.}
\end{aligned}$$

これはマネラウスの定理の形で B_m を I に置き換えたものと言える. しかし超平面 $B_1 B_2 \dots B_{m-1} I$ と超平面 $C_1 C_2 \dots C_{m-1} I$ は同一超平面上にないために, マネラウスの定理の逆の不成立が示された. (終)

6. チェバの定理の三次元拡張

四面体 $A_0 A_1 A_2 A_3$ の内部の任意の位置に存在する点 O について, 半直線 $A_0 O$ と三角形 $A_1 A_2 A_3$ との交点を $A_{1,2,3}$, $A_1 O$ と $A_0 A_2 A_3$ との交点を $A_{0,2,3}$, $A_2 O$ と $A_0 A_1 A_3$ との交点を $A_{0,1,3}$ とする. そして半直線 $A_1 A_{1,2,3}$ と辺 $A_2 A_3$ との交点を $A_{2,3}$, 半直線 $A_0 A_{0,1,3}$ と辺 $A_1 A_3$ との交点を $A_{1,3}$, 半直線 $A_2 A_{0,2,3}$ と辺 $A_0 A_3$ との交点を $A_{0,3}$ とする. (図4)

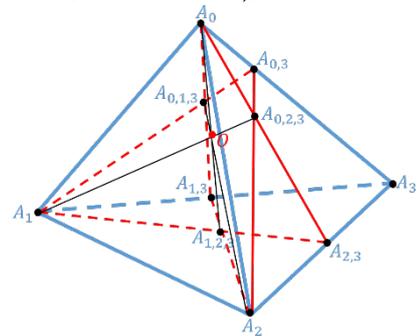


図4 各点の配置

このとき次式が成り立つことを我々は証明し, 「チェバの定理の三次元拡張」とした. (図5)

$$\frac{s(A_{1,2,3} A_{2,3} A_2) s(A_{0,1,3} A_{1,3} A_1) s(A_{0,2,3} A_{0,3} A_0)}{s(A_{1,2,3} A_{1,3} A_1) s(A_{0,1,3} A_{0,3} A_0) s(A_{0,2,3} A_{2,3} A_2)} = 1$$

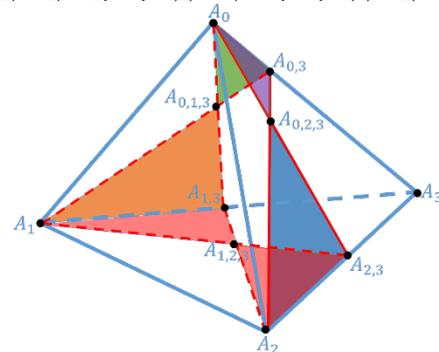


図5 チェバの定理の三次元拡張

7. チェバの定理の三次元拡張の証明

対頂角で $\angle A_2 A_{1,2,3} A_{2,3} = \angle A_1 A_{1,2,3} A_{1,3}$ より

$$\frac{s(A_{1,2,3} A_{2,3} A_2)}{s(A_{1,2,3} A_{1,3} A_1)} = \frac{A_{1,2,3} A_{2,3}}{A_{1,2,3} A_1} \frac{A_{1,2,3} A_2}{A_{1,2,3} A_{1,3}}$$

同様に $\angle A_1 A_{0,1,3} A_{1,3} = \angle A_0 A_{0,1,3} A_{0,3}$ より

$$\frac{s(A_{0,1,3} A_{1,3} A_1)}{s(A_{0,1,3} A_{0,3} A_0)} = \frac{A_{0,1,3} A_{1,3}}{A_{0,1,3} A_0} \frac{A_{0,1,3} A_1}{A_{0,1,3} A_{0,3}}$$

$\angle A_0 A_{0,2,3} A_{0,3} = \angle A_2 A_{0,2,3} A_{2,3}$ より

$$\frac{s(A_{0,2,3} A_{0,3} A_0)}{s(A_{0,2,3} A_{2,3} A_2)} = \frac{A_{0,2,3} A_{0,3}}{A_{0,2,3} A_2} \frac{A_{0,2,3} A_0}{A_{0,2,3} A_{2,3}}$$

よって

$$\begin{aligned} & \frac{s(A_{1,2,3} A_{2,3} A_2)}{s(A_{1,2,3} A_{1,3} A_1)} \frac{s(A_{0,1,3} A_{1,3} A_1)}{s(A_{0,1,3} A_{0,3} A_0)} \frac{s(A_{0,2,3} A_{0,3} A_0)}{s(A_{0,2,3} A_{2,3} A_2)} \\ &= \frac{A_{1,2,3} A_{2,3}}{A_{1,2,3} A_1} \frac{A_{1,2,3} A_2}{A_{1,2,3} A_{1,3}} \frac{A_{0,1,3} A_{1,3}}{A_{0,1,3} A_0} \frac{A_{0,1,3} A_1}{A_{0,1,3} A_{0,3}} \frac{A_{0,2,3} A_{0,3}}{A_{0,2,3} A_2} \frac{A_{0,2,3} A_0}{A_{0,2,3} A_{2,3}} \\ &= \frac{A_{1,2,3} A_{2,3}}{A_{1,2,3} A_1} \frac{A_{0,2,3} A_0}{A_{0,2,3} A_{2,3}} \times \frac{A_{1,2,3} A_2}{A_{1,2,3} A_{1,3}} \frac{A_{0,1,3} A_{1,3}}{A_{0,1,3} A_0} \\ & \quad \times \frac{A_{0,1,3} A_1}{A_{0,1,3} A_{0,3}} \frac{A_{0,2,3} A_{0,3}}{A_{0,2,3} A_2} \end{aligned}$$

次に半直線 $A_{2,3}O$ と辺 A_0A_1 との交点を $A_{0,1}$, 半直線 $A_{1,3}O$ と辺 A_0A_2 との交点を $A_{0,2}$, 半直線 $A_{0,3}O$ と辺 A_1A_2 との交点を $A_{1,2}$ としたとき, チェバの定理(2次元)より

$$\text{三角形 } A_0A_1A_{2,3} \text{ において } \frac{A_{1,2,3} A_{2,3}}{A_{1,2,3} A_1} \frac{A_{0,2,3} A_0}{A_{0,2,3} A_{2,3}} \frac{A_1 A_{0,1}}{A_{0,1} A_0} = 1$$

$$\text{三角形 } A_0A_2A_{1,3} \text{ において } \frac{A_{1,2,3} A_2}{A_{1,2,3} A_{1,3}} \frac{A_{0,1,3} A_{1,3}}{A_{0,1,3} A_0} \frac{A_0 A_{0,2}}{A_{0,2} A_2} = 1$$

$$\text{三角形 } A_1A_2A_{0,3} \text{ において } \frac{A_{0,1,3} A_1}{A_{0,1,3} A_{0,3}} \frac{A_{0,2,3} A_{0,3}}{A_{0,2,3} A_2} \frac{A_2 A_{1,2}}{A_{1,2} A_1} = 1$$

さらに辺 $A_2A_{0,1}$, $A_1A_{0,2}$, $A_0A_{1,2}$ の交点は, 半直線 A_3O と三角形 $A_0A_1A_2$ との交点に一意に定まるから, 三角形 $A_0A_1A_2$ でチェバの定理より

$$\frac{A_{0,1} A_0}{A_1 A_{0,1}} \times \frac{A_{0,2} A_2}{A_0 A_{0,2}} \times \frac{A_{1,2} A_1}{A_2 A_{1,2}} = 1$$

以上により

$$\begin{aligned} & \frac{A_{1,2,3} A_{2,3}}{A_{1,2,3} A_1} \frac{A_{0,2,3} A_0}{A_{0,2,3} A_{2,3}} \times \frac{A_{1,2,3} A_2}{A_{1,2,3} A_{1,3}} \frac{A_{0,1,3} A_{1,3}}{A_{0,1,3} A_0} \\ & \quad \times \frac{A_{0,1,3} A_1}{A_{0,1,3} A_{0,3}} \frac{A_{0,2,3} A_{0,3}}{A_{0,2,3} A_2} \\ &= \frac{A_{0,1} A_0}{A_1 A_{0,1}} \times \frac{A_{0,2} A_2}{A_0 A_{0,2}} \times \frac{A_{1,2} A_1}{A_2 A_{1,2}} \end{aligned}$$

= 1

すなわちここにチェバの定理の三次元拡張

$$\frac{s(A_{1,2,3} A_{2,3} A_2)}{s(A_{1,2,3} A_{1,3} A_1)} \frac{s(A_{0,1,3} A_{1,3} A_1)}{s(A_{0,1,3} A_{0,3} A_0)} \frac{s(A_{0,2,3} A_{0,3} A_0)}{s(A_{0,2,3} A_{2,3} A_2)} = 1$$

が示された.

(証明終)

8. 接吻数問題

接吻数問題とは, m 次元の単位球の周りに重ならず触れ合うように並べることのできる, 単位球の最大個数に関する数学上の未解決問題である. 我々はこの問題に対して, 以下の3通りの手法を与えた. ただし接吻球とは接する個数が接吻数となった状態の接吻数個の球のこと, 中心球は接吻球に囲まれた球のこと, k_m は接吻数のこととする.

(I) オイラらの *chou* 多面体定理

各接吻球の中心は, 全ての $m-1$ 次元面が正単体である m 次元超多面体のうちで $m-1$ 次元面の個数が最大値(j とする)であるようなもの(図形 X とする)の, 各頂点であると考え. このとき X の一つの頂点に k_{m-1} 個の $m-1$ 次元単体(面)が集まっており, 一つの n 次元面 ($1 \leq n \leq m-2$)に2個の $m-1$ 次元単体(面)が集まっていると考えれば, X のオイラー標数について次式が成り立つことが期待される.

$$j \left(\frac{mC_1}{k_{m-1}-1} - \frac{mC_2}{2} + \frac{mC_3}{2} - \dots + (-1)^{m-1} \frac{mC_m}{2} \right) + (-1)^m = 1$$

そして $k_m = \frac{j m C_1}{k_{m-1}-1}$ となる. しかしながらこの式は有効

性を示さなかった. ただし有効性の確認は, 参考文献 [5]より得られる接吻数の上限値と下限値の間の値をとるか否かで判断したものとする.

(II) 電子収容数次元理論

中心球を原子核, 各接吻球を電子と見る. このとき s, p, d 軌道における電子収容数のうちで, 対称性のある d 軌道のもの(3次元における d_{xy}, d_{yz}, d_{zx})を除いた電子数が接吻数に対応するという予測を立てた. 対称性のある d 軌道は mC_2 種類あるから次式が言える.

$$\begin{aligned} a_m &= (m-1)\{f_m(3) - mC_2\} \\ &= (m-1)\{f_{m-1}(1) + f_{m-1}(2) + f_{m-1}(3) - mC_2\} \end{aligned}$$

これは $3 \leq m \leq 5$ でのみ有効性を示した.

(III) 図形的な配列の規則性

接吻球たちを層状に分けることを考える(図6). このとき $m+1$ 次元接吻数は m 次元単体の辺の個数 $(_{m+1}C_2)$ が2セット分と, m 次元接吻数に分割できるような対称性を持つと仮定する. すなわち $a_{m+1} = a_m + 2_{m+1}C_2$ これは $2 \leq m \leq 5$ でのみ有効性を示した.

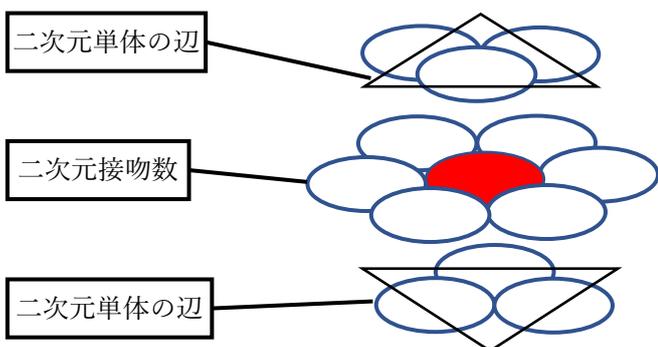


図6 3次元接吻数の層状分割

以下に手法 I, II, IIIにより導出された接吻数とその有効性を示す.(図7, 8)

次元	多面体	電子収容数	図形的	下限	上限	
1	2	0	2	2	2	初期値入力点
2	0	4	6	6	6	
3	1.5	12	12	12	12	
4	0	24	24	24	24	既に判明している接吻数
5	1.429	40	44	40	44	
6	0	60	74	72	78	
7	1.4	84	116	126	134	有効な値をとったもの
8	0	112	172	240	240	
9	1.385	144	244	306	363	
10	0	180	334	500	553	
11	1.375	220	444	582	869	
12	0	264	576	840	1356	
13	1.368	312	732	1154	2066	
14	0	364	914	1606	3177	
15	1.364	420	1124	2564	4858	
16	0	480	1364	4320	7332	

図7 接吻数の表

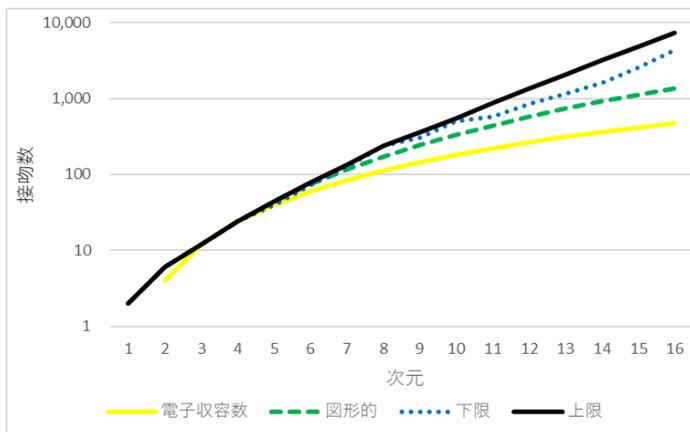


図8 接吻数のグラフ

9. 今後の展望

- ・チェバの定理の m 次元拡張
- ・多角形と直線のメネラウスの定理の次元拡張
- ・接吻数問題のより有効な解法

10. 参考文献

- [1] 田崎奏楽ほか(本論文と同著者) 「超多面体のオイラー標数を定める『オイラらの *chou* 多面体定理』」(最終更新日 2022.10.03)
- [2] 田崎奏楽 「電子収容数次元理論～電子軌道とスピンの次元一般化～」(発表日 2022.10.28)
- [3] 田崎奏楽 「超錐体と単体の *chou* 体積公式」(発表日 2022年8月)
- [4] 塩貝晃司 「 n 次元における n 次元単体と n 次元の面の超体積比の一般化」(発表日 2022年8月)
- [5] Fernando M. Oliveira (2018). "Improving the Semidefinite Programming Bound for the Kissing Number by Exploiting Polynomial Symmetry". *Experimental Mathematics* 27: 362–369.
- [6] 平面図形の定理の空間への拡張 https://www.nagano-c.ed.jp/seiho/intro/risuka/kadaikenq/paper/2021/7_heimen.pdf (閲覧日 2022.9.15)
- [7] チェバ・メネラウスの定理に関する教材開発： n 角形への拡張 https://shizuoka.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=11389&item_no=1&page_id=13&block_id=21 (閲覧日 2022.9.15)



図9 参考文献[1][2][3][4]のリンク先

ハッシュ関数を用いた機械学習の高速化

Speeding up deep learning using hash function

寺田 聡 田中 瑛太 南 祇 圭佑 中西 聖 山田 海聖 永里 姫珈

Satoru Terada Eita Tanaka Keisuke Nagi Sei Nakanishi Kaisei Yamada Himeka Nagasato

要約

ハッシュ関数を用いて活性が小さな値（負の値）をとるニューロンを検出し、その演算を省略、計算コストを抑えるという観点から、hash 関数を用いた演算処理の高速化について、先行研究とは異なる条件下で高速化を試みた。その結果、高速化を適用したモデルの学習が進みにくくなる条件がわかった。モデルの中間層が一層かつ中間層のノードが少なく、マルチラベル分類のデータセットを用いたとき、高速化の有用性が確認された。

ABSTRACT

Using a hash function, we attempted to improve the efficiency of operations by detecting neurons with small activation values (negative values) and skipping their computations in order to reduce computational costs. We attempted to accelerate the computational processing using a hash function under different conditions than prior research. As a result, we identified conditions under which applying the acceleration hindered the learning progress of the model. When using a dataset for multi-label classification with a shallow intermediate layer and a small number of nodes, the usefulness of the acceleration was confirmed.

1. はじめに

ニューラルネットワークは、高い性能を誇るが、その計算量は莫大である。しかしながら、推論においてすべてのニューロンが重要なわけではない。そのため、ハッシュ関数を用いて重要なニューロンのみを取り出すことで、計算量を少なくすることが可能なのではないかと考えた。過去の他の研究によって、中間層が一層、中間層のノード数が128、マルチラベル分類のデータセットを使用するという条件の下でモデルの制度を下げることなく高速化が実現している。しかし、それ以外のモデル構造やタスクでは実験がなされていない。よって本研究は、データセットの種類やモデル構造を変化させて先行研究で提案された高速化の手法の有用性を考察する。

2. 実験方法

2.1 計画

はじめに、先行研究の論文をもとにニューラルネットワークを高速化するプログラムを作成する。そして、作成したプログラムを用いて先行研究と類似した条件下で学習が進行することを確認する。(再現実験) 次に、ネットワークの構造、データセットの種類を変更して実験を進める。(実験2)

実験1でネットワークの構造を変更する。(中間層の数、ノード数)

実験2でも同様に、データセットの種類を変更する。

2.2 方法

高速化を適用しない通常のニューラルネットワークと高速化を適用したものを用意する。次に、同じデータセットで上記の二つのモデルを学習させる。そして、二つのモデルを学習させるのにかかった時間、学習による精度の変化を比較する。(実験1では共有されたブックマークのカスタマーデータ「Delicious」、実験2では手書き数字の認識用データ「MNIST」を使った。)

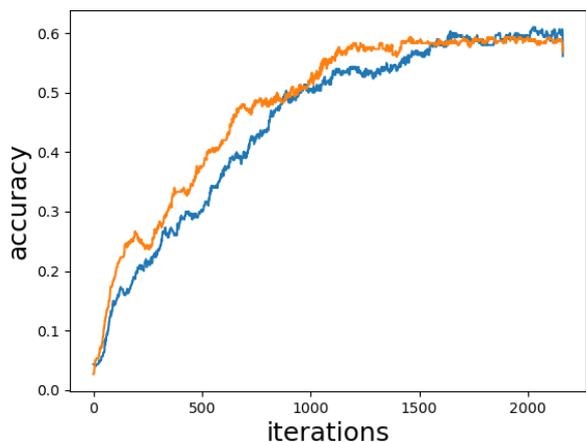
2.3 モデル構造

Deliciousを用いた実験の場合、再現実験では入力層→中間層→出力層の順で行い、ハッシュ関数を太矢印の部分、つまり、中間層と出力層の間に導入している。

実験1では入力層→中間層→出力層の順で行い、再現実験と同様にハッシュ関数を太矢印の部分つまり、中間層と出力層の間に導入している。さらに入力層→中間層1→中間層2→出力層の順で演算をおこなっており、ハッシュ関数を同様に用いている。

3. 実験結果

3. 1 再現実験の結果

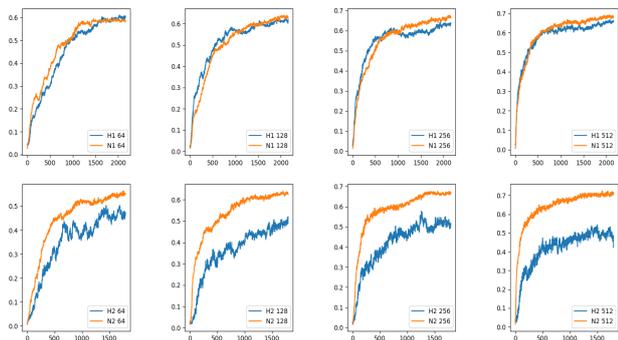


グラフ1

グレー:通常の学習 黒:高速化した時の学習

この結果より学習にかかった時間は高速化なしの場合が2582秒、高速化ありの場合が457秒で、5.6倍高速化されたことが分かった。

3. 2 実験1の結果



グラフ2

上段:中間層1層のモデル 下段:中間層2層のモデル

グレー:通常の学習 黒:高速化した時の学習

縦軸:テストデータでの正答率 横軸:学習の回数

グラフ2について、上段下段それぞれにおいて、右に行くほど中間層のノード数が64、128、256、512と増えている。

グラフ2より、左上(中間層:一層,ノード数64)のモデル以外は精度が下がっていることがわかる。各モデルの精度の変化、高速化の効果はそれぞれ下の通り。

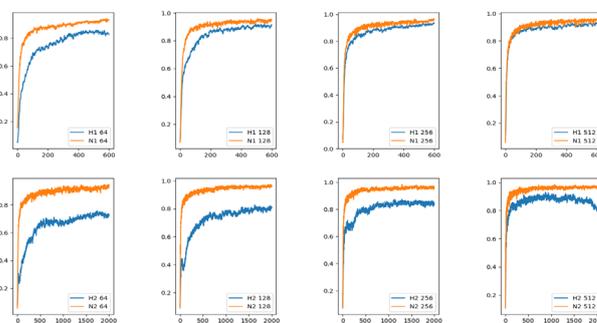
中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下なし (58.0%→60.3% +2.3%)	若干あり (62.6%→62% -0.6%)	あり (66.3%→63.3% -3.0%)	あり (68.6%→66.0% -2.6%)
中間層2層	あり (55.0%→47.3% -7.7%)	あり (62.3%→51.6% -15.0%)	あり (67.3%→51.6% -15.6%)	あり (71.3%→42.3% -29.0%)

精度の変化

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X5.6	X6.2	X5.8	X5.9
中間層2層	X5.0	X5.7	X4.5	X4.6

高速化の効果

3. 3 実験2の結果



グラフ3

グラフの見方は実験1と同じである。グラフ3より、中間層のノード数の増加による精度の低下が実験1より顕著であることがわかる。高速化の効果は実験1と同様に中間層のノード数が増加するにつれて低下している。各モデルの精度の変化、高速化の効果はそれぞれ下の通り。

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下あり (92.8%→83.4% -9.4%)	あり (94.8%→89.7% -5.1%)	あり (94.7%→92.3% -2.4%)	あり (95.6%→93.5% -2.1%)
中間層2層	あり (90.8%→71.9% -18.9%)	あり (95.9%→79.9% -16.0%)	あり (95.9%→85.0% -15.9%)	あり (97.1%→80.7% -17.1%)

精度の変化

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X1.6	X2.2	X1.8	X1.9
中間層2層	X1.5	X1.5	X1.9	X1.9

高速化の効果

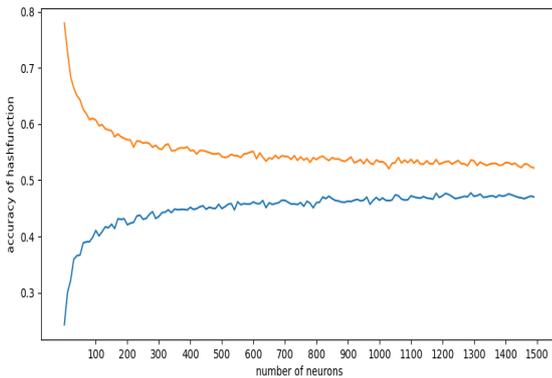
4. 考察

4. 1 モデル構造による考察

実験1、実験2の結果から共通してわかることは、中間層の数を増やすと、高速化を適用したときの精度の低下が大きくなり、高速化の効果が得られにくくなる、ということである。しかし、中間層のノード数を増加させたときの結果に違いがみられた。

4. 1. 1 中間層の増加について

中間層の数を増やすと、実験1、実験2両方において、モデルの精度の低下が大きくなった。これは、ハッシュ関数の精度の低下が影響していると考えられる。ハッシュ関数は、活性のあるニューロンを全て検出できるわけではなく、ニューロン数が増えるほど精度が下がり、正常に計算できるニューロンが減少する。このためハッシュ関数を使った場合、モデルの精度が低下する。下は、ハッシュ関数の精度と中間層のノード数の関係を示したものである。

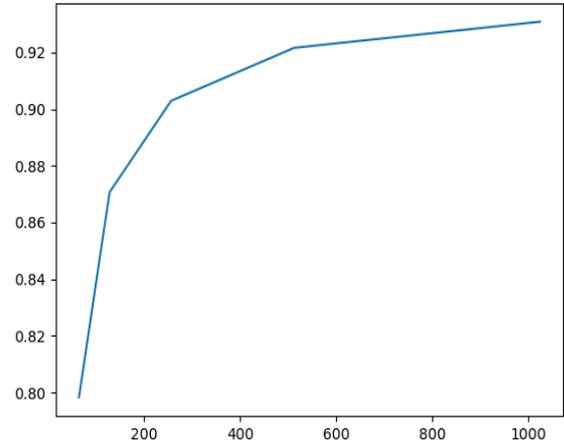


グレー:活性のあるニューロンのうち実際に検出できた割合
黒:活性のないニューロンのうち間違っ演算した割合

4. 1. 2

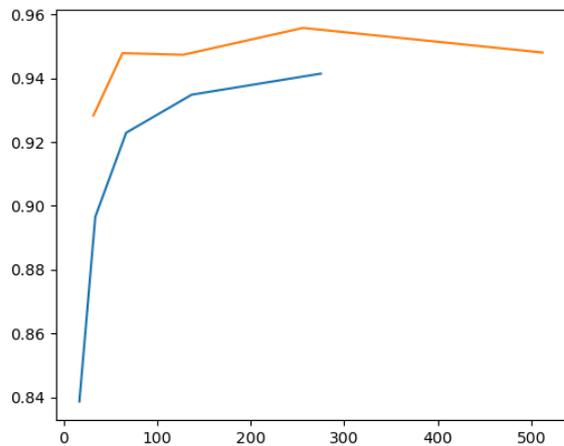
実験1 (Delicious) では、ノード数を増加させた場合、通常のNNモデルに比べて精度大きく低下することが確認された。しかし、実験2 (MNIST) では、ノード数が多くなるにつれて、高速化を適用したNNモデルの劣化が小さくなることが分かった。これは、活性があるノードの数とモデルの精度の関係が影響していると考えられる。

下図を見ると、活性ありのノードが増えると、モデルの精度が上がり、ノード数が増えるにつれて上がり幅は小さくなっていくことがわかる。



横軸:中間層のノード数 縦軸:MNISTでの正答率

ハッシュ関数を適用したモデルは、活性ありのノードが通常のモデルに比べて少ない。そのため、少しのノード数の増加で大きな精度の変化がみられる。しかし、通常のモデルはもともと活性のあるニューロンが多いため、ノード数が増加するとハッシュ関数を適用したモデルが追いつく、ということが発生すると考えられる。



グレー:通常のモデル 黒:高速化したモデル
縦軸:テストデータでの正答率 横軸:活性のあるノード数

4. 2 データセットの違いによる考察

中間層のニューロン数が64個の場合、マルチラベル分類のデータセットであるDeliciousを用いた実験1では高速化した時のモデルと通常のモデルとの精度の差は見られず、一方でシングルラベル分類のデータセットであるMNISTを用いた実験2では顕著な差が見られた。これは、データセットの種類によって中間層のニューロン数がモデルの性能に与える影響が異なることを示している。

4. 2. 1 シングルラベル分類とは

シングルラベル分類は、入力データが一つのクラスにのみ属する分類問題で、例えば画像認識やテキスト分類などによく使われる。つまり、一つの入力につき、ただ一つの正解が存在する分類問題である。

4. 2. 2 マルチラベル分類とは

マルチラベル分類とは、入力データが複数のクラスに属する分類問題である。その複数存在する正解のうち、どれか一つでも充てることができれば正解とみなされる。そのため、ハッシュ関数の精度による演算されるニューロン数の変化の影響を受けにくいと考えられる。

4. 2. 3 データセットの違いから分かること

マルチラベル分類のモデルでは、複数の正解のうちどれか一つでも当てることができれば良いため、正確さよりも広い範囲での予測が求められる。一方、シングルラベル分類のモデルでは、一つの正解のラベルを当てるため、比較的繊細で正確な予測が求められる。

したがって、データセットの種類によって中間層のニューロン数がモデルの性能に与える影響が異なり、シングルラベル分類とマルチラベル分類が結果の差を生み出すことが考えられる。

5. 結論

ハッシュ関数を用いた高速化の有用性は、中間層が二層以上の場合やシングルラベル分類を行った場合には見られなかった。一方中間層が一層かつ中間層のノード数が少ない時やマルチラベル分類を行った場合には高速化の有用性は見られた。

6. 今後の課題・展望

他のモデルやデータセットを用いて実験を行うことで、条件の成立を確認していきたいと考える。

7. 参考文献

高校数学からはじめるディープラーニング

初歩からわかる人工知能が働くしくみ

(金丸 隆志, 講談社, 2020.4.16発行)

論文: In Defense of Smart Algorithms over Hardware Acceleration for Large-Scale Deep Learning Systems

(最終確認: 2022/09/16)

<https://udemy.benesse.co.jp/data-science/ai/neural-network.html>

8. 用語解説

8. 1 機械学習

機械学習は、データからパターンを学習し、未知のデータに対する予測や分類を行う人工知能の一種である。学習モデルを構築するために、データの特徴を抽出し、それらを組み合わせる。教師あり学習、教師なし学習、強化学習などのアルゴリズムがある。今回の実験では、教師あり学習を用いている。

8. 2 人工ニューロン

人工ニューロンは、人工知能や機械学習で使用される、神経細胞を模した数学的モデルであり、入力を受け取り、重み付けして加算し、活性化関数を通して出力信号を生成する。複数の人工ニューロンを組み合わせ、入力データからパターンを学習することができる。

8. 3 ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークは、人工ニューロンを組み合わせた数学的なモデルであり、機械学習や人工知能の分野で広く使用されている。入力データを処理し、階層的な構造を持つ多数のニューロン層を通して出力を生成する。重み付けと学習アルゴリズムにより、ニューラルネットワークはデータから特徴を学習することができる。

8. 4 ハッシュ関数

さまざまなデータの中から、類似度の高いものを高速に取り出し、出力する関数である。この研究ではニューラルネットワークにおいて、活性の高いニューロンを取り出すのに使用している。

発表ポスター集（日本語）



ヤマトシロアリの認識因子の 効果と食性との相関

上坂太駈 小島康平 鶴菌優月 野澤彰範 羽賀匠海

要約

ヤマトシロアリの共喰い行動における死体認識因子の性質について調べた。シロアリの食べる木種と因子の効果には相関があるということ、シロアリの栄養状態と因子の効果には相関があるということが分かった。これらのことから、因子の正体について考察をした。

ヤマトシロアリについて

ゴキブリ目ミゾガシラシロアリ科 / *Reticulitermes speratus*

分布： 日本のほぼ全域に生息
生息地： 高湿な日陰を好む
朽ち木の内部などに巣を形成
(実験個体は近江神宮裏山で採取)

食性： 特殊な消化酵素でセルロースを分解可能
⇒木材を食べることができる

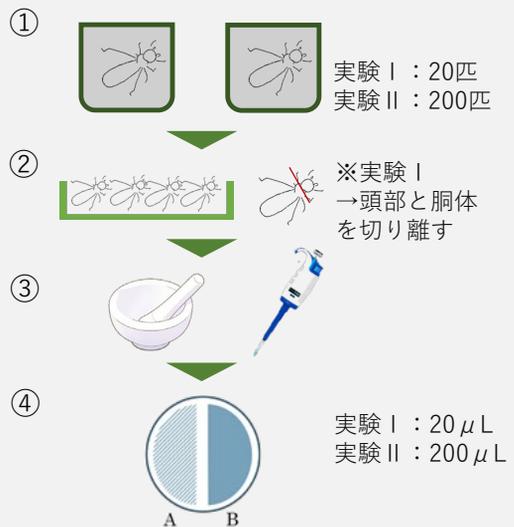
共喰い行動： 体表面の外傷個体への共喰い行動
飢餓状態が長いほど起こりやすい



ヤマトシロアリ
体長 (ワーカー)
…4 ~ 5 mm

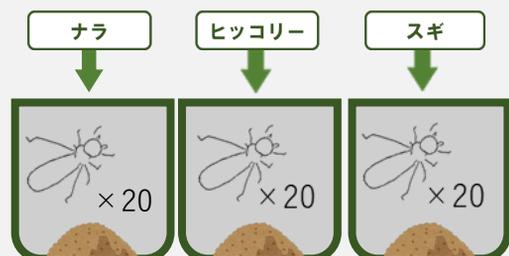
実験の流れ

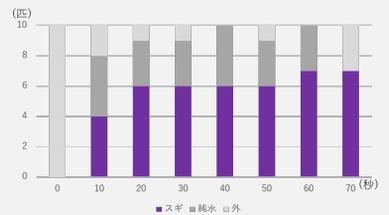
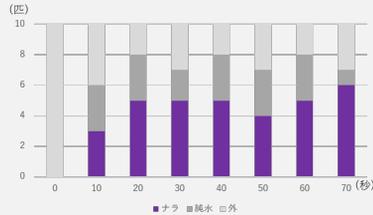
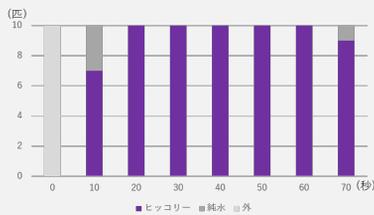
- ①それぞれの実験条件下で飼育
- ②その中から無作為に取り出す
- ③純水を加えてすりつぶす
- ④純水と作った混合液を濾紙に滴下し
どちら側に何匹引き寄せられたかを記録



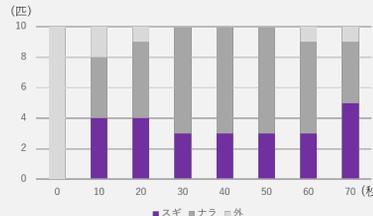
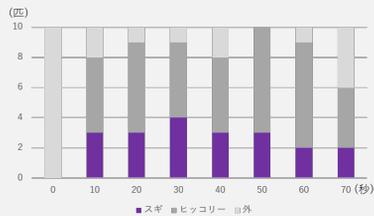
実験 I

- ◎食性との相関
木材の種類 (スギ、ヒッコリー、ナラ) によって効果に差異が生まれるのか？
- ・各木材と純水
 - ・ナラ - スギ
 - ヒッコリー - スギ を調査





⇒どの木種においても腹部中の因子が誘引効果を示している。



左	右
○スギ	純水
○ナラ	純水
○ヒッコリー	純水
スギ	◎ナラ
スギ	◎ヒッコリー

ナラ・ヒッコリー...活発に行動
スギ...衰弱 一部死亡

⇒木種によって効果に差が生まれる。

考察

⇒シロアリの栄養状態が悪くなるほど効果が小さくなる？

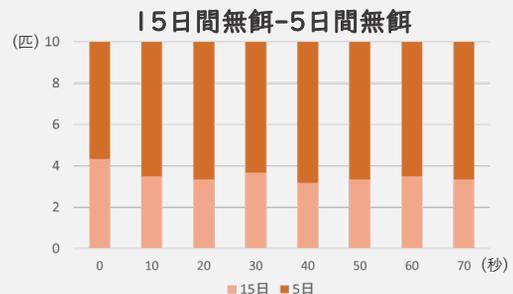
実験Ⅱ

実験①の考察より、シロアリの飢餓環境と効果との相関について調べた。

1. 15日間無餌環境
2. 5日間無餌環境

において飼育したシロアリの効果を比較した。

⇒飢餓状態が長いほど効果は減衰する



考察

ヤマトシロアリの死体認識因子…確かな同定はされていない。

(cf.ハイドロキノン：リグニンの代謝産物・不揮発性物質)

因子の性質について

- ・効果が持続している ⇒ 因子は不揮発性をもつのでは。
- ・飢餓状態が長いほど効果が減衰 ⇒ 因子と代謝の働きには関係があるのでは。

今後の展望

- ・物質の不揮発性についてより正確な検証
⇒クロマトグラフィーなどの化学的な分析
- ・因子と代謝の関係についてより詳細な検証
⇒木質成分（セルロース・リグニンなど）のみにおける条件
⇒リグニンの消化メカニズムについて調査
⇒ハイドロキノンの化学的性質について調査

▶ ヤマトシロアリの共喰いにおける死体認識因子の正体を探る。

参考文献

- ・吉村剛ら 2012 シロアリの事典 海青社
- ・日本木材学会 2010 木質の化学 文永堂出版
- ・川田俊成ら 2021 木材の化学 海青社
- ・西本孝一 シロアリの捕食行動 https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/13/4/13_4_215/_pdf-char/ia
最終アクセス日2022/9/14 18:34
- ・中川木材産業株式会社 |平井信二先生の樹木研究|8-樹木|木の情報発信基地 <https://wood.co.jp/8-jumoku/hirai/hirai65.html>
最終アクセス日2022/9/15 19:01
- ・山中康知 ヤマトシロアリにおける人為的外傷に起因する共食い行動の解析
<https://repository.nihon-u.ac.jp/xmlui/bitstream/handle/11263/1621/Yamanaka-Yasuyuki-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
最終アクセス日2022/1/16 16:50
- ・平成25年度理数科課題研究 「シロアリのフェロモンに関する研究」
- ・平成31年度理数科課題研究 「アミメアリの死体認識因子の特定」
- ・令和3年度理数科課題研究 「ヤマトシロアリの共喰い行動について」

両生類の体表面粘液の抗菌効果の研究



滋賀県立膳所高等学校2年9組 課題研究2班

岡柚月 柴田怜音 福山心結 藤田仁菜 山中俊輝

要約

アカハライモリに刺激を与えて培地に背面を押し付けた。その結果、刺激を与えなかったイモリの培地より刺激を与えたイモリの培地の方が、菌の生育が少なかった。このことから、刺激によってイモリの体表面から毒が分泌され、菌の繁殖が抑えられたと考えた。



序論

両生類の中には、毒性を持つ分泌物を出すものがある。彼らは細菌などから脆弱な皮膚を守るために毒を出していると考えられている。このことから、両生類の毒には一定の抗菌効果があるのではないかと考え、その真偽を明らかにすることにした。

実験対象にアカハライモリ
Cynops pyrrhogaster を選出



捕獲場所：京都府丹波山地溪谷

餌：ミミズ アカムシ さし虫

体長：10cm前後

性質：体表面にテトロドトキシンという毒を持つ



研究方法

実験1・2・3として以下の実験を実施

- ①寒天培地を作成
- ②対象を刺激を与えるグループAと与えないグループBに二分
- ③グループAのイモリの背面に柄付き針で100回細かな刺激を与え、寒天培地に押し当て、全体に擦り付ける
- ④グループBのイモリの背面を寒天培地に押し当て、全体に擦り付ける
- ⑤37°Cで培養し、2日後、結果を比較

※ただし実験2では都合上1日後に観察

A



×100

B



培養



結果・考察

室温…13.0~15.0°C
湿度…30~35%
水温…9.0~11.0°C

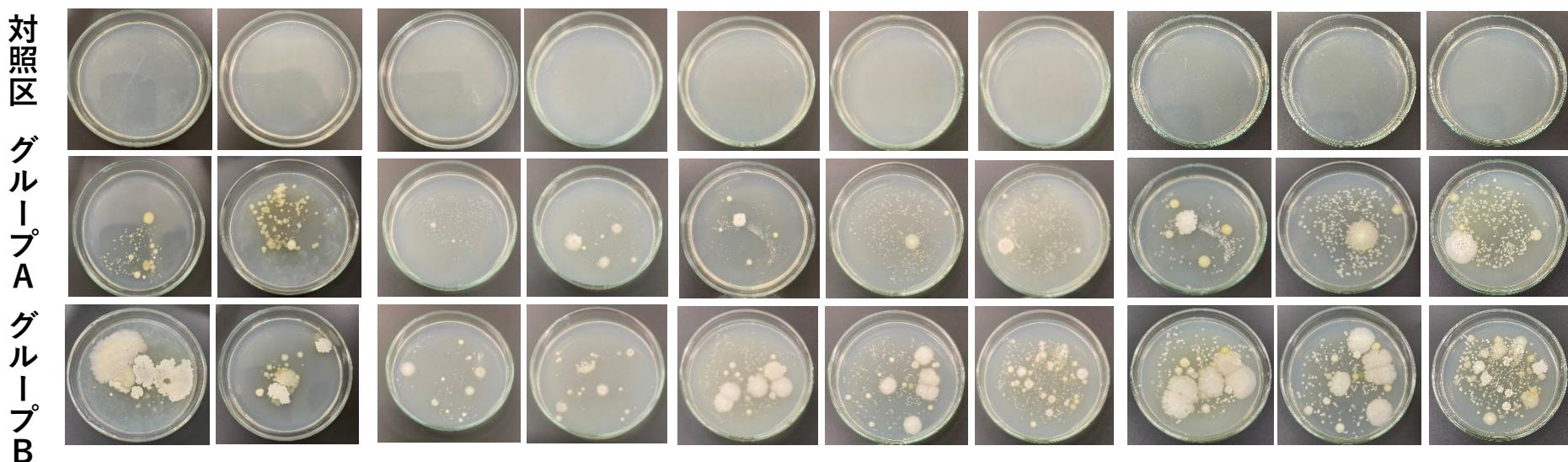
	実験1	実験2	実験3
対照区	2	3	6
グループA	2	3	5
グループB	2	2	4

実験1

実験2

実験3 (1日目)

実験3 (2日目)



対照区 … 菌の生育なし
グループA (刺激あり) … 淡黄色の菌が生育
グループB (刺激なし) … 淡黄色の菌に加え白い菌が生育
グループAに比べ生育が盛ん

刺激によって毒が分泌され、白い菌が一部除去・全体的に繁殖が抑制された
淡黄色の菌はイモリの体表面に常在している と考えられる。

結論

両生類は体表面に繁殖力の強い菌を宿すことで、他の菌の感染を防いでいる。
強い刺激を受けたとき毒を分泌し天敵を撃退したり宿している菌以上の
繁殖力をもつ菌を除去したりしている。

今後の展望

- ・ 菌の性質の調査
- ・ 別の刺激を与える実験
- ・ 別の両生類で実験

参考文献

- ・ 石田正彦, 2019年, 「『アマガエル』の『毒』に要注意」
<https://news.yahoo.co.jp/byline/ishidamasahiko/20190606-00129034>
- ・ こめやん, 2020年, 「LB培地とは? 大腸菌培養に! 組成や作り方, 特徴」
[LB培地とは? 大腸菌培養に! 組成や作り方, 特徴 | ネットdeカガク \(netdekagaku.com\)](http://netdekagaku.com)
- ・ 「無菌操作と培地の作り方マニュアル」
[無菌操作のマニュアルと注意 \(ehime-u.ac.jp\)](http://ehime-u.ac.jp)
- ・ たらこや明太子の接種で, 標準寒天培地に黄色菌集落
<http://www.kanazawa-med.ac.jp/~kansen/situmon/mentaiko.html>

色素増感太陽電池の紫外線領域での発電について



化学3班

蟹谷 唯斗 小上馬 良浩 高塚 日和 竹田 京美 田中 優菜

要約

私たちは、近年注目を集めている環境問題の改善策の一つである、クリーンなエネルギーを生み出すことに興味を持ち、色素増感太陽電池に注目した。この電池は有機太陽電池の一つであり、光を吸収する色素が、電子を放出することで電気が生成される。これまでの電池には赤外線と可視光を照射していたが、現在使用されていない紫外線を用いれば更なる発電の向上につながると考えた。電池に紫外線を照射して実験を行った結果、電流が流れた。

はじめに（色素増感太陽電池の仕組み）

- ①色素が光を吸収してエネルギーを蓄える。
- ②電子は酸化チタン多孔質膜に注入され、酸化チタンの伝導帯を通り透明電極、外部回路を流れて対極へ流れる。
- ③その後、電子は対極表面付近で電解液中の三ヨウ化物イオンを、ヨウ化物イオンに還元する。
- ④ヨウ化物イオンが色素を還元する。（①～④を繰り返す）

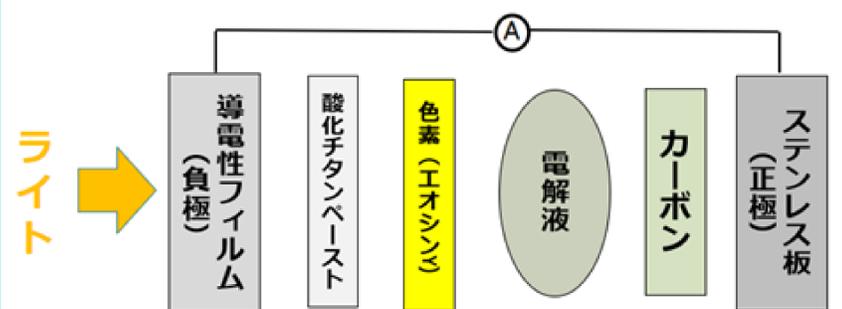
予備実験

《実験道具》

- ・酸化チタンペースト
- ・導電性フィルム（陰極）
- ・セロハンテープ
- ・ステンレス板（陽極）
- ・クリップ
- ・ワニ口クリップ
- ・電解液
- ・色素溶液（エオシンY）
- ・ライト



実験で作成した電池の仕組み



結果

発電することができた。

電流	電圧
3.2mA	0.45V

※電流値、電圧値ともに安定

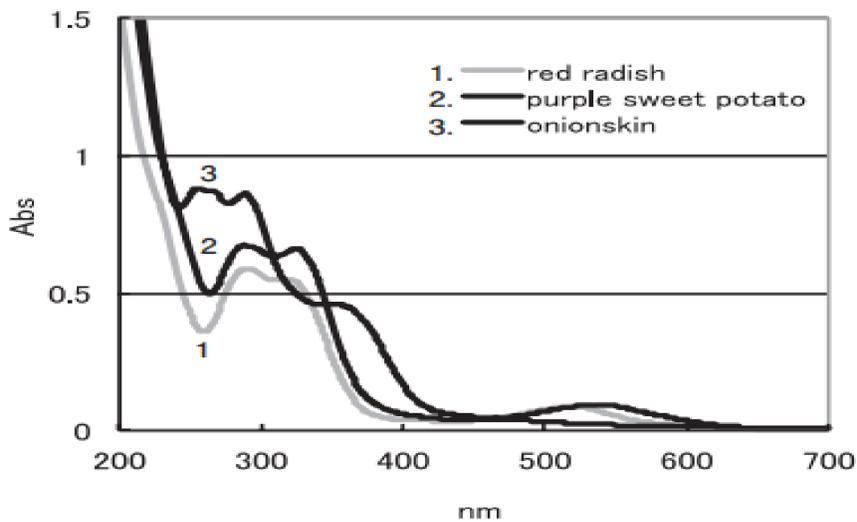
仮説

色素を紫外線を吸収するものに置き換えれば、紫外線領域でも発電することができるのか？

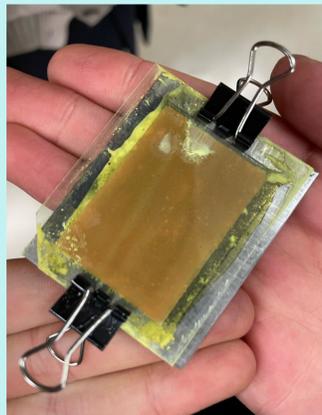
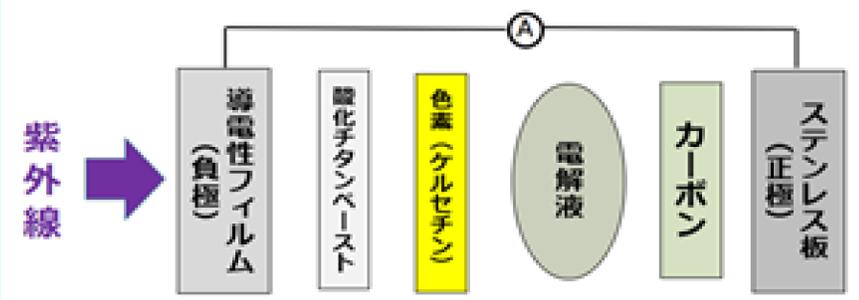
《実験方法》

- ①導電性フィルムに酸化チタンペーストを塗り、キット付属の色素（エオシンY）を吸着する。
- ②ステンレス板と導電性フィルムを貼り合わせ、ライトを照射する。

色素について



<https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf>
今回用いたUVライトの波長...**365nm**



実験内容

予備実験で用いた実験道具のうち、色素をケルセチンに、光を紫外線に変更した。
また、色素を吸着させない電池も作成し、結果が色素によるものであることを確認した。
安全のため紫外線を外に出さない工夫をした。

結果(色素あり)

電流	電圧
0.17mA	0.53V

※電流値、電圧値ともに安定

結果(色素なし)

電流	電圧
0mA	0.10V

※電流値、電圧値ともに不安定

考察

色素を吸着させた電池は、色素を吸着させなかった電池よりも大きな電流と電圧を取り出すことができた。
また、紫外線を吸収する色素を用いることで、発電量が増え、紫外線領域でも発電が可能となった。電池の制作方法の工夫次第で、さらに発電量を増やすことができ、より実用的な発電が可能になるはずだ。

結論

色素なしの電池よりも、色素ありの電池の方がより大きな電流、電圧が発生した。
→紫外線を吸収する色素を用いることで、紫外線領域でも発電することができる。

課題と展望

- ・色素や溶媒の工夫をして、紫外線領域における発電量の向上に努める。
- ・様々な波長の光を吸収する色素を組み合わせ、カクテル型太陽電池や、タンデム型太陽電池を作成する。

参考文献

- 1)色素増感太陽電池の仕組みーペクセル・テクノロジーズ
<http://www.peccell.com/shikiso.html> (最終閲覧日2023/2/3)
- 2)色素増感太陽電池 実験キット
<http://www.peccell.com/products/PEC-TOM02/> (最終閲覧日2023/2/3)
- 3)小林 優子, 鈴木 恒夫「フラボノイド系植物色素染色布の紫外線遮蔽性能」
<https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf> (最終閲覧日2023/2/3)

要約

船体の傾きによって軌道がどのように変化するのかに興味を持った。そこで船体の模型と発射装置を作成し実験を行った。その結果、重りを載せていないほうに旋回し二次関数的な軌道を描いた。

動機

船を旋回させるとき、旋回させる方向と逆向きに舵をきると旋回性能が向上する。そこで舵がない場合でも船体を傾けることで、旋回性能に差が出るのかについて明らかにするため、船体の傾斜ごとの軌道を実験によって調べることにした。

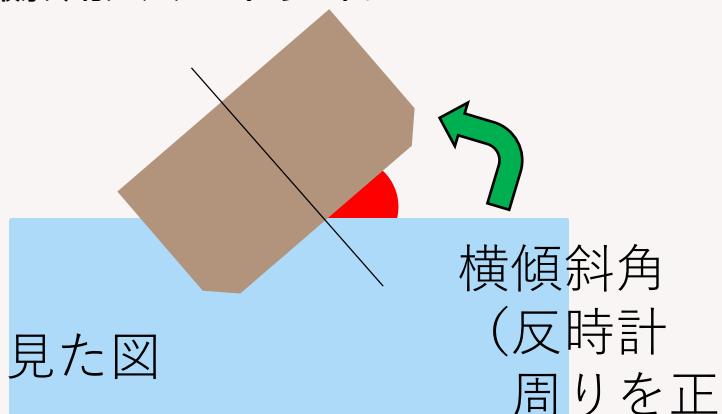
仮説

- ・近似曲線は先行研究で多く見られる渦巻線となる。
- ・横傾斜角 θ の絶対値の増加に伴って、より内側に軌道を描く。
(内側…船体を傾ける方向と逆側とし、 $0^\circ \leq |\theta| \leq |$ (転覆しない最大角) $^\circ |$ とする。)

実験

[準備物]

- ・木製のボート模型 (約1/12模型)
- ・ビニールプール (底に5cm間隔の目盛) (145×90×50 (cm))
- ・発射装置 (ガラス板、木の板、輪ゴム (幅5mm))
- ・おもり (あぶら粘土)
- ・撮影用スマートフォン



【実際のボート】



【用いた模型】



	木製模型	木製ボート
全長[mm]	310	3560
全幅[mm]	64	800
高さ[mm]	26	310
重量[kg]	0.060	18

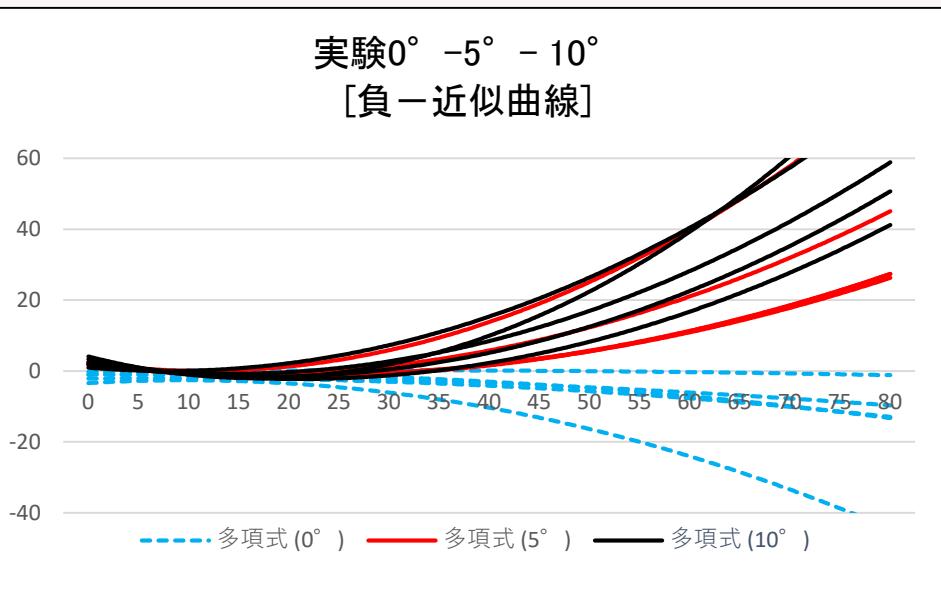
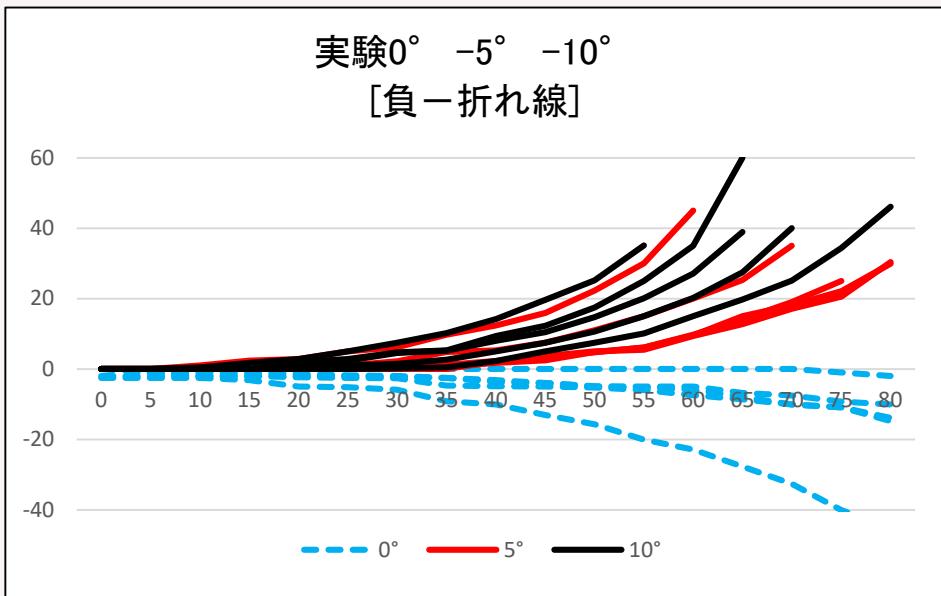
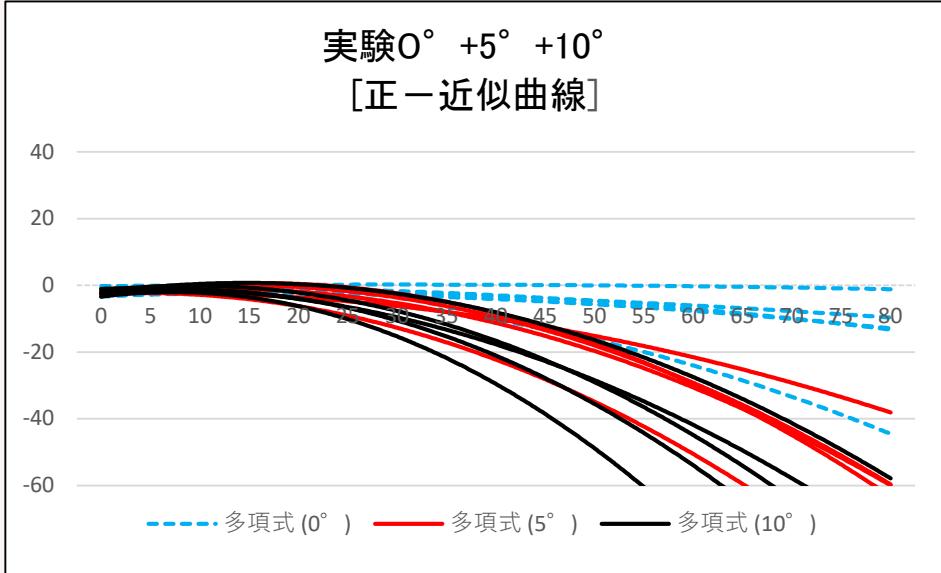
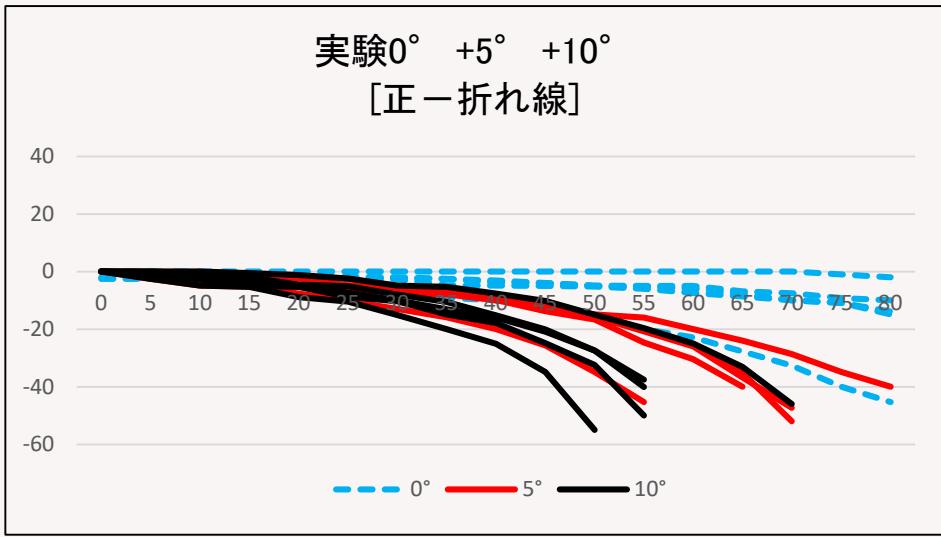
[実験方法]

- ①室内でビニールプールに水を張り (水深5cm)、底に発射装置を固定する。
- ②模型の横傾斜角が $0^\circ, \pm 5^\circ, \pm 10^\circ$ となるよう左右におもりを載せ、模型を発射装置に固定する。
- ③模型を発射し、真上から旋回航跡を撮影する。
- ④撮影した動画から軌跡を読み取り、横傾斜角ごとの軌道をグラフ (折れ線・近似曲線) に表す。

本研究では、②～④を各々5回行った。

結果

得られた折れ線グラフ、近似曲線を次に示す。グラフは順に、横傾斜角が正のときの折れ線、正のときの近似曲線、負のときの折れ線、負のときの近似曲線である。



考察

- ・軌道の近似曲線は、仮説で考えた渦巻とはならず、二次関数となった。発射する模型に初速しか与えていなかったことで、水の抵抗が小さくなったことが要因だと考えられる。
- ・横傾斜角 $|\theta|$ の増加に伴い軌道はより内側を描く。ただ、一定の割合で内側へ旋回するとは言い難い。
- ・船体が傾斜させた方向と逆側に旋回する理由に、「加速度の大きさは物体の質量に反比例する」という運動の法則が関係していると考えられる。模型の左半分と右半分で速度差が生まれ、減速しやすい軽い側（おもりを載せていない側）を中心に回転する力が働いているのではないかと。

今後の展望

- ・約 1/12スケールの模型を扱ったため、水の抵抗や粘性の面で実際の大きさの船の旋回航跡と差がある。水以外の液体を用いて粘性条件を変えた実験を行う必要がある。
- ・得られた軌道が、先行研究で多く見られた渦巻線のようなならなかった要因に、模型に初速しか与えていなかったことが考えられる。一定の速度で進む装置を作り、軌道の変化を調べたい。
- ・この研究を進めることで横傾斜を原因とする転覆事故の防止へ繋げたい。

参考文献

- ・作野峻哉、安川宏紀、芳村康男：横傾斜状態で航行する船の操縦性能、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第25号、(2017)

https://researchmap.jp/ship_yoshimura/misc/23283241/attachment_file.pdf

(最終閲覧日 2023年1月19日)

- ・木製2馬力ボート コバヤシ

<http://wooden-boat-kobayashi.com/>

(最終閲覧日 2023年1月19日)

矢羽根の枚数や傾きによる矢の軌道の変化



音居 大河 小峠 拓海 仲宗根 真生 中山 温人 安井 真央

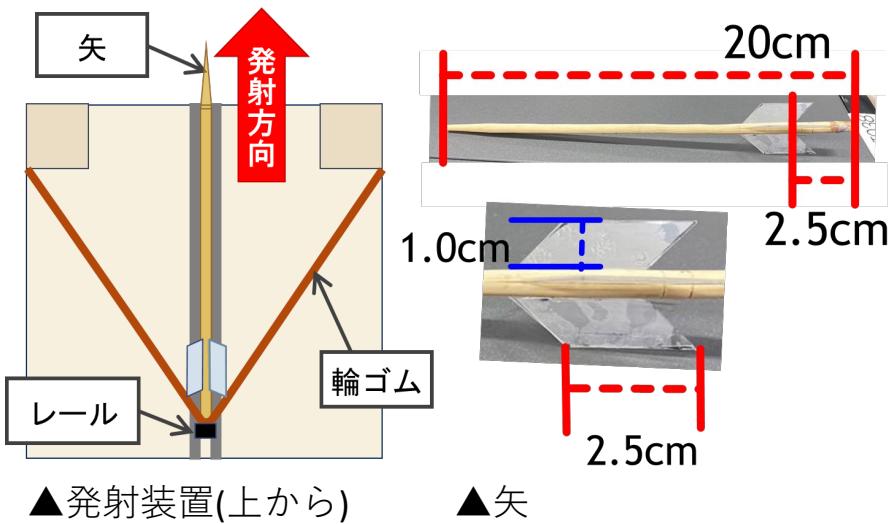
要約

今日世界で使われている矢の矢羽根は3枚でその形状も似ている理由を実験で明らかにしようとした。その結果、矢羽根の枚数が3枚のとき、矢の軌道が安定し、矢羽根にある程度傾きがある方が矢の軌道が安定することが分かった。

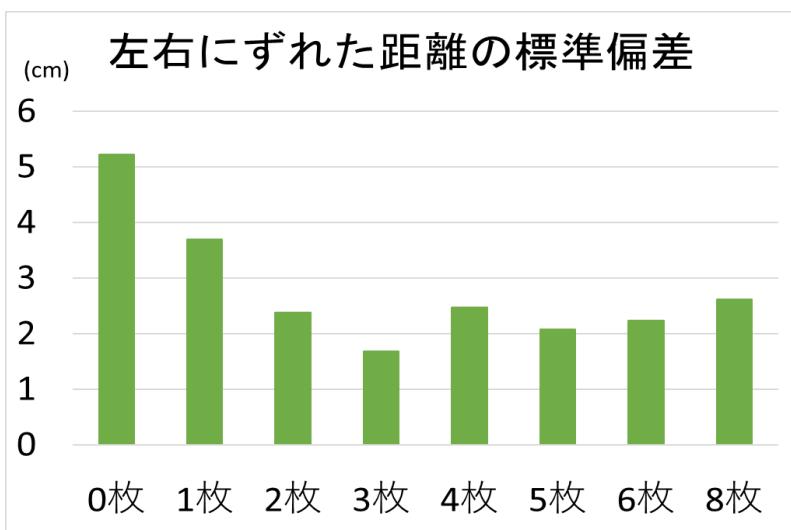
実験①

目的： 矢羽根の枚数を変えたときの、矢の水平方向のばらつきを調べる。

方法： 図のような実験装置を作成した。矢羽根の枚数が0~6, 8枚の矢をそれぞれ20回ずつ発射し、発射位置から左右にずれた距離を測定した。



結果： 左右にずれた距離の標準偏差は矢羽根の枚数が3~5枚周辺のとくに小さくなる傾向にある。

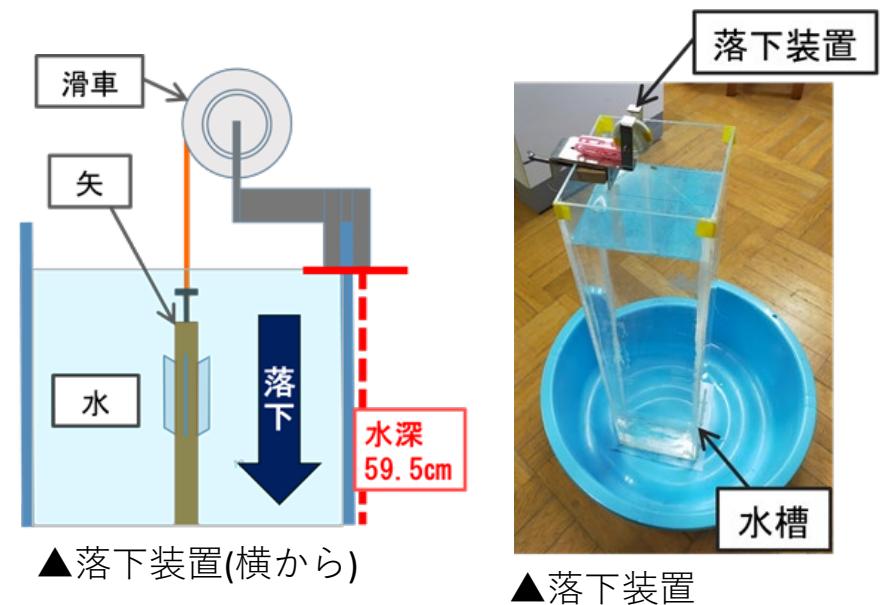


考察： 矢羽根の枚数が3~5枚周辺の矢の水平方向のばらつきは小さくなり、軌道が安定すると考えられる。また、結果にあまり差が生まれなかったのは発射速度が速すぎたからだと考えられる。

実験②

目的： 矢羽根の枚数を変えたときの、矢が受ける抵抗を調べる。

方法： 図のような縦長の水槽を用いて、水中で矢羽根の落下時間を測定した。矢羽根の枚数が3~5枚の矢を2本ずつ用意し、それぞれ10回ずつ落下させた。



結果： 3枚羽根の矢は、4枚羽根・5枚羽根の矢よりも落下にかかる時間が短い。

落下時間(s)	3枚	4枚	5枚
平均値	1.266	1.292	1.290

▲矢の落下時間

考察： 矢羽根の枚数が3枚のとき、矢が受ける抵抗は4枚羽根・5枚羽根の矢よりも小さいと考えられる。このことから、矢を発射する際に4枚羽根・5枚羽根の矢よりも3枚羽根の方が速度が速くなり、外的影響を受けにくいため、安定した軌道になると考えられる。

実験③

目的：矢の回転によって矢の運動にどのような変化があるか調べる。

方法：矢の回転の影響を調べるため、矢羽根に傾きのあるものと傾きがないものをそれぞれ3本ずつ、合計6本用意した。(試行回数：10回ずつ)

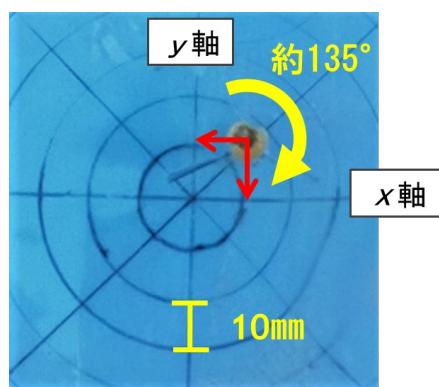
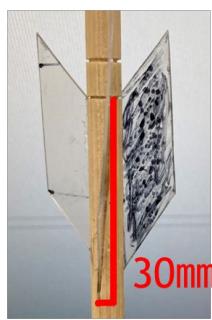
実験②同様、縦に長い水槽を用いて水中で矢を落下させる。矢が水に沈むように、矢の先端には重り(ナット)を取り付けた。水槽の下に的を置き、それぞれ落下位置を測定した。

測定では、ImageJを用いて画像処理を行った。

矢羽根の傾き

無し

有り

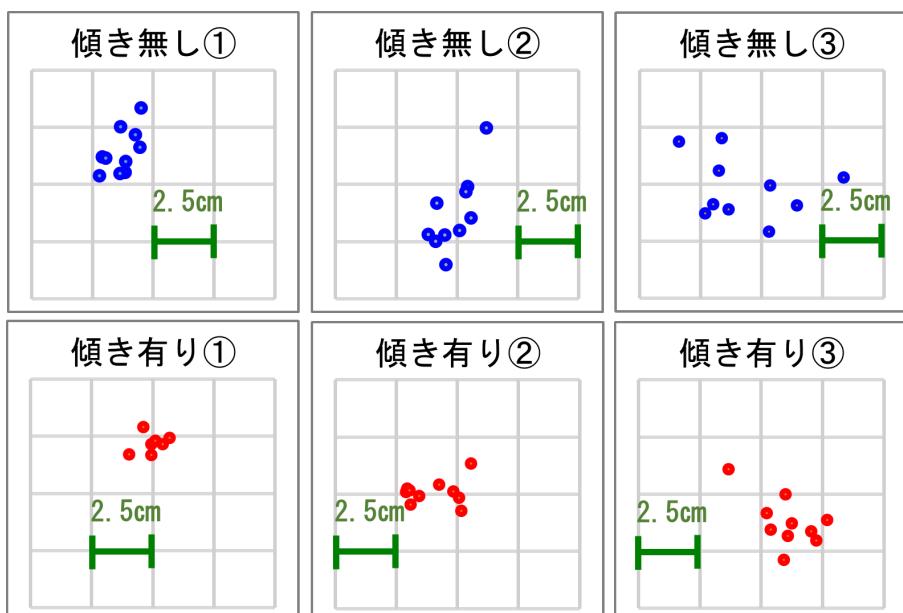


▲測定方法(上から)

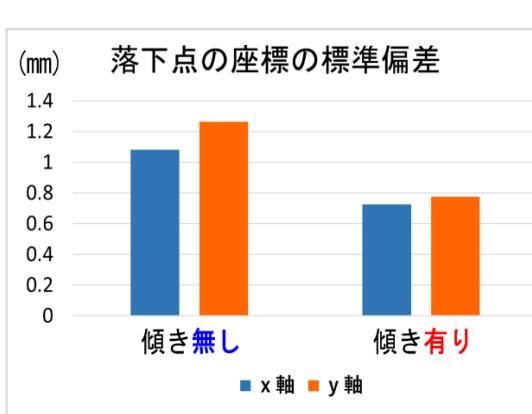
▲矢羽根の種類

矢羽根の傾きなしの矢は回転せずそのまま落下し、傾きありの矢は約135°時計回りに回転しながら落下したことが確認できた。また、落下させてから水槽の底に到達するまでの時間はどの矢もほぼ等しくなっていた。

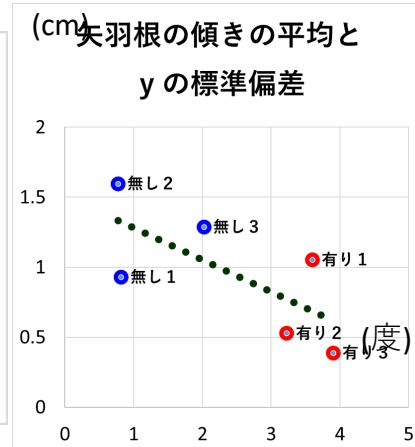
結果：矢の落下位置のばらつきは、傾きのない矢羽根の方が、傾きのある矢羽根よりも大きかった。



▲矢羽根の落下位置



▲図1



▲図2

考察：矢羽根の落下地点のばらつきは、傾きのない矢羽根の方が、傾きのある矢羽根よりもばらつきが大きかった。このことから、矢羽根が回転する方が、軌道が安定すると考えられる。

個々の矢羽根の傾きと落下位置のばらつきの関係は図2のようになり、傾きが大きいほどばらつきが小さくなる。ただし、矢羽根の傾きを大きくすると、その分矢羽根にかかる抵抗も大きくなるため、矢の速さが遅くなる可能性がある。

結論

矢羽根の枚数と角度は矢の軌道の安定に明確に影響を与える。また、回転する方が矢の軌道が安定することも分かった。さらに、比較的軌道が安定している3、4、5枚羽根の矢の中でも3枚羽根の矢は受ける抵抗が小さく速いことが分かった。この速さも軌道の安定において重要な要素の1つである。これらのことから、矢羽根の枚数は3枚が最も適していると考えられる。

今後の展望

- 矢の軌道が最も安定する矢羽根の角度を調べる
- 矢羽根の枚数による矢の回転の変化を調べる
- 矢羽根の枚数ごとの最適な矢羽根の傾きを探る

参考文献

矢の基礎知識 - 刀剣ワールド

<https://www.touken-world.jp> 9/15

矢羽根の形状と飛び方の変化

<https://uwajimahigashi-h.esnet.ed.jp> 9/15

アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究 平野孝典

<https://takushoku-u.repo.nii.ac.jp> > ... 9/15

要約

人工的な虹を作り出す道具として、虹スクリーンというものがある。私たちはその虹スクリーンを観察していくにつれ、奇妙な現象を発見し、それを「唸虹」と名付けた。

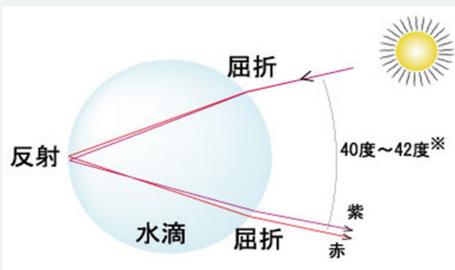
本研究ではこの唸虹の移動を明らかにするために観測者の位置を固定して、光源の位置を変化させる実験を行い、虹スクリーンと平行に動かしたときに大きく依存していることがわかった。

導入・先行研究

虹スクリーンとは、虹を作るために必要な水滴の代わりに、微小なガラスの球を用いてそれを板に貼り付けたものである。虹スクリーンは点光源でも虹を作ることができる。

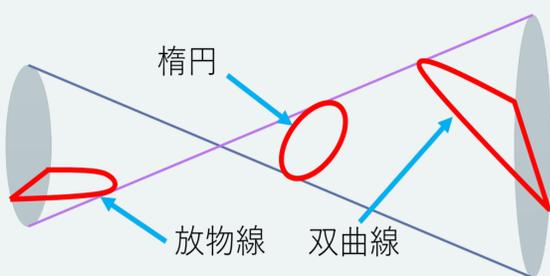
私たちは、実験をするにあたって、自然界にできる虹の仕組みについて調べた。

自然界の虹は太陽光の一部が水滴の中で反射し、再び屈折して出ることで見えている。また、光の波長の屈折率の違いによって、七色に見えている。



<http://www.c-task.co.jp/niji-screen.html>

右の図の赤線のような、放物線、楕円、双曲線といった二次曲線の虹ができることが先行研究でわかっている。



しかし、私たちは虹スクリーンでしか見られない、三次関数的な虹を見つけた。この虹を私たちは、「唸虹」と名付けた。唸虹の移動を解明することを目的とした。

今回は、この唸虹の極小値（以下極値とする）をP点として、P点の移動を観察した。

予備実験

予備実験 結果



光源は点光源なので光の当てる角度によって虹の形は影響しない。

観測者の位置を変えないので観測者の角度は虹の形に影響しない。

観測者と光源を平行移動させても虹の形に影響しない。

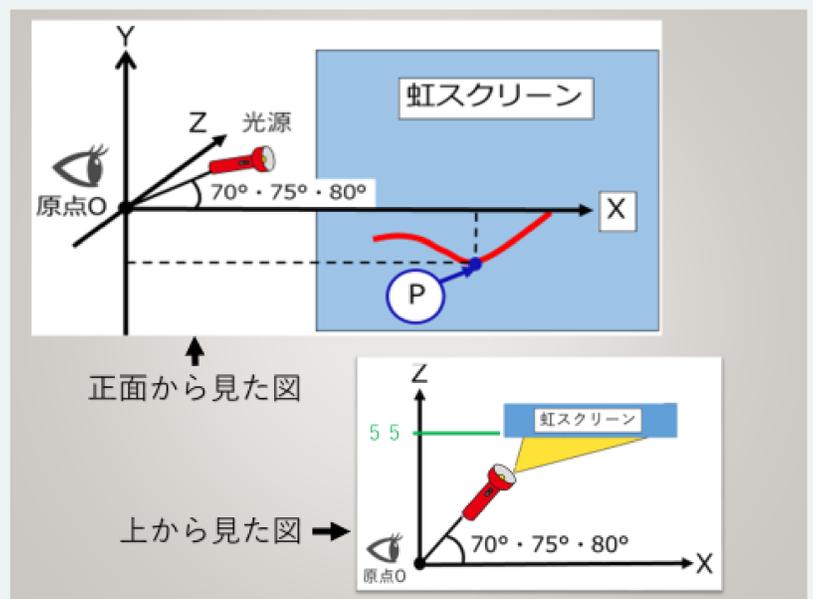
私たちは本実験を行うにあたって何が虹の形に影響しないのか調べた。左図のような結果が得られた。

実験方法

今回の実験において、観測者はiPhone、光源は400lumenの白色懐中電灯を用いて、高さ、角度などの調節は物理室にあったスタンドを用いた。観測者の位置を原点として、X、Y、Z軸をとる。虹スクリーンをXY平面に平行でZ = 55cmのところに置いた。

実験ⅠⅡにおいて、観測者 (iPhone) と、虹スクリーンは固定した。

実験Ⅰ

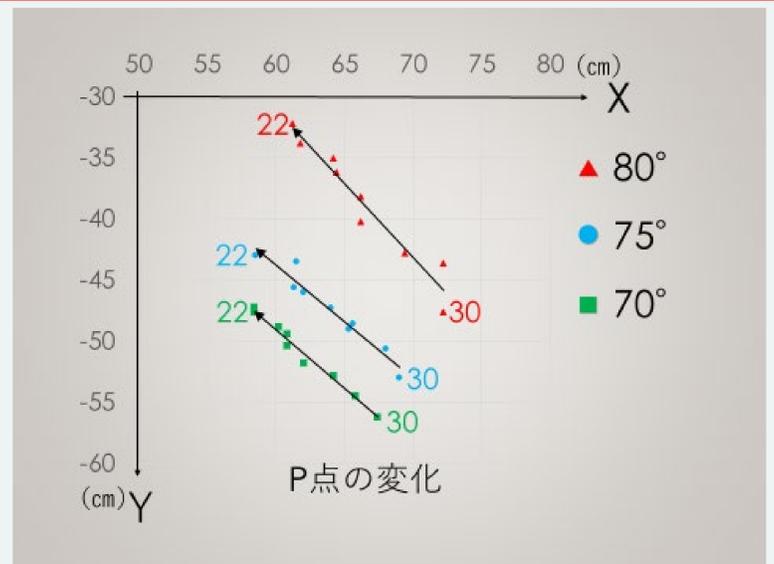


実験Ⅰとして、光源の角度を変えて、P点の変化を調べた。まず、光源の角度を80度に固定して、光源を原点から30,29,28,,,22cmまで移動させ、記録をとった。なお、21cm以降は極値がとれない、三次関数的な唸虹が観測できた。

この操作を5回行い、平均をとった。

同様にして、光源の角度が75,70度の時に行った。

結果Ⅰ



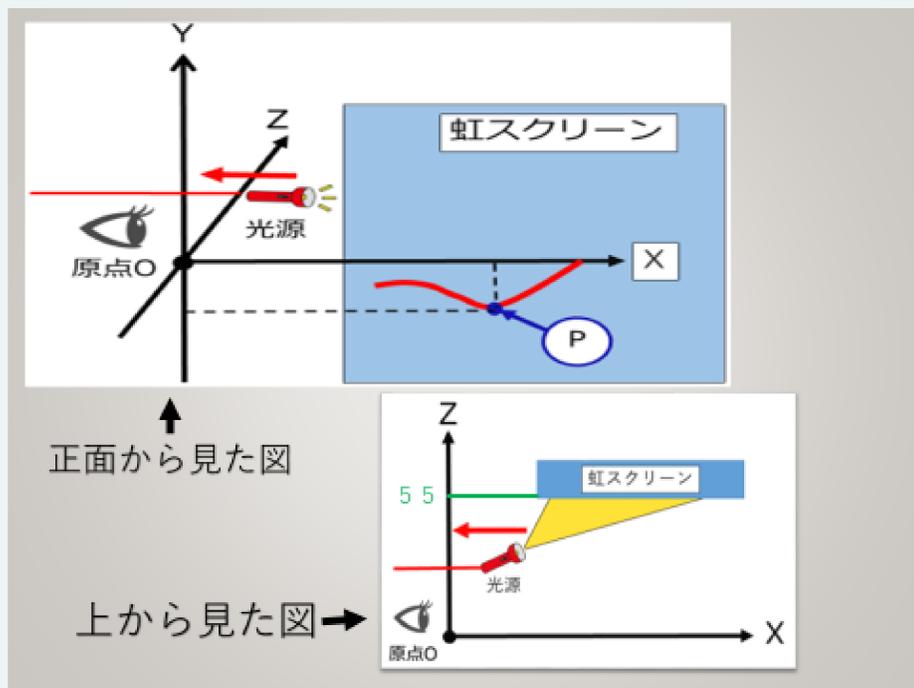
この結果の図は、虹スクリーンを正面から見たときのP点の変化を表している。

この結果より、それぞれの角度で、同じような変化の傾きが得られた。その直線が左下へ移っていっていることが読み取れる。

同じように角度を小さくしていくと、P点の変化の直線がどんどん左下へ移動すると推測した。

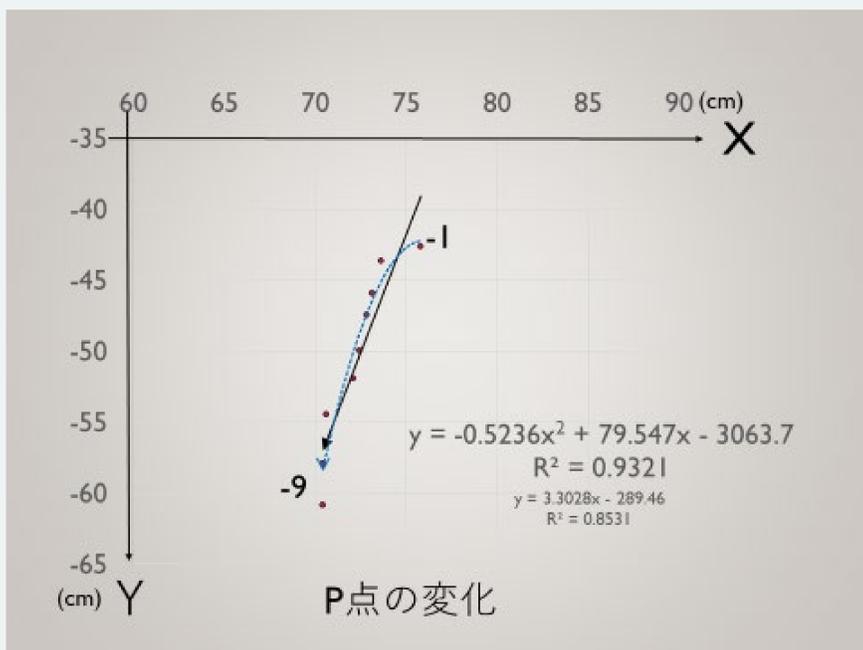
実験Ⅱ

実験Ⅰを行っている中で、X軸、つまり虹スクリーンと平行な方向に光源を動かすと、P点の位置が大きく変化していると感じたことから、実験Ⅱを行った。



実験Ⅰと同様の実験装置を用いた。Z=30上でX軸と平行に光源をX=-1,-2,-3,...,-9cmと動かしていき、P点の座標をとった。なお、-9cm以降は、虹スクリーンの大きさの関係上、極値がとれなかった。この操作を8回行い、それぞれ平均をとった。

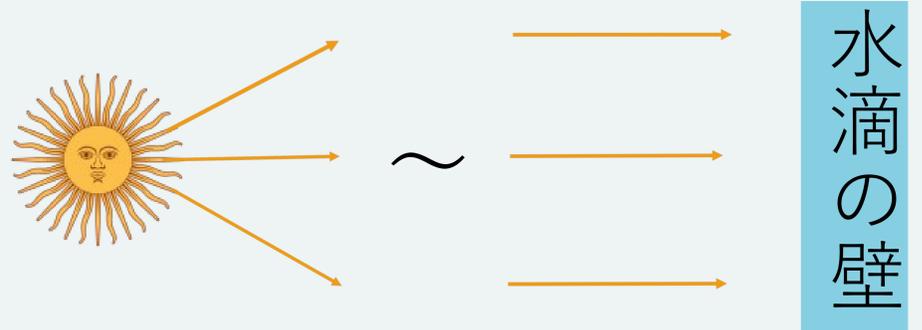
結果Ⅱ



実験Ⅰと同様に、虹スクリーンを正面から見たときのP点の変化を表している。P点はXの値が小さくなるにつれて、Yの値がかなり小さくなっていることが読み取れる。したがって、光源が観測者から遠くなるにつれて、P点は左下へと移動していくことがわかった。

考察

懐中電灯は広がりを持って光を出す、拡散光源である。それに対して、太陽は平行光源であるため、今回のように虹の像の出方に違いがあるのだと推察される。結果Ⅱにおいて、-1cmより大きい値のどこかで、極値がとれない唸虹が観測されることが実験Ⅰより考察した。また、その境目の極限值が存在しているので、その極限值までは滑らかな近似曲線を描くと考える。



懐中電灯から出たそれぞれの光が虹スクリーンにあたることで光の像を形成する。太陽光とは異なってそれぞれの光の入射角は異なるため、像は微妙に異なっており、観測者の目にはそれらが重なった姿が見えるため、今回のような虹が見えると考えられる。唸虹は臨界点を迎えると、楕円上部の曲線になじむ。これは楕円と双曲線の関係に非常に似ている。このことから、光源の移動と唸虹には離心率が大きくかかわっているのではないかと考える。

まとめ

我々が発見した唸虹という現象は光源の規則的な位置変化により連続的な挙動を見せることが分かった。

今回の唸虹は、自然にできる虹とちがって、光源自体を前に、観測者を後ろにしているためにできたものと考えられる。

多くの実験では、観測者を前に、光源を後ろにしているものが多かったので、唸虹の同じような研究がないと考えられる。

今後の課題

実験の回数が定まらなかったため、実験の回数を増やして、精度を上げたい。

今回は角度で条件を変え、その後虹スクリーンと平行にして、実験を行ったが、他の条件で試してみたい。

P点近傍の傾きを調べて、関係性を見つけたい。

参考文献

<https://mathsoc.jp/publication/tushin/0702/majima7-2.pdf>

虹に見える漸近解析 真島 秀行

[file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20(3).pdf)

北見工業大学 虹ビーズの改良



オイラらのchou次元拡張

数学6班 塩貝晃司 嶋田洸三 田崎奏楽 中村俊貴 山口健登

要約

- メネラウスの定理の次元拡張
- “マ”ネラウスの定理**は存在する。
- マネラウスの定理の逆**は存在しない。
- チェバの定理**は3次元拡張のみ成功。
- 接吻数問題**の限定的な解法候補を立論。

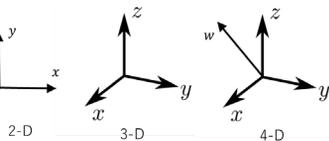
動機

田崎の夢はドラえもんを作ることだ。そのためには高次元の世界をとらえる必要がある。そこで、数学で他の次元の世界を解明したいと考えた。

定義

n次元

一次独立な座標軸がn個存在する世界。n-Dと表記する。



n次元単体

点, 線分, 三角形, 四面体のn次元一般化。



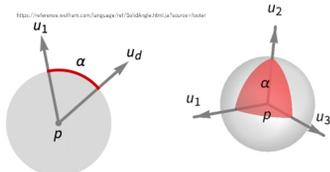
n次元面

頂点, 辺, 面のn次元一般化。

n次元超体積 長さ, 面積, 体積のn次元一般化。s(C₀C₁C₂⋯C_n)で, 単体C₀C₁C₂⋯C_nの超体積を表すこととする。

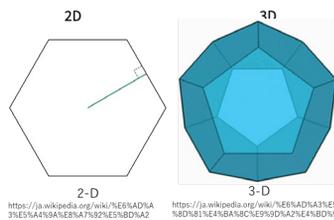
n次元単位球

単位円, 単位球のn次元一般化。



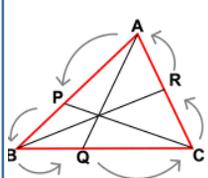
超多面体

多角形, 多面体のn次元一般化。

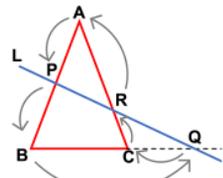


“マ”ネラウスの定理

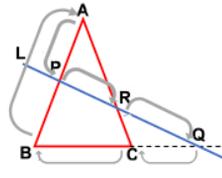
チェバの定理



メネラウスの定理



マネラウスの定理



$$\frac{AP}{PB} \cdot \frac{BQ}{QC} \cdot \frac{CR}{RA} = 1$$

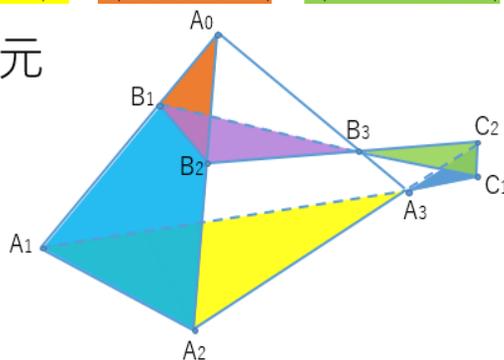
<https://univ-juken.com/menerausu>

$$\frac{QC}{CB} \cdot \frac{BA}{AP} \cdot \frac{PR}{RQ} = 1$$

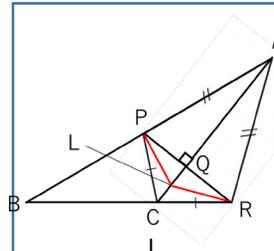
下図で, m次元単体A₀A₁A₂⋯A_mをm-1次元超平面B₁B₂⋯B_mで切り, 共有部を超平面C₁C₂⋯C_{m-1}とする。このとき次式が成り立つ。

$$\frac{s(A_m C_1 C_2 \cdots C_{m-1})}{s(A_1 A_2 A_3 \cdots A_m)} \cdot \frac{s(A_0 A_1 A_2 \cdots A_{m-1})}{s(A_0 B_1 B_2 \cdots B_{m-1})} \cdot \frac{s(B_1 B_2 B_3 \cdots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \cdots C_{m-1})} = 1$$

※3次元



マネラウスの定理の逆が成り立たないことの証明



マネラウスの定理より,

$$\frac{CB}{RC} \cdot \frac{AP}{BA} \cdot \frac{QR}{PQ} = 1 \quad \cdots \textcircled{1}$$

左下図より,

$$\frac{QR}{PQ} = \frac{LR}{PL} \quad \cdots \textcircled{2}$$

①、②より,

$$\frac{CB}{RC} \cdot \frac{AP}{BA} \cdot \frac{LR}{PL} = 1$$

したがって、これが反例となり、

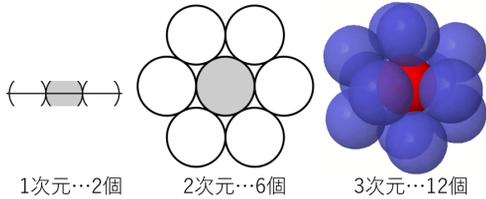
マネラウスの定理の逆は成り立たない。

今後の展望

- チェバの定理のn次元拡張。
- 多角形と直線のメネラウスの定理の拡張。
- 接吻数問題の解法。

接吻数問題

m次元の単位球の周りに重ならず触れ合うように並べることでできる、単位球の最大個数は？



1次元…2個 2次元…6個 3次元…12個

次元	下限	上限
1	2	
2	6	
3	12	
4	24	
5	40	44
6	72	78
7	126	134
8	240	
9	306	363
10	500	562

1. オイラのchou多面体定理

…オイラーの多面体定理の次元拡張

貫通した孔、空洞のない任意のm次元超多面体について、これをAとおき、n次元面の個数を $f(m_A, n)$ と表記すると、次式が成立。

$$\chi(A) = \sum_{n=0}^m (-1)^n f(m_A, n) = 1$$

各面が単体である正超k面体で、 $\max k = n$ とすれば

単位球の中心間を結んだ図形→正超n面体

$$n \left\{ \frac{{}^m C_1}{a_{m-1}-1} - \frac{{}^m C_2}{2} + \frac{{}^m C_3}{2} - \dots + (-1)^{m-1} \frac{{}^m C_m}{2} + (-1)^m \right\} = 1$$

$m=3, 4$ のみで成り立つ。

2. 電子収容数次元理論

s軌道とp軌道の個数に、d軌道のうち d_{xy}, d_{yz}, d_{zx} のような対称性のあるものを除いた個数を足して、スピンの個数をかける。m次元原子の第n殻の電子収容数 $f_m(n)$ で、

$$a_m = (m-1) \{ f_{m-1}(1) + f_{m-1}(2) + f_{m-1}(3) - m C_2 \}$$

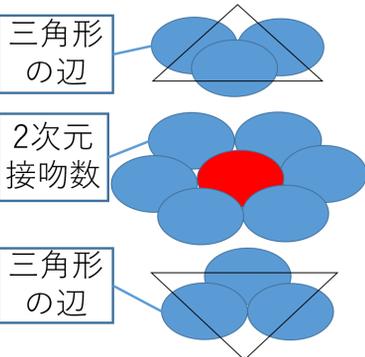
$(3 \leq m \leq 5)$

3. 単体の辺の数に着目

m次元接吻数を a_m としたとき、m次元単体の辺の個数は $m+1 C_2$ だから、

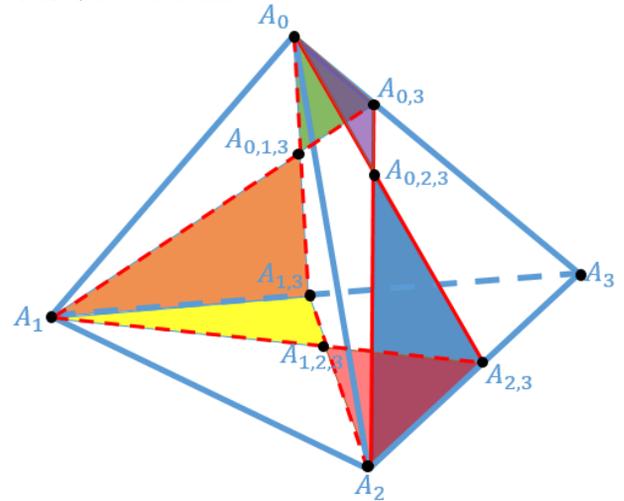
$$a_{m+1} = a_m + 2m + 1 C_2$$

$(2 \leq m \leq 5)$



三次元におけるチェバの定理

四面体 $A_0A_1A_2A_3$ の内部に点Oを取る。半直線 A_0O, A_1O, A_2O と、各頂点の対面との交点をそれぞれ $A_{1,2,3}, A_{0,2,3}, A_{0,1,3}$ とする。図のように線を引き、点をおくとき次式が成り立つ。



$$\frac{s(A_{1,2,3}A_{2,3}A_2)}{s(A_{1,2,3}A_{1,3}A_1)} \cdot \frac{s(A_{0,1,3}A_{1,3}A_1)}{s(A_{0,1,3}A_{0,3}A_0)} \cdot \frac{s(A_{0,2,3}A_{0,3}A_0)}{s(A_{0,2,3}A_{2,3}A_2)} = 1$$

参考文献

・田崎奏楽ほか(我々一同)
「超多面体のオイラー標数を定める『オイラのchou多面体定理』」

・田崎奏楽(我がリーダー)
「電子収容数次元理論～電子軌道とスピンの次元一般化～」

・平面図形の定理の空間への拡張

https://www.naga-no-c.ed.jp/seiho/intro/risuka/kadaikenq/paper/2021/7_heimen.pdf

閲覧日：2022.9.15

・チェバ・メネラウスの定理に関する教材開発：n角形への拡張

https://shizuoka.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=11389&item_no=1&page_id=13&block_id=21

閲覧日：2022.9.15



概略

ニューラルネットワークにHash関数を導入して高速化を図ったところ、高速化を適用したモデルの学習が進みやすくなる条件がわかった。

モデル構造

・type1

入力層



中間層



出力層

・type2

入力層



中間層1



中間層2



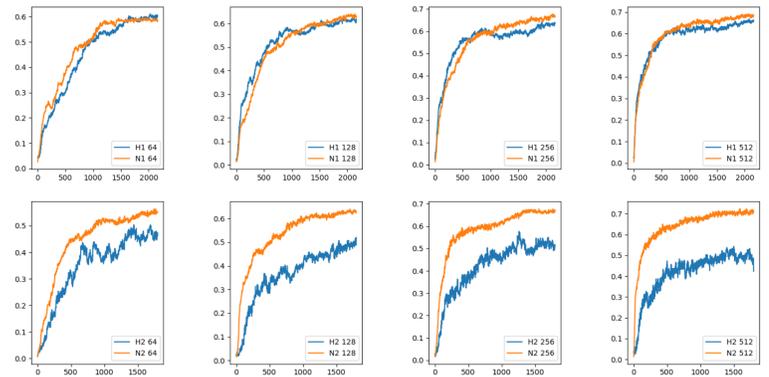
出力層

※使用するデータセット

実験1: Delicious

実験2: MNIST

実験1



- ・上段: 中間層1層のモデル
- ・下段: 中間層2層のモデル
- ・縦軸: テストデータでの正答率
- ・横軸: 学習の回数
- ・オレンジ: 通常の学習
- ・青: 高速化したときの学習

結果1

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下なし (58.0%→60.3% +2.3%)	若干あり (62.6%→62% -0.6%)	あり (66.3%→63.3% -3.0%)	あり (68.6%→66.0% -2.6%)
中間層2層	あり (55.0%→47.3% -7.7%)	あり (62.3%→51.6% -15.0%)	あり (67.3%→51.6% -15.6%)	あり (71.3%→42.3% -29.0%)

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X5.6	X6.2	X5.8	X5.9
中間層2層	X5.0	X5.7	X4.5	X4.6

考察1

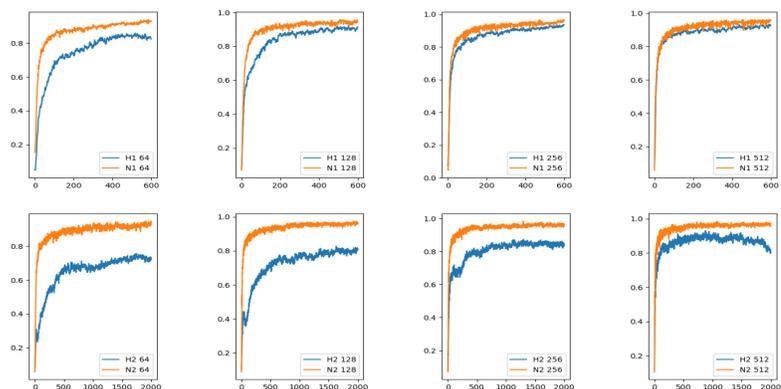
・中間層の数を増やす

➡ 高速化の効果減少

・中間層の数orノード数を増やす

➡ モデルが劣化

実験2



結果2

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下あり (92.8%→83.4% -9.4%)	あり (94.8%→89.7% -5.1%)	あり (94.7%→92.3% -2.4%)	あり (95.6%→93.5% -2.1%)
中間層2層	あり (90.8%→71.9% -18.9%)	あり (95.9%→79.9% -16.0%)	あり (95.9%→85.0% -15.9%)	あり (97.1%→80.7% -17.1%)

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X1.6	X2.2	X1.8	X1.9
中間層2層	X1.5	X1.5	X1.9	X1.9

考察2

- ・中間層の数を増やす

➡ モデルが劣化

➡ 高速化の効果減少

- ・中間層のノード数を増やす

➡ モデルの劣化が小さい

結論

- ・シングルラベル分類
- ・中間層が2層以上

➡ Hash関数を用いた高速化の有用性が見られない

- ・マルチラベル分類
- ・中間層が1層かつ中間層のノード数が少ない

➡ Hash関数を用いた高速化の有用性が確認された

参考文献

高校数学からはじめるディープラーニング
初歩からわかる人工知能が働くしくみ
(金丸 隆志, 講談社, 2020.4.16発行)

Maxell Frontier Co., Ltd.
<https://www.frontier.maxell.co.jp/blog/posts/35.html>
(最終確認: 2022/09/16)

論文: In Defense of Smart Algorithms over Hardware Acceleration for Large-Scale Deep Learning Systems

発表ポスター集（英語）



Correlations Between Effects of Recognition Factors and Feeding Habits of Yamato Termites

Taku Uesaka Kohei Kojima Yuzuki Tsurusono
Akinori Nozawa Takumi Haga

Summary

We investigated the nature of the carcass recognition factor in the cannibalistic behavior of Yamato termites. We found that there is a correlation between the species of trees eaten by termites and the effect of the factor, and that there is a correlation between the nutritional status of termites and the effect of the factor. From these findings, we discussed the identity of the factor.

About Yamato Termites

Order Blattodea, Family Termitidae (*Reticulitermes speratus*)

Distribution: Most areas of Japan

Habitat: Under high humidity and in the shade

Forming a nest in rotting wood

(Experimental specimens were collected in the hill behind Omi Jingu Shrine)



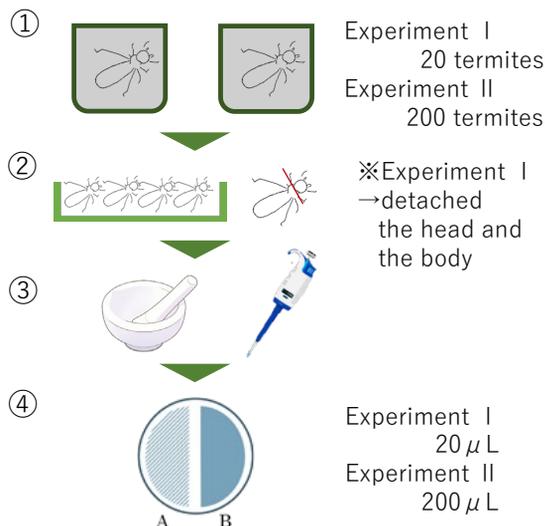
Yamato termite (worker)
4 ~ 5 mm long

Feeding Habits : Can decompose cellulose with a special digestive enzyme
⇒ Can feed on wood

Cannibalism: Cannibalism toward individuals with surface trauma
More likely to occur with longer starvation

Way of Experiment

- (1) Breed under each experimental condition
- (2) Randomly pick out the termites
- (3) Add pure water and grind the mixture
- (4) Drop the mixture into a petri dish and record how many termites were attracted to each side

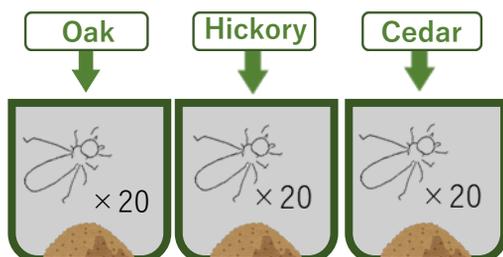


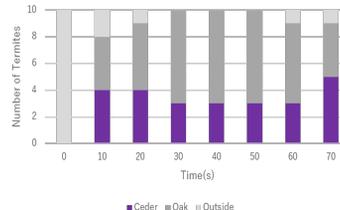
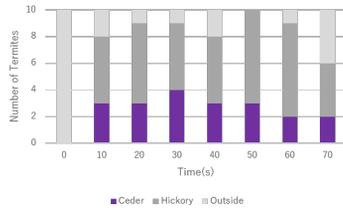
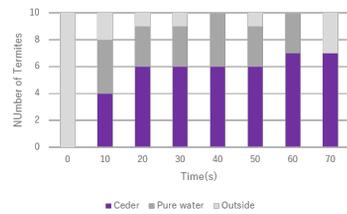
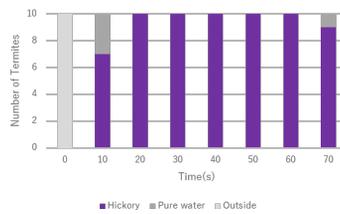
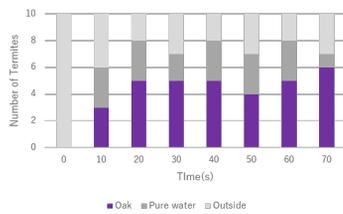
Experiment I

◎Correlation with feeding habits

►Does the type of wood (cedar, hickory, oak) make a difference in the effect of the factor?

Survey : each wood - pure water
oak - cedar
hickory - cedar





A	B
○ Cedar	Water
○ Oak	Water
○ Hickory	Water
Cedar	○ Oak
Cedar	○ Hickory

⇒ Different wood species produce different effects.

oak hickory : active

cedar : debilitated, partially dead

⇒ The worse the termite's nutritional condition, the smaller the effect.

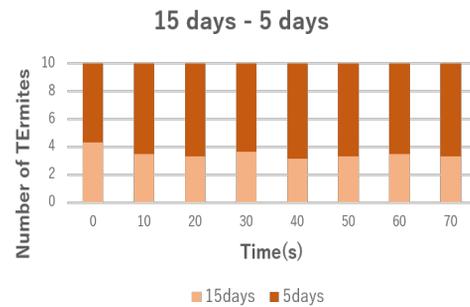
Experiment II

From the discussion of experiment I, we investigated the correlation between the termites starvation environment and the effects of the factor.

1. 15 days no feed

2. 5 days no feed

The effects of the termites reared in the following two environments were compared.



⇒ The longer the starvation period, the smaller the effect.

Conclusion

The carcass recognition factor of the Yamato termite has not been identified with certainty.
(cf. hydroquinone : metabolites of lignin, non-volatile substance)

The nature of the factor

The effect is persistent. ⇒ The factor is probably non-volatile.

The longer the starvation period is, the more the effect is attenuated.

⇒ Termites have a correlation between the factor and the metabolic function.

Future Prospective

More accurate verification of non-volatility of substances

⇒ Chemical analysis such as chromatography

More detailed verification of the relationship between factors and metabolism

⇒ Conditions for woody components (cellulose, lignin, etc.) only

⇒ Investigation on digestion mechanism of lignin

⇒ Investigation on chemical properties of hydroquinone

▶ Exploring the identity of the carcass recognition factor of Yamato termites.

References

- Yoshimura Tsuyoshi, et al. 2012 シロアリの事典 Kaiseisha Press
- The Japan Wood Research Society 2010 木質の化学 Buneido Publishing Co., Ltd.
- Kawada Toshihari, et al. 2021 木材の化学 Kaiseisha Press
- Nishimoto Koichi シロアリの摂食行動 https://www.istage.ist.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/13/4/13_4_215/_pdf/-char/ja
Last accessed:2022/9/14 18:34
- Nakagawa Wood Industry Co., Ltd. 平井信二先生の樹木研究[8-樹木]木の情報発信基地 <https://wood.co.jp/8-jumoku/hirai/hirai65.html>
Last accessed:2022/9/15 19:01
- Yamanaka Yasuyuki ヤマトシロアリにおける人為的外傷に起因する共食行動の解析 <https://repository.nihon-u.ac.jp/xmlui/bitstream/handle/11263/1621/Yamanaka-Yasuyuki-3.pdf?sequence=3&isAllowed=7>
Last accessed:2022/1/16 16:50
- Research on Zeze high school in 2013 シロアリのフェロモンに関する研究
- Research on Zeze high school in 2019 アミエアリの死体認識因子の特定
- Research on Zeze high school in 2021 「ヤマトシロアリの共食い行動について」

Study of the antimicrobial effect of amphibian body surface mucus



2-9 Chemistry2

OKA YUZUKI SHIBATA REOTO FUKUYAMA MIYU FUJITA NIINA YAMANAKA SHUNKI

Summary

Stimulated red-bellied newts pressed their backs against the medium. As a result, there was less growth of the bacteria in the stimulated newt medium than in the unstimulated newt medium. This led us to believe that the stimulus caused the newt's body surface to secrete venom from the surface of the newt's body and suppressed the growth of the bacteria.



Introduction

Some amphibians produce venomous secretions. They are thought to emit venom to protect their vulnerable skin from bacteria and other organisms. Based on this, we hypothesized that amphibian venom may have a certain antimicrobial effect and set out to determine the true nature of this effect.

Red-bellied newt (*Cynops pyrrhogaster*)



Catch location: Tamba Mountains Valley, Kyoto

Bait: Earthworms, Chironomid, and Fly larvae

Body length: Around 10 cm

Characteristics: The body surface is covered with venom called Tetrodotoxin.



Experimental Method

- ① Prepare agar medium.
- ② Divide newts into two groups: Group A and Group B.
- ③ Stimulate the back of Group A newts 100 times with a needle with a handle and press the back of the newts against the agar medium and rub the back of the newts against the entire agar medium
- ④ Press the back of newts in Group B onto the agar medium and rub the back of the newts against the entire agar medium.
- ⑤ Incubate at 37°C and compare the results after 2 days.

Conducted the above experiment three times.

***For convenience, observation was conducted after 1 day in Experiment 2.**



Culture

Result and Consideration

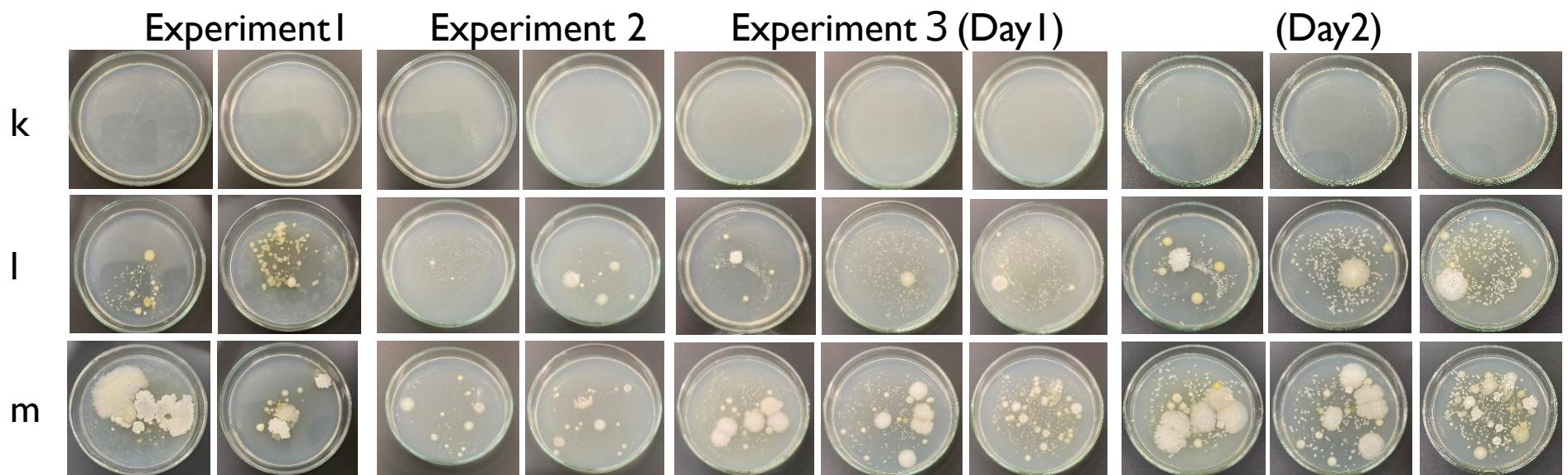
Temperature : 13.0~15.0 °C

Humidity:30 ~35 %

Water temperature:9.0 ~11.0°C

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
Control area	2	3	6
Group A (stimulating)	2	3	5
Group B (Unstimulating)	2	2	4

k : Control area l : Group A m : Group B



Control area

... Unchanged

Group A (Stimulating)

... Pale yellow bacteria grows

Group B (Unstimulating)

... White bacteria grows in addition to pale yellow bacteria

Growth is more vigorous than in Group A

{ Stimulation caused secretion of venom and **elimination of white bacteria.**
Pale yellow bacteria is **indigenous** to the body surface of newts

Conclusion

Amphibians **harbor highly fecund bacteria** on their body surfaces to **prevent other bacteria from infecting them**. When strongly stimulated, **they secrete venom** to **repel their natural enemies** or to **eliminate bacteria** that are more fertile than the bacteria they are harboring.

Future Outlook

- Investigation of the nature of the bacteria
- Experiment with a different stimulus
- Experiments with different amphibians

References ・石田正彦, 2019年, 「『アマガエル』の『毒』に要注意」

<https://news.yahoo.co.jp/byline/ishidamasahiko/20190606-00129034>

・こめやん, 2020年, 「LB培地とは?大腸菌培養に!組成や作り方、特徴」

[LB培地とは?大腸菌培養に!組成や作り方、特徴 | ネットdeカガク \(netdekagaku.com\)](http://netdekagaku.com)

・「無菌操作と培地の作り方マニュアル」

[無菌操作のマニュアルと注意 \(ehime-u.ac.jp\)](http://ehime-u.ac.jp)

・たらこや明太子の接種で、標準寒天培地に黄色菌集落

<http://www.kanazawa-med.ac.jp/~kansen/situmon/mentaiko.html>

Power generation in the ultraviolet region of dye-sensitized solar cells



Chemistry 3rd group

Kanitani Yuito Kojouma Yoshihiro Takatsuka Hiyori Takeda Kotomi Tanaka Yuna

Summary

One of the environmental issues that has been attracting attention in recent years is the reduction of the burden on the environment by producing clean energy. Therefore, we focused on dye-sensitized solar cells. This is one of the organic solar cells, and electricity is generated by emitting electrons from dyes that absorb light. Until now, power was generated using infrared rays and visible light, but we thought that power generation using ultraviolet rays would lead to further improvements in power generation. Then, as a result of conducting an experiment by irradiating the battery with ultraviolet rays, a current flowed.

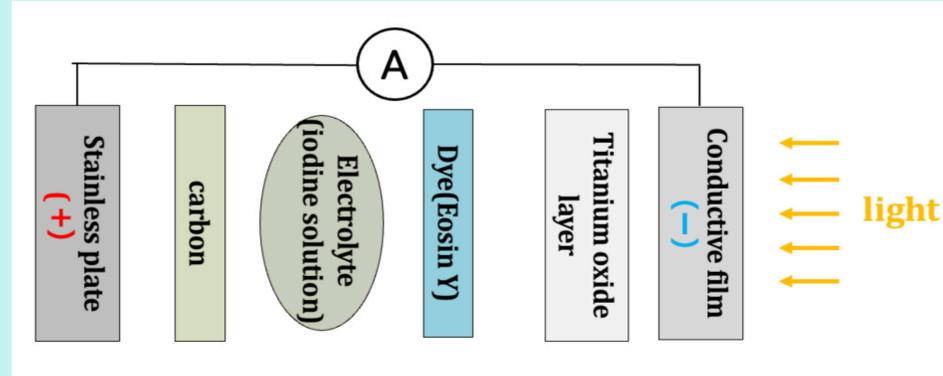
Introduction (What is the mechanism of dye-sensitized solar cells?)

- ① Dye absorbs light and store energy.
- ② The dye emits electrons, and the electrons flow through the titanium oxide porous film to the transparent electrode and the external circuit.
- ③ The electrons then reduce triiodide ions in the electrolyte to iodide ions near the counter electrode surface.
- ④ Iodide ions reduce oxidized dyes.

Preliminary Experiment

✂ We used a dye-sensitized solar cell experimental kit from Peccell Technologies.

- ① Titanium oxide was uniformly applied to the conductive film.
- ② A dye solution containing a dye called eosin Y was dropped and allowed to absorb for about 1 minute.
- ③ The stainless steel plate, which is the positive electrode, was coated with carbon, which acts as a catalyst to make it easier for electrons to escape.
- ④ The electrolytic solution was dropped on a stainless steel plate, and the positive and negative electrodes were pasted together.
- ⑤ I illuminated the light from the negative side and measured the current and voltage.



Results

Current	Voltage
3.2mA	0.45V

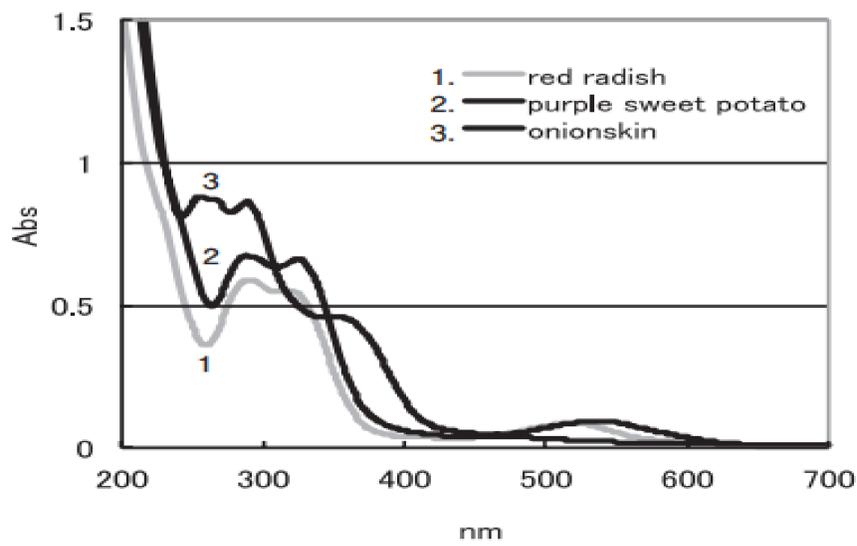
✂ This value was stable.

Hypothesis

Since it was found that this experimental device could generate electricity, I thought that it might be possible to generate electricity using ultraviolet light by changing the pigment to something that absorbs ultraviolet light.

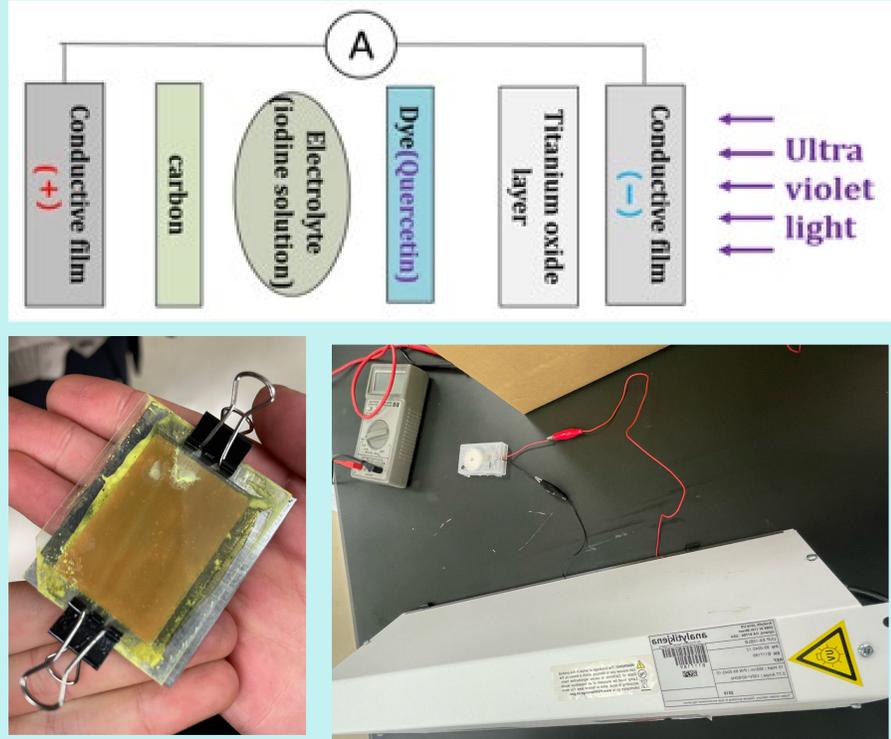


About Dye



Quoted from <https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf>

Wavelength of the UV light used this time...365nm



Main Experiment

From preliminary experiments, the dye was changed to quercetin and the light was changed to UV light.

We also made a cell with only titanium oxide, and confirmed that the result was due to the dye.

✂ For safety, we devised a device to prevent ultraviolet rays from escaping outside.

Results(with dye)

Current	Voltage
0.17mA	0.53V

✂ This value was stable.

Results(without dye)

Current	Voltage
0mA	0.10V

✂ The voltage value was unstable.

Consideration

Larger current and voltage could be extracted from the cell with the dye absorbed than with titanium oxide alone.

By using a dye that absorbs ultraviolet light, the amount of power generated increased, and it was possible to generate power even in the ultraviolet region. Or, by devising the solvment, it should be possible to further increase the amount of power generation and make it possible to generate power more practically.

Conclusion

By using a sensitizing dye that absorbs UV light, it is possible to improve the power generation in the UV region.

Challenges and Prospects

By expanding the range of wavelengths of light that can be absorbed by tandem-type solar cells and cocktail-type solar cells made by combining dyes, the amount of power generated will further increase.

Reference

1) Mechanism of dye-sensitized solar cells(Peccell Technologies)

<http://www.pcell.com/shikiso.html> (Last viewed date 2023/1/19)

2) Dye-sensitized solar cells Experiment kit

<http://www.pcell.com/products/PEC-TOM02/> (Last viewed date 2023/1/19)

3) Kobayashi Yuuko, Suzuki Tuneo

”Ultraviolet shielding performance of fabric dyed with flavonoid plant dyes”

<https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf> (Last viewed date 2023/1/19)

Summary

We were interested in how the trajectory changes depending on the inclination of the hull. Therefore, we made a model of the hull and a launching device, and conducted an experiment. As a result, the ship turned toward the direction where no weight was placed and drew a quadratic trajectory.

Motive

In turning a ship, turning performance improves when the rudder is turned in the opposite direction to the direction of the ship's turn. Therefore, we decided to experimentally investigate the trajectory of the ship at each tilt to see whether there is any difference in turning performance when the ship is tilted even without a rudder.

Hypothesis

The approximate curve of the hull's trajectory is a spiral line (e.g., Archimedes' spiral line), as seen in many previous studies, and the trajectory becomes more inward as the absolute value of the lateral inclination angle θ increases.

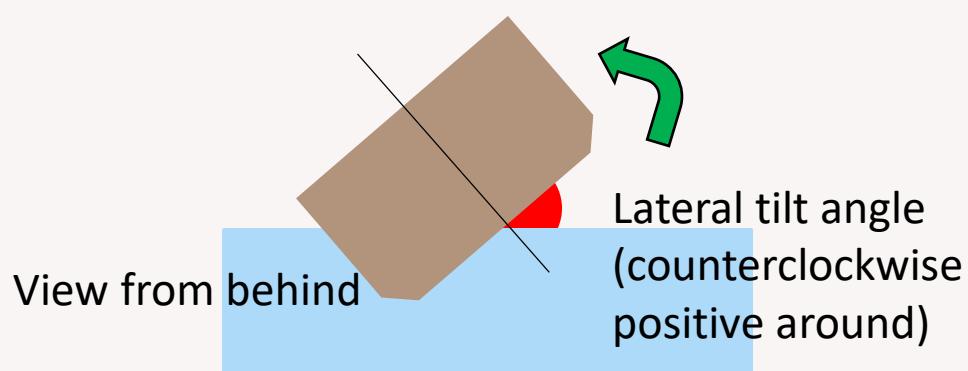
※Inward...the opposite side of the direction in which the hull is tilted.

※ $0^\circ \leq |\theta| \leq |$ (Maximum angle that will not overturn) $^\circ |$

Experiment

[Preparations]

- Wooden boat model (approx. 1/12 model)
- Vinyl pool (5cm interval scale on the bottom) (145×90×50 (cm))
- Launching device (glass plate, wooden board, rubber bands (5mm wide))
- Weights (oil-based clay)
- Smart phone for filming



【Actual boat】



【Model】



	Wooden model	Actual boat
Length[mm]	310	3560
Width[mm]	64	800
High[mm]	26	310
Weight[kg]	0.060	18

【How to experiment】

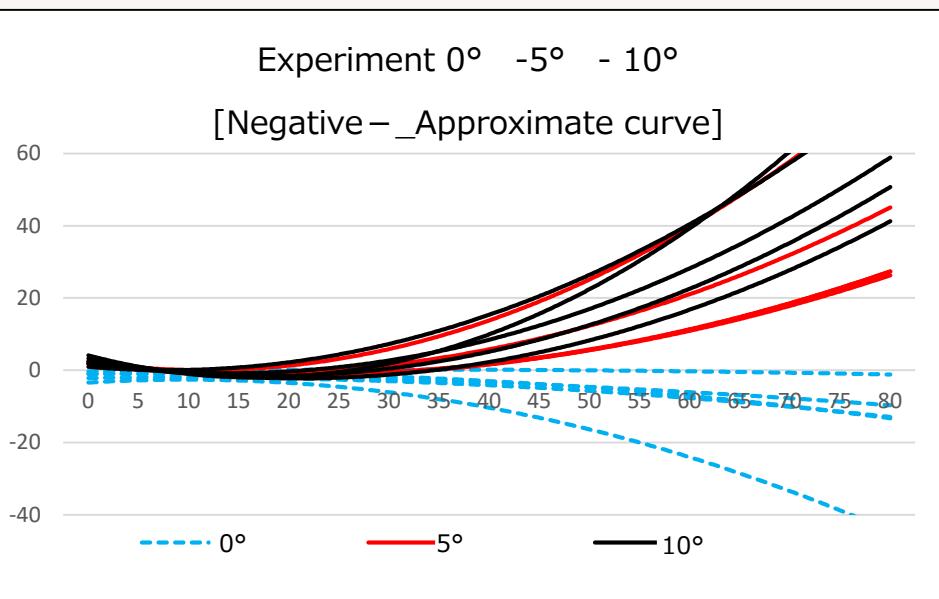
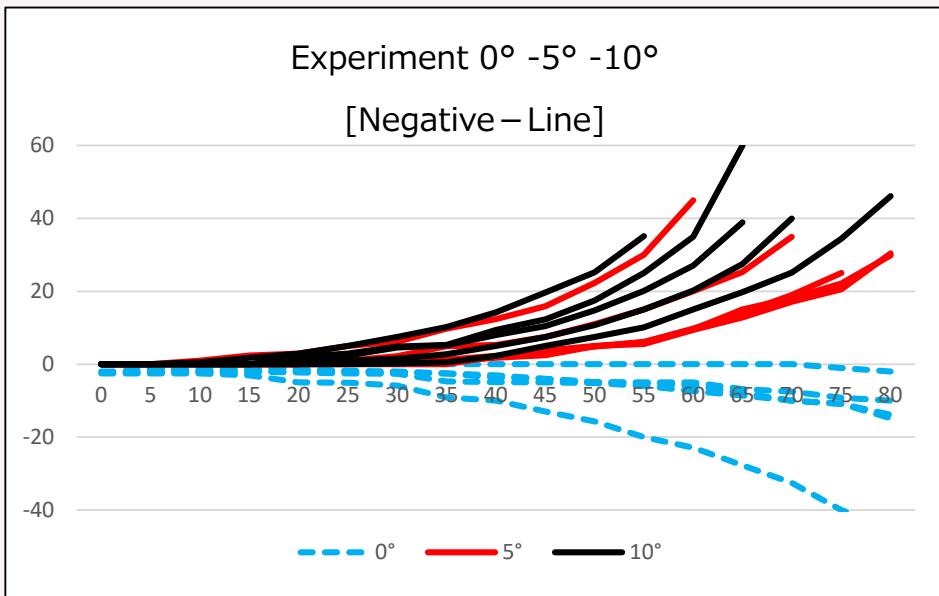
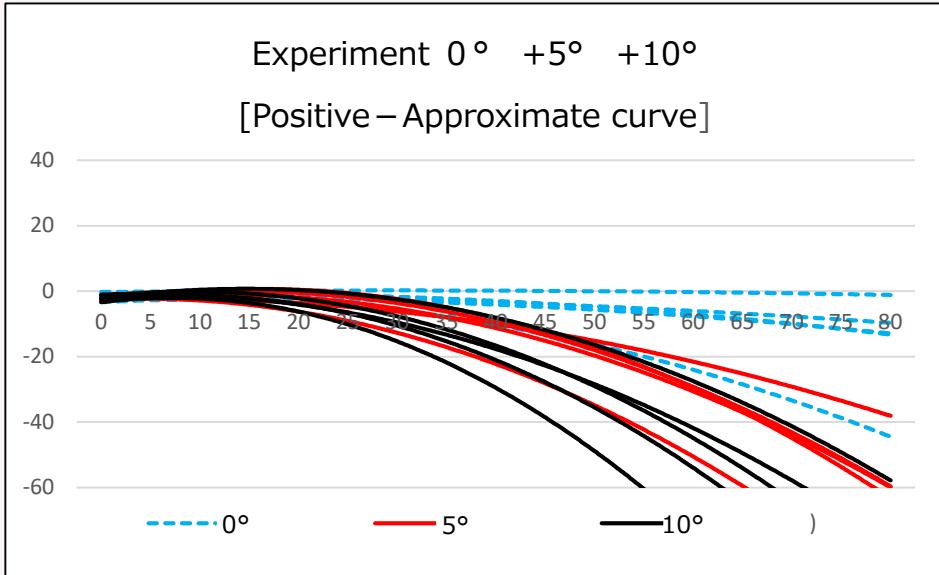
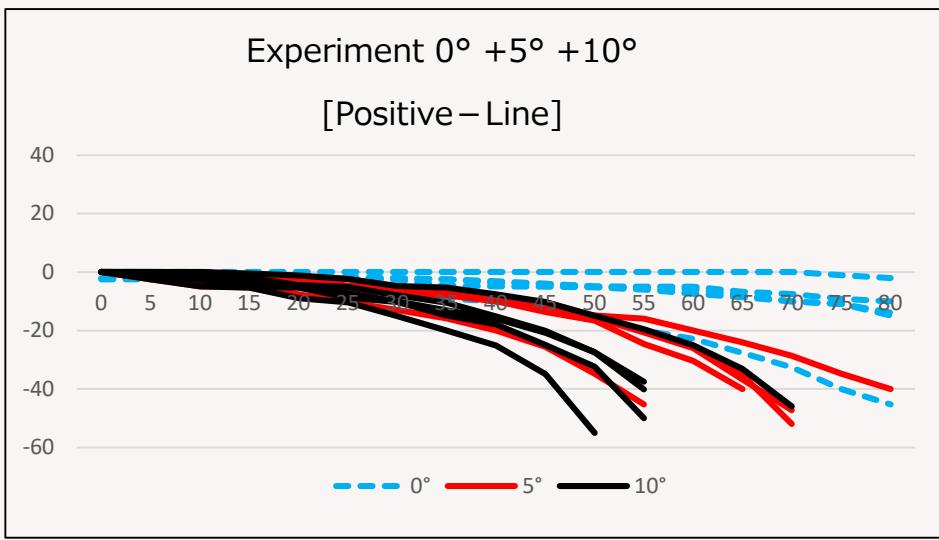
- ① Fill a vinyl pool indoors with water (5 cm deep) and fix the launching device to the bottom.
- ② Place weights on the left or right sides of the model so that the lateral inclination angles of the model are 0° , $\pm 5^\circ$, or $\pm 10^\circ$, and fix the model to the launching device.
- ③ Launch the model and photograph the turning wake from directly above.
- ④ Read the trajectory from the video and represent it on a graph (line and approximate curve) for each horizontal inclination angle.

In this study we performed

- ② through ④ five times each.

Consequence

The line graphs and approximate curves which we obtained are shown below. The graphs are, in order, the line for a positive horizontal tilt angle, the approximate curve for a positive angle, the line for a negative angle, and the approximate curve for a negative angle.



Consideration

- The approximate curve was not a spiral as hypothesized, but a quadratic function. This is thought to be due to the fact that only the initial speed was given to the model to be launched, which resulted in less water resistance.
- As the lateral inclination angle $|\theta|$ increases, the trajectory turns more inward. However, it is difficult to say that it turns inward at a constant rate.
- We believe that the reason why the hull turns to the opposite side of the direction in which it is inclined is related to the law of motion, which states that the magnitude of acceleration is inversely proportional to the mass of the object. The difference in velocity between the left and right halves of the model may create a force that rotates around the lighter side (the side with no weight on it), which is easier to decelerate.

Perspective

- There are differences from the turning wake of a ship of actual size in terms of water resistance and viscosity. It is necessary to conduct experiments using liquids other than water under different viscosity conditions.
- One possible reason why the obtained trajectory did not resemble a spiral line is that the model was given only an initial speed. We would like to make a device that moves forward at a constant speed and investigate changes in the trajectory.
- We hope that this research will lead to the prevention of overturning accidents caused by lateral tilting.

References

- 作野峻哉、安川宏紀、芳村康男：横傾斜状態で航行する船の操縦性能、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第25号、(2017)
https://researchmap.jp/ship_yoshimura/misc/23283241/attachment_file.pdf
(Final viewed date 2023 January 19th)
- 木製2馬カボート コバヤシ
<http://wooden-boat-kobayashi.com/>
(Final viewed date 2023 January 19th)

Changes in an Arrow's Trajectory Depending on the Number and Inclination of Feathers on the Arrows



Taiga Otoi Takumi Kotoge Mao Nakasone
Haruto Nakayama Mao Yasui

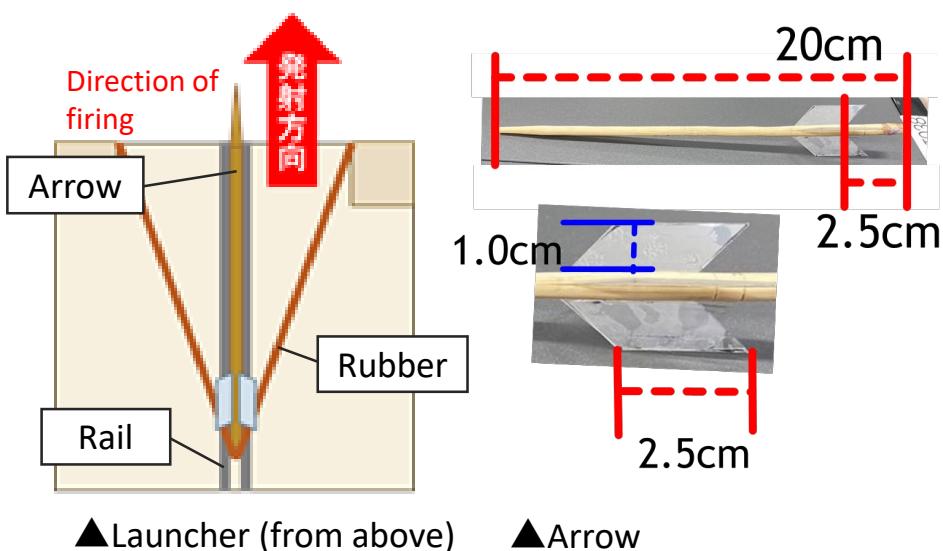
Introduction

We aimed to clarify why we always use arrows, that have three feathers which are the same, all over the world by experimentation. As a result, we found that the closer the number of the feathers is to 3, the more stable its trajectory. Also, the more feathers are tilted to some extent, the more stable.

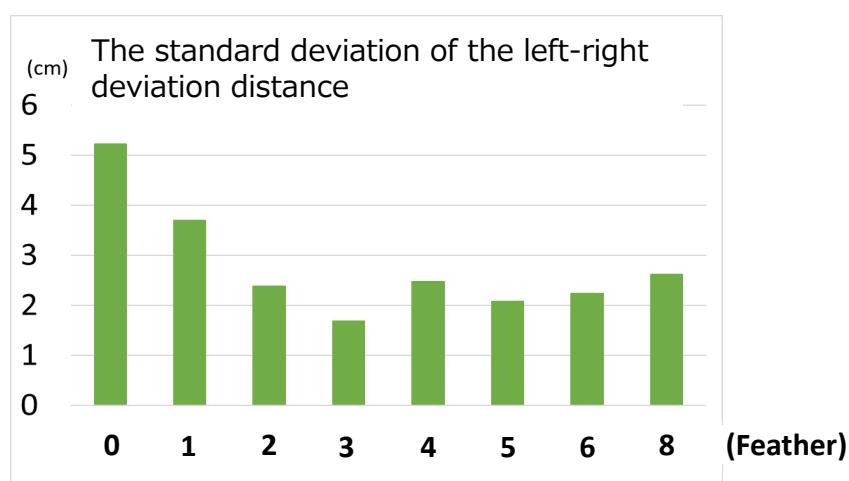
Experiment 1

Purpose : Investigate how the movement of the arrow changes depending on the number of arrow feathers.

Method : We made a launcher like the picture below. We shot each arrow (with 0 to 6, and 8 feathers) to the target 20 times and measured the left-right distance and height of the arrows from the floor.



Result : The standard deviation of the left-right deviation distance tends to decrease when the number of arrow feathers around 3 to 5.

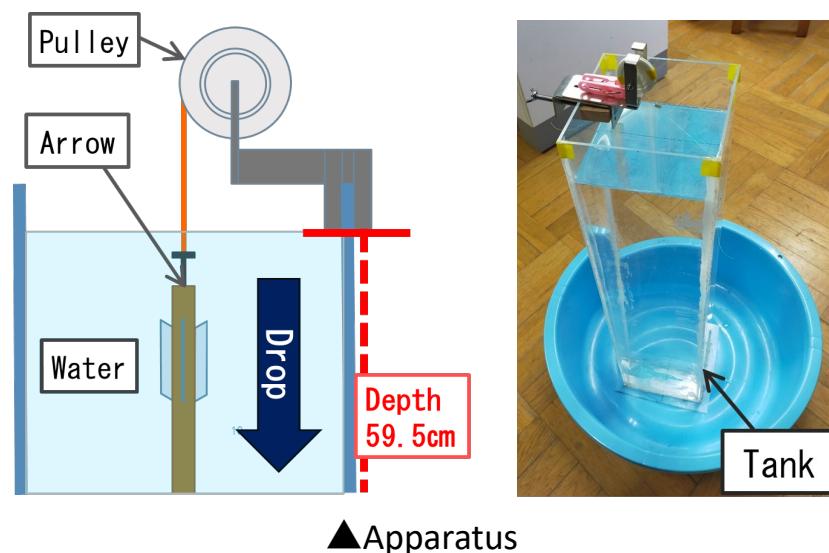


Discussion : We found that the horizontal scattering of arrows becomes smaller and the trajectory becomes more stable when the number of arrow feathers around 3 to 5. This is considered to be related to the rotation, because of the arrow structure. Also, the reason why there was not much difference in this experiment is probably because arrow speed was too fast.

Experiment 2

Purpose : Examine the resistance of the arrows when the number of arrow feathers is changed.

Method : We measured the dropping speed of the arrows in water, using a water tank like the picture below. We prepared arrows with 3-5 feathers and dropped each arrow 10 times.



Result : The arrows with three feathers take less time to reach the bottom of the tank than the arrows with four or five feathers.

Time/Feather	3 Feather	4 Feather	5 Feather
Mean Value	1.266	1.292	1.290

▲ Dropping time of the arrows

Discussion : We think that the resistance of the arrows with three feathers is smaller than those with four or five feathers. Consequently, we think that the arrows with three feathers drop fastest and the most stably.

Experiment 3

Purpose : Examine how rotation of the arrows affects their movement.

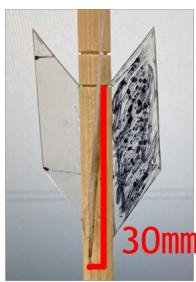
Method : We made arrows whose feathers are parallel to their shaft and arrows whose feathers are slanted. We made three arrows each of these two types.

We dropped arrows underwater in the vertically long water tank 10 times. A string was attached to the pulley and tied to a peg on the end of the arrows. Weights (nuts) were attached to the tip of the arrows so that the arrows would sink in the water. A target was placed under the water tank and we measured the dropping positions.

Slanted of the feathers

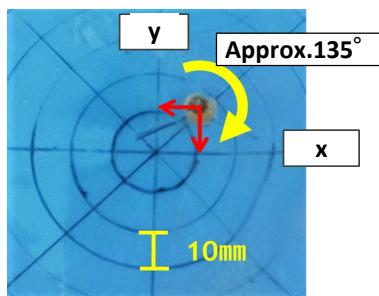
Straight

Slanted



2mm

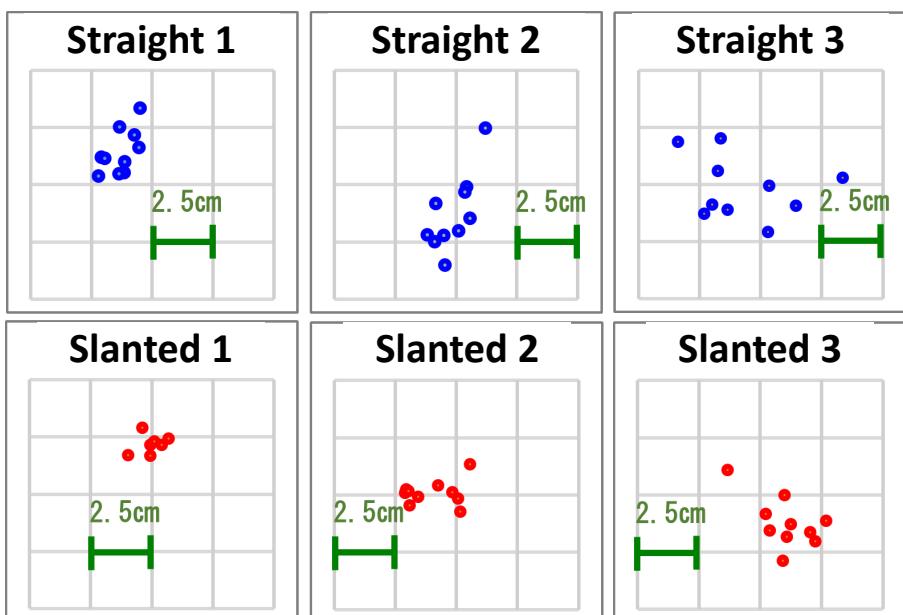
Target



The arrows with straight feathers dropped without rotating, and the arrows with slanted feathers dropped while rotating about 135° clockwise. Also, the time it took for each arrow to reach the bottom of the tank was almost the same.

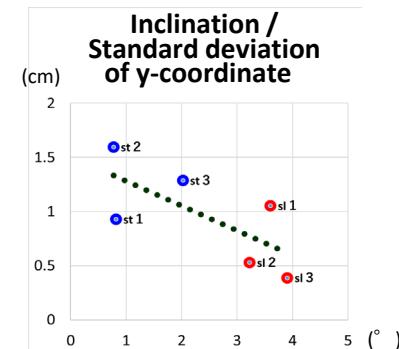
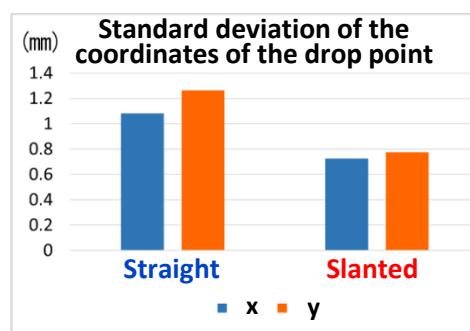
Result : The standard deviation of the left-right distance of the arrows with slanted feathers tends to be smaller than that of the other type of arrows.

▼ Dropping points



Discussion : The scattering of the coordinates of the dropping points of the arrows was greater for arrows with straight feathers than those with slanted feathers. From this, we think that the trajectory is more stable when the arrows rotate. Also, in experiment 1, the trajectory deviation of the arrows with three feathers was smaller than that of the other arrows, so we think that these arrows rotated more than the other arrows.

In addition, the relationship between the variation of dropping point and the inclination of the feathers is shown in the figure on the left, so we think that the greater the inclination of the arrow feathers is, the smaller the variation gets. However, the air resistance on the arrow feathers increases as the inclination of the arrow feathers gets larger.



Conclusion

We found that the number and angle of the feathers are related to the trajectory. From three experiments, we found that the trajectory is more stable as the number of the feathers is closer to 3, and that it is more stable as the feathers are a little slanted and the arrow rotates. Therefore, we think that the closer the number of the feathers to 3, the lower the resistance becomes, the more arrows rotate, and the more stable they are.

Future Research

Examine the angle of the arrow whose trajectory is the most stable.

Investigate changes in arrow rotation depending on the number of feathers.

Examine the optimum feather slant of each number of feathers.

References

矢の基礎知識 - 刀剣ワールド

<https://www.touken-world.jp> 9/15

矢羽根の形状と飛び方の変化

<https://uwajimahigashi-h.esnet.ed.jp> 9/15

アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究 平野孝典

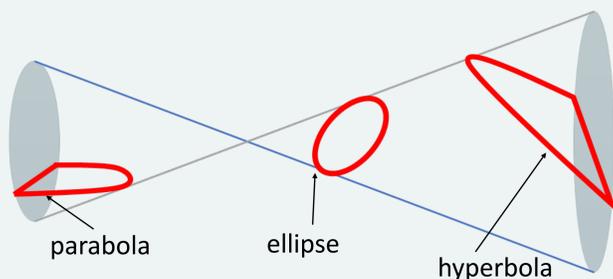
<https://takushoku-u.repo.nii.ac.jp> > ... 9/15

Summary

The rainbow screen is a tool for creating artificial rainbows. As we observed the rainbow screen, we discovered a strange phenomenon. We named it "spiral rainbow". In this study, we conducted an experiment in which the position of the light source was varied in order to clarify this "spiral rainbow" movement. It is largely dependent on moving the light source parallel to the rainbow screen.

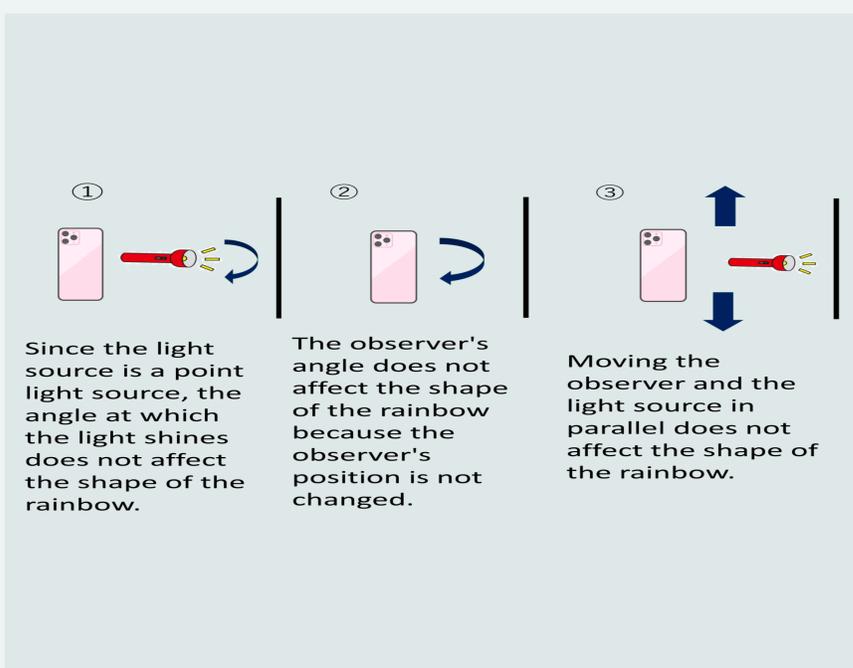
Introduction/Preliminary experiment

A rainbow screen is a board with tiny glass balls attached to it in place of the water droplets needed to create a rainbow. The experiment used a point light source. Rainbows in nature are visible when some of the light is reflected in the water droplets and refracted out again. It appears to be seven different colors due to differences in the refractive index of light wavelengths. Previous studies have shown that rainbows are formed in the form of quadratic curves like the red line in the figure.



I found a cubic rainbow that can only be seen on a rainbow screen. We call this a "spiral rainbow". The goal is to elucidate the movement of the "spiral rainbow". This time, we set the rainbow minima as P point and we observed the movement of the P point.

Preliminary Experiments

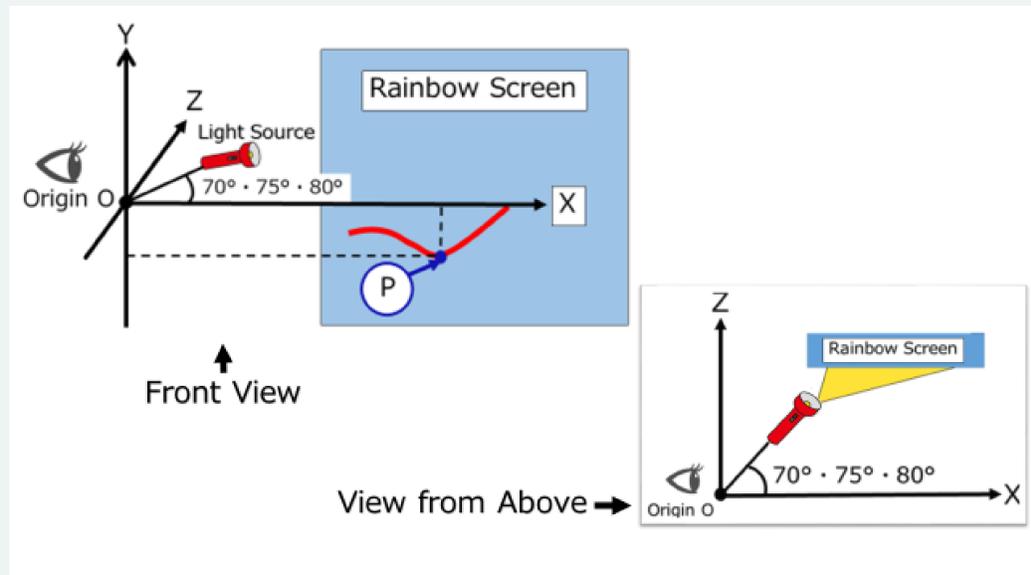


Experimental Method

In this experiment, the observer was an iPhone and the light source was a 400 lumen white flashlight. Height and angle were adjusted with a stand.

The X, Y, and Z axes are taken with the observer's position as the origin. The rainbow screen was placed parallel to the XY plane at Z = 55 cm. In Experiments 1 and 2, observers and rainbow screens were fixed.

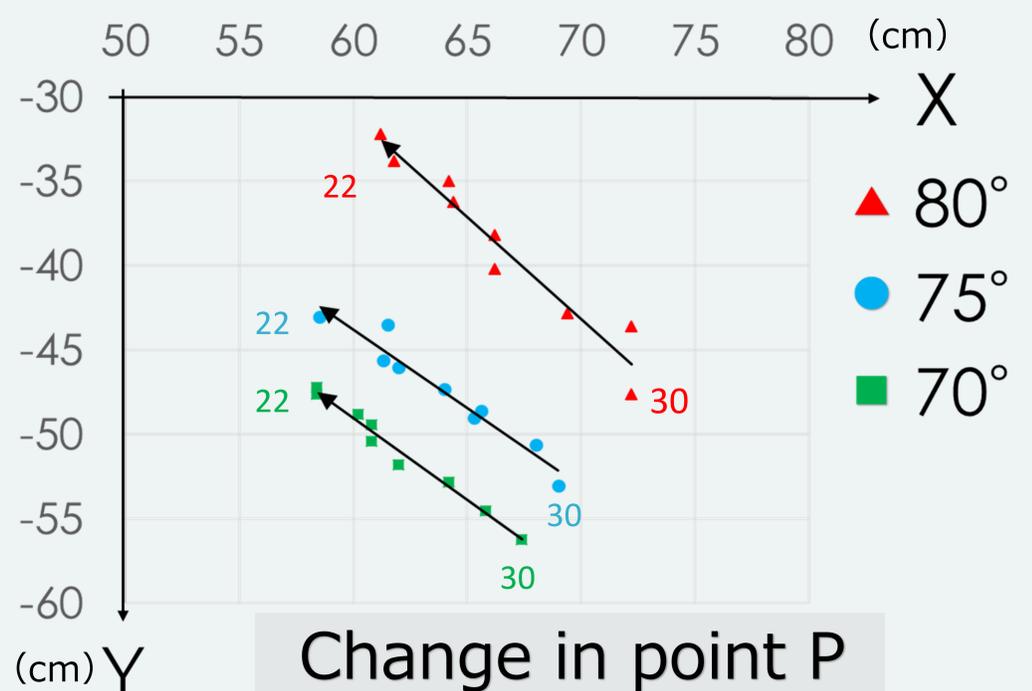
Experiment 1



The change in the position of the P point was examined by changing the angle of the light source.

First, the angle of the light source was fixed at 80 degrees and the light source was moved to 30, 29, 28, and 22 cm from the origin and recorded. Extreme values could not be taken after 21 cm. This operation was performed five times and the average was taken. The same procedure was performed for light source angles of 75 and 70 degrees.

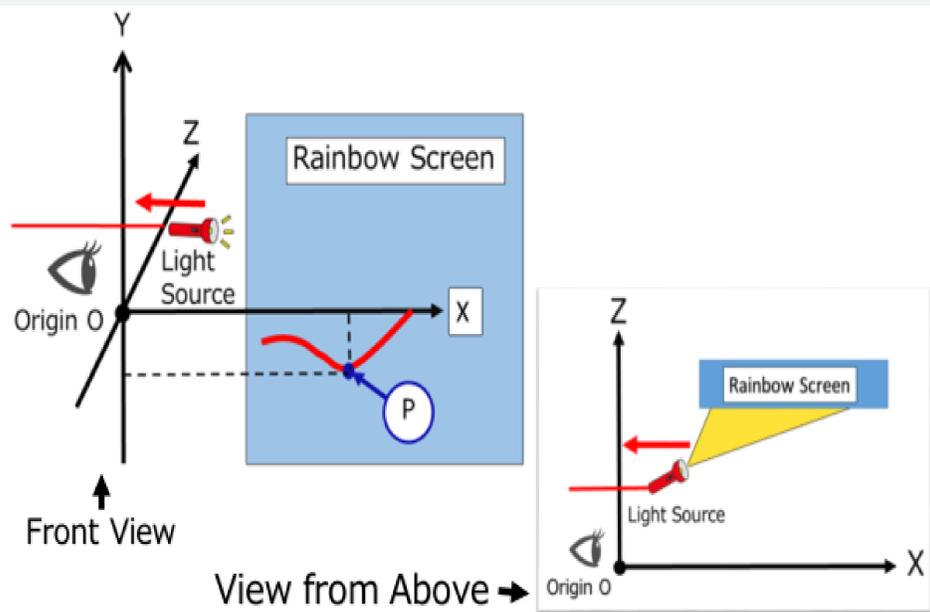
Result 1



This graph shows the change in P points when the rainbow screen is viewed from the front. Similar slopes of change were obtained for each angle. They moved to the lower left. We guessed that as the angle was reduced, the P point would move lower and lower to the left.

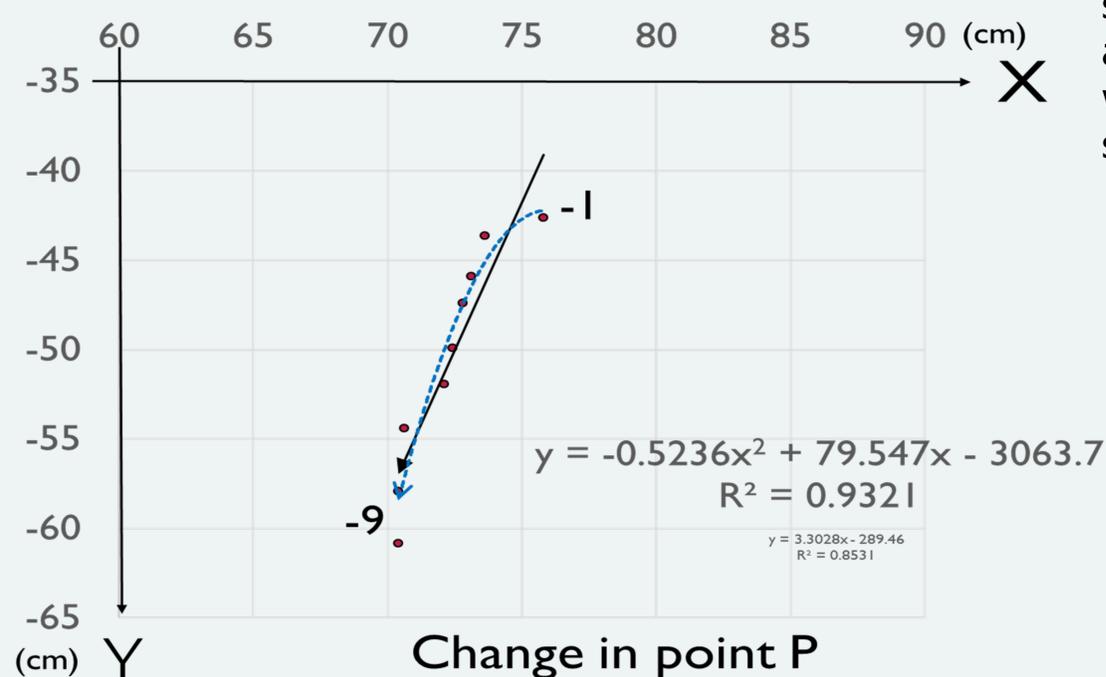
Experiment II

While conducting Experiment I, we felt that the position of the P point changed significantly when the light source was moved in the X axis, in other words, in the direction parallel to the rainbow screen, so we conducted Experiment II.



We used the same experimental setup in Experiment I. The light source was moved parallel to the X-axis on Z=30 by X=-1,-2,-3,...,-9 cm, and the coordinates of the P point were taken. The extreme values could not be obtained after 9cm. We did this operation eight times, and took the average of each.

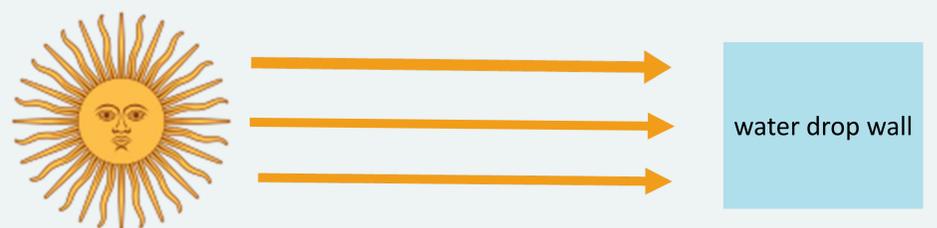
Result II



As in Experiment 1, this graph shows the change in P points when the rainbow screen is viewed from the front. The P point has a much smaller value of Y as the value of X decreases. Therefore, as the observer moves farther away from the light source, the P point moves to the lower left. We consider these points to be highly correlated because they are approximate.

Consideration

A flashlight is a diffuse light source that emits light in a spreading manner. In contrast, the sun is a parallel light source. Therefore, we infer that there is a difference in the appearance of the rainbow image. In Result II, it was considered from Experiment I that a spiral rainbow, whose extreme value cannot be taken, is observed somewhere at a value greater than -1 cm. Since there exists a position of the light source from which the extreme values cannot be taken, we consider that a smooth approximate curve is drawn up to that extreme value.



Each ray of light from the flashlight hits the rainbow screen and forms an image of light. Since the incident angle of each light differs from that of sunlight, the images are slightly different, and the observer's eyes see a superposition of these images, which is thought to be the reason why rainbows like this one are visible. When the spiral rainbow reaches a critical point, it blends into the curve of the upper part of the ellipse. This is very similar to the relationship between an ellipse and a hyperbola. Eccentricity may have a lot to do with the movement of the light source and the spiral rainbow.

Future outlook

We would like to increase the number of experiments to improve accuracy. In this experiment, we changed the angle and then parallel to the rainbow screen, but we would like to try other conditions. We want to examine the slope near point P more.

References

- [https://Asymptotic analysis of rainbow visibility file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20\(3\).pdf](https://Asymptotic%20analysis%20of%20rainbow%20visibility%20file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20(3).pdf)
- Kitami Institute of Technology Improvement of rainbow beads
- </mathsoc.jp/publication/tushin/0702/majima7-2.pdf>



Oiras' chou Dimensional Expansion

Group7 Kento Yamaguchi Koji Shiogai Kozo Shimada
Sora Tazaki Toshitaka Nakamura

Summary

- The dimensional expansion of Menelaus' theorem, **Manelaus' Theorem** is proper.
- The **inverse** of Manelaus' Theorem cannot be valid.
- Ceva's Theorem** in 3-D is proper.
- We suggest some ways of solving **kissing number problem**.

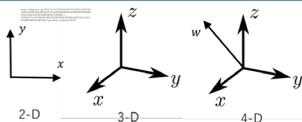
Motive

A dream of Sora is to make Doraemon. It is necessary to know other dimensional worlds in order to make it. Then we decided to elucidating them with mathematics.

Definition

n-D

A world with n primary independent coordinate axes.



n-simplex

A generalization of the notation of a triangle or a tetrahedron to arbitrary dimensions.

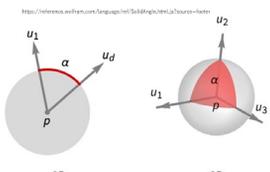


n-face A generalization of the notation of a vertex or a edge or a face

n-hyper volume A generalization of the notation of length or square or volume. $s(C_0C_1C_2...C_n)$ stands for the hyper volume of simplex $C_0C_1C_2...C_n$.

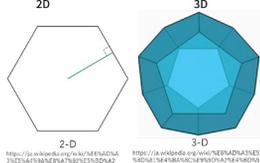
n-unit ball

A generalization of the notation of a unit circle or a unit ball.



polytope

A generalization of the notation of a polygon or a polyhedron.



Manelaus' Theorem

Ceva

$$\frac{AP}{PB} \cdot \frac{BQ}{QC} \cdot \frac{CR}{RA} = 1$$

Menelaus

$$\frac{QC}{CB} \cdot \frac{BA}{AP} \cdot \frac{PR}{RQ} = 1$$

Manelaus

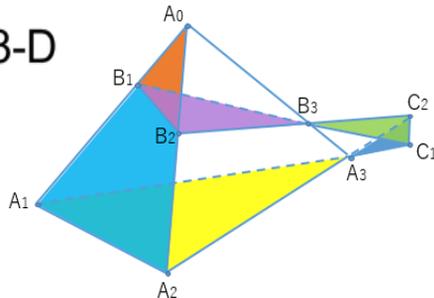
$$\frac{QC}{CB} \cdot \frac{BA}{AP} \cdot \frac{PR}{RQ} = 1$$

<https://univ-juken.com/menelaus>

Cut a m-simplex $A_0A_1A_2 \dots A_m$ by (m-1)-hyperplane $B_1B_2 \dots B_m$ and make $C_1C_2 \dots C_{m-1}$ for their intersection.

$$\frac{s(A_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})}{s(A_1 A_2 A_3 \dots A_m)} \cdot \frac{s(A_0 A_1 A_2 \dots A_{m-1})}{s(A_0 B_1 B_2 \dots B_{m-1})} \cdot \frac{s(B_1 B_2 B_3 \dots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \dots C_{m-1})} = 1$$

✳ In 3-D



No Inverse of Manelaus' Theorem

a

From Manelaus' Theorem,

$$\frac{CB}{RC} \cdot \frac{AP}{BA} \cdot \frac{QR}{PQ} = 1 \quad \dots \textcircled{1}$$

b

From Picture B,

$$\frac{QR}{PQ} = \frac{LR}{PL} \quad \dots \textcircled{2}$$

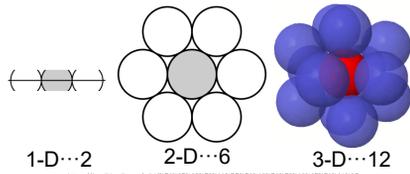
From ① and ②, $\frac{CB}{RC} \cdot \frac{AP}{BA} \cdot \frac{LR}{PL} = 1$

This is Counterexample, thus the Inverse of Manelaus' Theorem is false.



Kissing Number Problem

How many m-unit balls can you arrange so that they touch one m-unit ball without overlapping?



1. Oiras' chou Polytope theorem... Euler's polyhedron formula can be expanded in n-D.

About a m-polytope, we named it A. We also named the number of n-face $f(m_A, n)$.

$$X(A) = \sum_{n=0}^m (-1)^n f(m_A, n) = 1$$

The centers of the unit balls

→ The most dense regular polytope

$$n \left\{ \frac{mC_1}{a_{m-1}-1} - \frac{mC_2}{2} + \frac{mC_3}{2} - \dots + (-1)^{m-1} \frac{mC_m}{2} + (-1)^m \right\} = 1$$

(m=3,4)

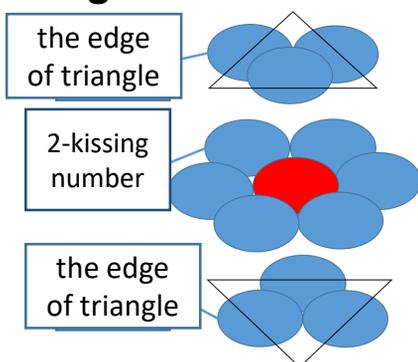
2. m-dimensional Electron Capacity Theory

Add up the numbers of s, p, d orbital and subtract the number of symmetrical d orbit like d_{xy} , d_{yz} , d_{zx} , and multiply by the number of spin. Define $f_m(n)$ as electronic capacity of m-dimensional atom's nth shell.

$$a_m = (m-1) \{ f_{m-1}(1) + f_{m-1}(2) + f_{m-1}(3) - mC_2 \} \quad (3 \leq m \leq 5)$$

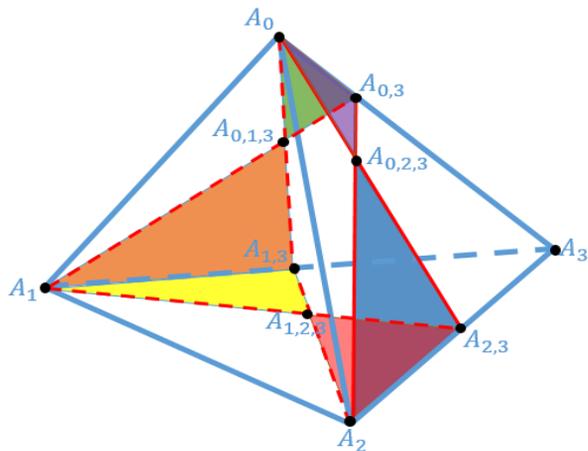
3. Attention to the number of edges

We define m-kissing number as a_m , and the number of a m-simplex' edges is $m+1C_2$.



$$a_{m+1} = a_m + 2m+1C_2 \quad (2 \leq m \leq 5)$$

Ceva's Theorem in 3-D



$$\frac{s(A_{1,2,3}A_{2,3}A_2)}{s(A_{1,2,3}A_{1,3}A_1)} \cdot \frac{s(A_{0,1,3}A_{1,3}A_1)}{s(A_{0,1,3}A_{0,3}A_0)} \cdot \frac{s(A_{0,2,3}A_{0,3}A_0)}{s(A_{0,2,3}A_{2,3}A_2)} = 1$$

Future Prospect

We would like to prove...

- Ceva's Theorem in n-D
- theorems with a line and a polygon (except for a triangle) in n-D
- Better ways for kissing number problem

References

- Sora Tazaki etc. (Our Research) "Oiras' chou Polytope Theorem' Deciding Euler Characteristic of Polytopes" (超多面体のオイラー標数を定める『オイラらのchou多面体定理』)
- Sora Tazaki (Our leader) 「電子収容数次元理論～電子軌道とスピンの次元一般化～」
- 平面図形の定理の空間への拡張 https://www.nagano-c.ed.jp/seiho/intro/risuka/kadaikenq/paper/2021/7_heimen.pdf (2022.9.15)
- チェバ・メネラウスの定理に関する教材開発：n角形への拡張 https://shizuoka.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=11389&item_no=1&page_id=13&block_id=21 (2022.9.15)



Speeding up deep learning system using Hash function

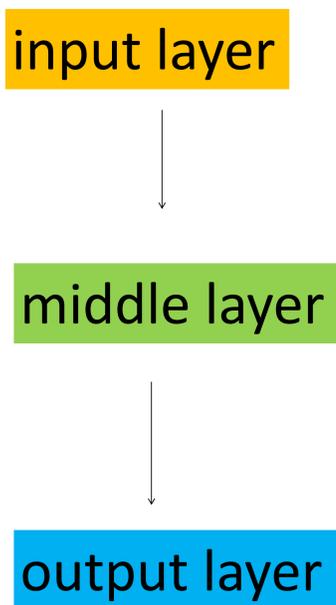
8th group Terada Satoru Tanaka Eita
Nakanishi Sei Nagi Keisuke Nagasato Himeka

outline

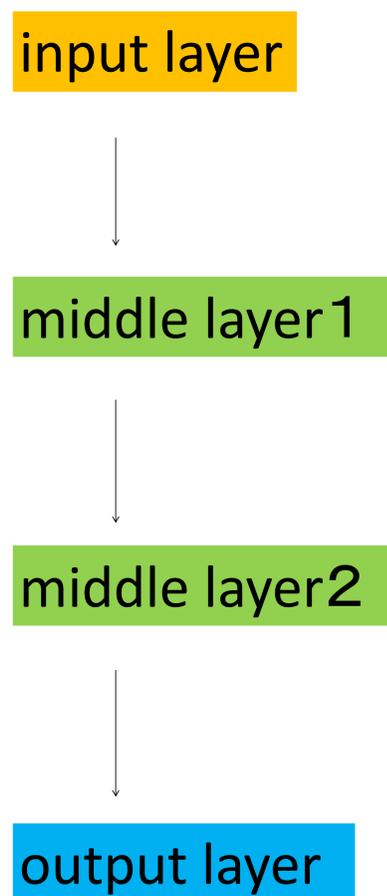
When the Hash function was introduced to NN to speed up the process, a condition was found that made it difficult to progress in learning models to which the speedup was applied.

Model Structures

▪ type1



▪ type2



✂ Dataset used
experiment 1 : Delicious
experiment 2 : MNIST

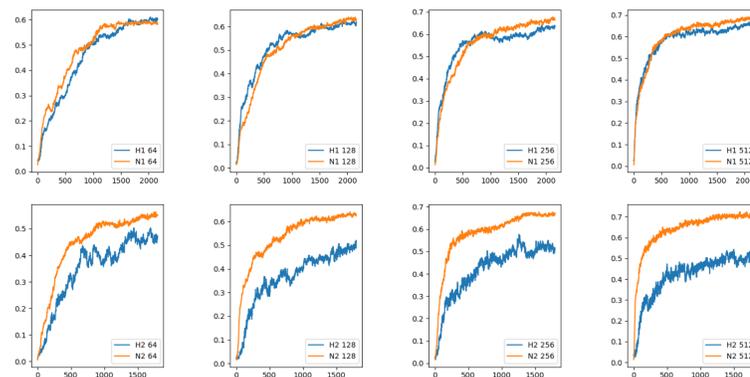
Experimental Plan

STEP1. Create a programme to speed up the neural network

STEP2. Check that learning proceeds under conditions similar to those in previous research using the programme.

STEP3. Change the structure of the network and the type of dataset (Experiment 2).

Experiment 1



Upper: Model with one middle layer ▪ orange : Normal learning
Lower: Model with two middle layers ▪ blue : Learning when speeding up
Vertical Axis: Percentage of accuracy in the test data
Horizontal axis: iterations

Result 1

Number of hidden layer nodes	64	128	256	512
One hidden layer	No loss of accuracy (58.0%→60.3% +2.3%)	Decline (62.6%→62% -0.6%)	Decline (66.3%→63.3% -3.0%)	Decline (68.6%→66.0% -2.6%)
Two hidden layers	Decline (55.0%→47.3% -7.7%)	Decline (62.3%→51.6% -15.0%)	Decline (67.3%→51.6% -15.6%)	Decline (71.3%→42.3% -29.0%)

Number of hidden layer nodes	64	128	256	512
One hidden layer	X5.6	X6.2	X5.8	X5.9
Two hidden layers	X5.0	X5.7	X4.5	X4.6

consideration 1

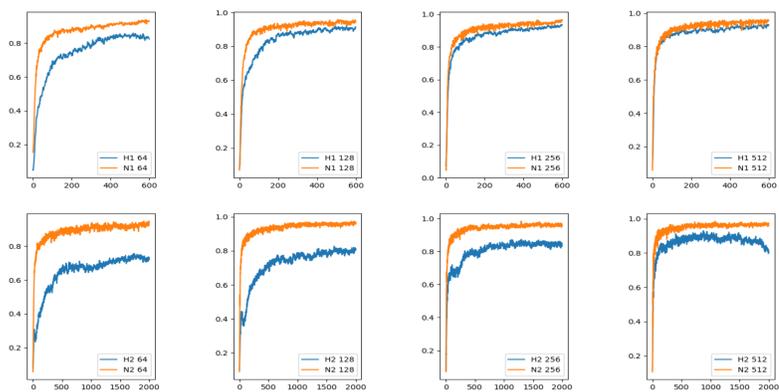
▪ Increase the number of middle class

➡ Decreased effect of acceleration

▪ Increase the number of intermediate layers or the number of nodes

➡ Model deteriorated

Experiment 2



Result 2

Number of hidden layer nodes	64	128	256	512
One hidden layer	Decline of accuracy (92.8%→83.4% -9.4%)	Decline (94.8%→89.7% -5.1%)	Decline (94.7%→92.3% -2.4%)	Decline (95.6%→93.5% -2.1%)
Two hidden layers	Decline (90.8%→71.9% -18.9%)	Decline (95.9%→79.9% -16.0%)	Decline (95.9%→85.0% -15.9%)	Decline (97.1%→80.7% -17.1%)

Number of hidden layer nodes	64	128	256	512
One hidden layer	X1.6	X2.2	X1.8	X1.9
Two hidden layers	X1.5	X1.5	X1.9	X1.9

Consideration 2

- Increase the number of middle class

➡ Model deteriorated
➡ Decreased effect of acceleration

- Increase the number of nodes in the middle layer

➡ Small deterioration of the model

Conclusion

- single-label classification
- More than 2 intermediate layers

➡ No usefulness of speedup using Hash function is seen.

- Multi-label classification
- One intermediate layer and a small number of nodes in the intermediate layer

➡ The usefulness of speed-up using the Hash function was confirmed.

References

高校数学からはじめるディープラーニング
初歩からわかる人工知能が働くしくみ
(金丸 隆志, 講談社, 2020.4.16)

Maxell Frontier Co., Ltd.
<https://www.frontier.maxell.co.jp/blog/posts/35.html>
(Lastest check:2022/09/16)

In Defense of Smart Algorithms over Hardware Acceleration for Large-Scale Deep Learning Systems

スライド集

ヤマトシロアリの認識因子の 効果と食性との相関



課題研究 生物一班
上坂太駈 小島康平 鶴菌優月 野澤彰範 羽賀匠海



ヤマトシロアリについて



ゴキブリ目ミゾガシラシロアリ科
Reticulitermes speratus

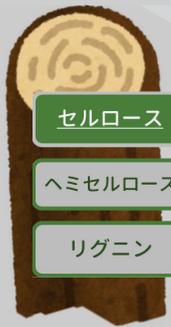
分布：日本のほぼ全域
(実験個体は近江神宮裏山で採取)

食性：落ち葉や湿った木材
生息地：高温な日陰を好む

朽ち木の内部などに巣を形成
クイーン・ソルジャー・ワーカー

ヤマトシロアリの食性について

・木質の三成分



○シロアリ
⇒消化酵素「セルラーゼ」でセルロースを分解可能
⇒木材を食べることができる
*その他の多くの動物はセルロース消化不可
○木質成分
⇒木種によって組成は多様
⇒木材の硬さ・含水率などが決定
⇒シロアリが食べやすい/食べにくい木材に関与

シロアリの共喰い行動

シロアリ：真社会性昆虫 分業して巨大な巣を営む
⇒時に、共喰い行動を行う

共喰いパターン①

外傷個体への共喰い行動



・飢餓状態が続くほど起こりやすい
・本研究で注目

共喰いパターン②

飢餓条件下での共喰い行動



・外傷の無い個体に対しての発生
・発生は稀

共喰いパターン③

特定の階級への共喰い行動



・羽アリの幼生から翅芽を齧る
・階級の数を調整

ワーカー体液…摂食刺激様の働き 外傷個体から滲出した血リンパ中の何らかの死体認識因子が機能

リサーチ・クエスチョン

◇死体認識因子
⇒ハイドロキノン?
⇒しかし様々な種において忌避性あり
⇒再検証の余地あり

リサーチ・クエスチョン

ヤマトシロアリの共喰い行動における
死体認識因子の正体とは何だろう?

仮説

◇死体認識因子の正体とは
⇒ハイドロキノンの再検証

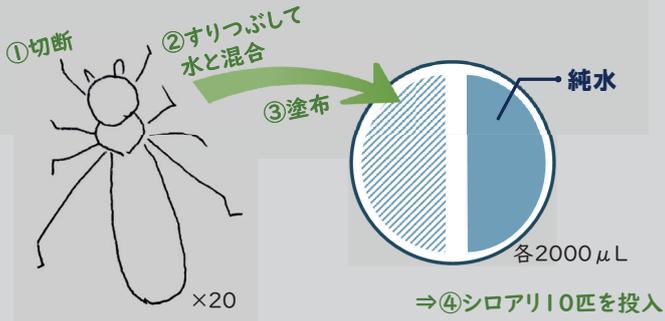
ハイドロキノン：リグニンの代謝で生産される不揮発性物質

仮説

ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性とは
相関があるのでは?

予備実験

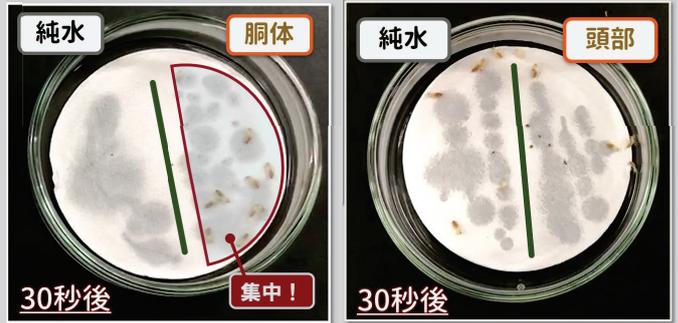
先行研究…腹部の下唇腺に認識因子が存在
⇒頭部と胴体に分けて実験



7

予備実験

⇒誘引されたシロアリ…胴体>頭部
⇒腹部中の認識因子の効果を確認



8

本実験①

◎食性との相関

木材の種類によって効果に差異が生まれるのか?

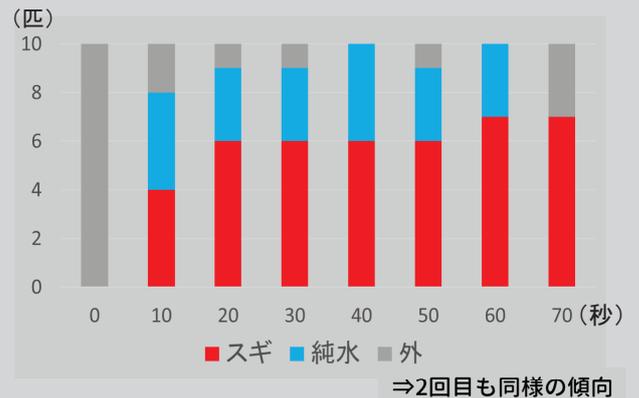
⇒粉末状の4種の木材を用意

⇒シロアリを飼育 (25 $^{\circ}$ C 3日間)



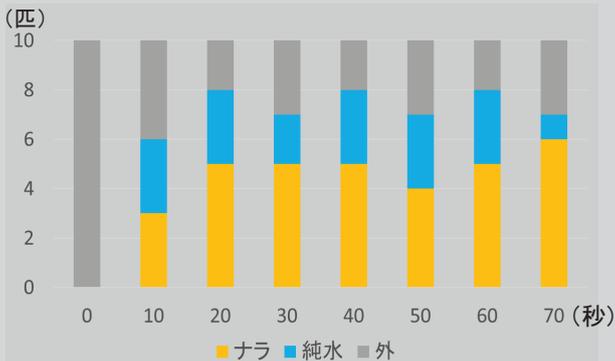
9

本実験①



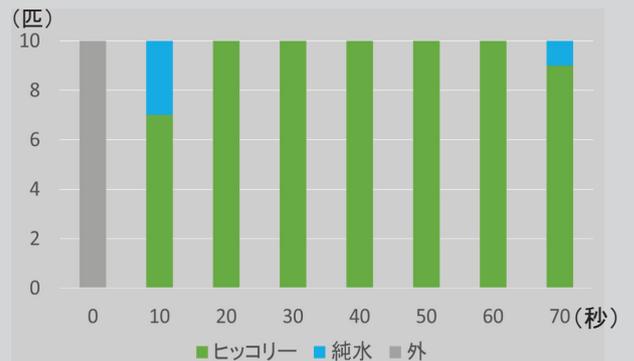
10

本実験①



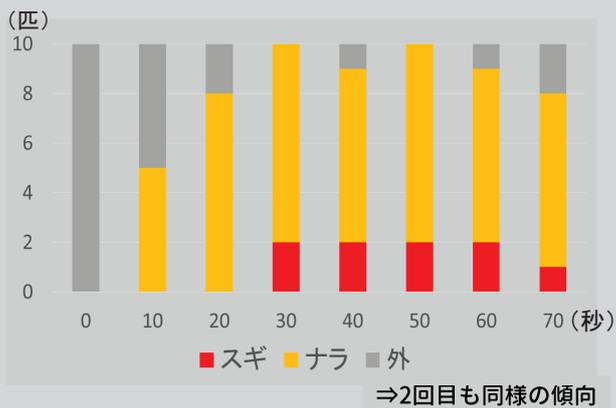
11

本実験①



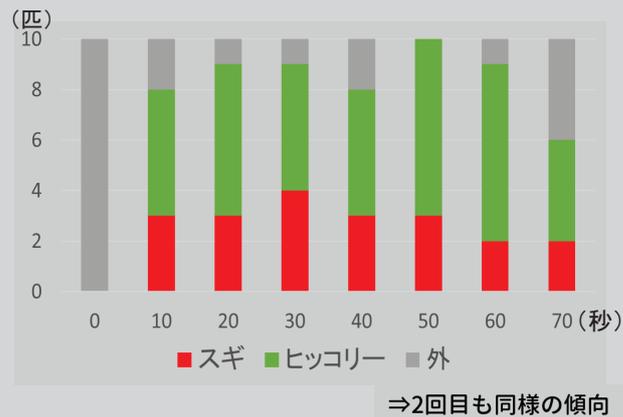
12

本実験①



13

本実験①



14

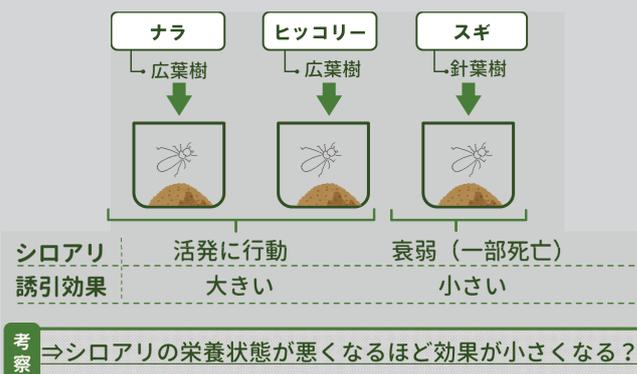
結果①

左	右
○スギ	純水
○ナラ	純水
○ヒッコリー	純水
スギ	◎ナラ
スギ	◎ヒッコリー

・シロアリの健康 ⇒木種が効果に関係している

15

結果・考察①



16

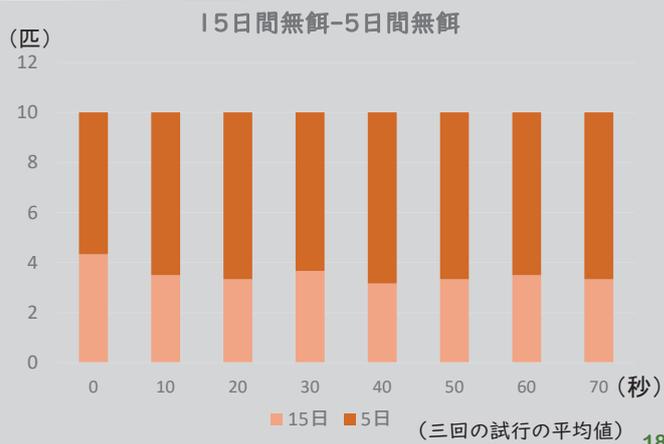
本実験②

シロアリの栄養状態が悪くなるほど効果が弱くなる?
⇒飢餓環境が効果に影響を及ぼすのでは?



17

結果②



18



結果・考察②

シロアリの誘引…15日間<5日間
 飢餓状態が長い→誘引効果減衰

栄養状態が悪いとシロアリの死体認識因子の
 効果は弱くなる。

考察

⇒シロアリの代謝の働きと認識因子の効果は関係がある？

まとめ

仮説 ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性とは
 相関が生まれるのでは？

木種との関係は？

実験① シロアリが食べる木材の種類によって
 認識因子の効果に差がみられた

栄養状態との関係は？

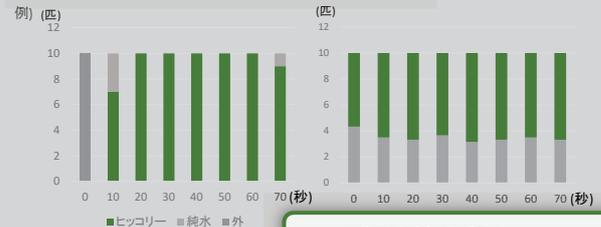
実験② シロアリの飢餓環境の期間が長いほど、
 認識因子の効果が弱くなった

代謝との関係は？

全体の考察

認識因子の正体について
 ⇒物質の性質を考察

①誘引効果は持続している



⇒不揮発性物質なのでは

全体の考察

②栄養状態が悪いほど効果が弱くなる

⇒認識因子の効果がシロアリの代謝の働きに関係？

- 〈認識因子=ハイドロキノン〉のとき
 - ◆木質成分全体への代謝の働きが小さくなった
 - ◆リグニン消化を抑えセルロース消化にエネルギーを回した

- 〈認識因子≠ハイドロキノン〉のとき
 - ◆リグニン以外の成分（セルロース・ヘミセルロースなど）の代謝産物である可

⇒何かしらの代謝産物なのでは

⇒物質の同定まではできない…

課題と展望

- 物質の不揮発性についてより正確な検証
 - クロマトグラフィーなどの化学的分析
- 認識因子と代謝の関係についてより正確な検証
 - セルロースのみ・リグニンのみの条件における検証
 - ヤマトシロアリのリグニン代謝の詳細なメカニズムを検証
 - ハイドロキノンの化学的性質についてさらに分析（毒性など）

探究

リサーチ・クエスチョン

ヤマトシロアリの共喰い行動における
 死体認識因子の正体とは何だろう？

参考文献

- ・吉村剛ら, 2012, シロアリの事典, 海青社
 - ・日本木材学会, 2012, 木質の化学, 文永堂出版
 - ・西本孝一, シロアリの捕食行動
- 最終アクセス日2022/1/16 16:50
- ・中川木材産業株式会社, |平井信二先生の樹木研究|8-樹木|木の情報発信基地
<https://wood.co.jp/8-jumoku/hirai/hirai65.html>
- 最終アクセス日2022/9/15 19:01
- ・山中康如, ヤマトシロアリにおける人為的外傷に起因する共食い行動の解析
<https://repository.nihon-u.ac.jp/xmlui/bitstream/handle/11263/1621/Yamanaka-Yasuyuki-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 最終アクセス日2022/1/16 16:50
- ・平成25年度理数科課題研究, 「シロアリのフェロモンに関する研究」
 - ・平成31年度理数科課題研究, 「アミメアリの死体認識因子の特定」
 - ・令和3年度理数科課題研究, 「ヤマトシロアリの共食い行動について」

25

ヤマトシロアリの認識因子の 効果と食性との相関

【終】
ご清聴ありがとうございました。



課題研究 生物一班
上坂太駈 小島康平 鶴菌優月 野澤彰範 羽賀匠海



26

両生類の体表面粘液の 抗菌効果の研究

2年9組 化学2班
岡袖月 柴田怜音 福山心結 藤田仁菜 山中俊輝

発表の流れ



1/23

はじめに

両生類 毒性を持つ分泌物を出すものが存在



毒をもつ両生類の粘液
➡ 通常以上の抗菌効果

両生類ごとの抗菌の程度の違い
➡ 毒の強さ比較

2/23

はじめに

対象とする両生類：アカハライモリ

Cynops pyrrhogaster



捕獲場所：京都府丹波山地溪谷
餌：ミミズ アカムシ さし虫
体長：10cm前後
性質：体表面にテトロドトキシン
という毒を持つ



3/23

これまでの実験

両生類の体表面を綿棒で擦り、
培地に塗布



- ・ 大腸菌では無い菌が繁殖
- ・ その菌は { 大腸菌より繁殖力が高い
毒に耐性がある

4/23

実験 1 粘液の採取方法の再検討

これまで… 仮説通りの結果 ×
粘液は採取できている？ ➡ 不明

方法を再検討

綿棒で採取

➡ 培地に直接押し当てて採取

刺激を与えてその効果を探る

5/23

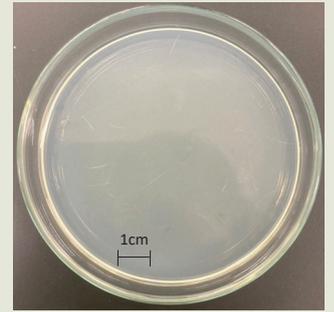
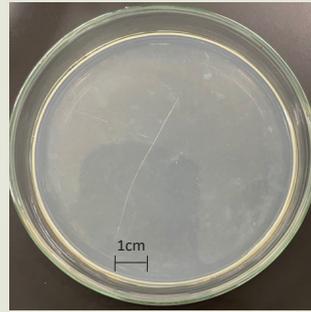
実験1 方法



- ①寒天培地を作成
- ②アカハライモリを、刺激を与えるグループAと与えないグループBに二分
- ③グループAのイモリの背面に柄付き針で100回細かな刺激を与え、背面を寒天培地全体に擦り付ける
- ④グループBのイモリの背面を寒天培地全体に擦り付ける
- ⑤37℃で培養し、2日後、結果を比較

6/23

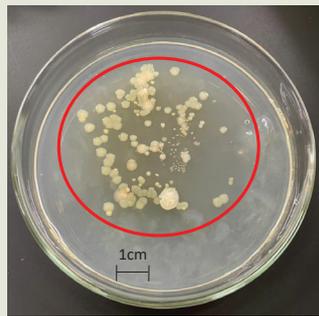
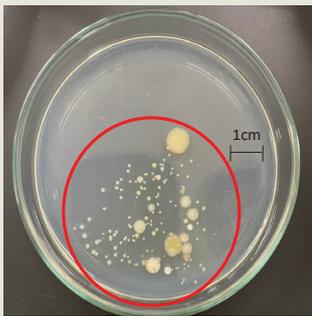
実験1 結果 対照区 (イモリなし)



変化なし

7/23

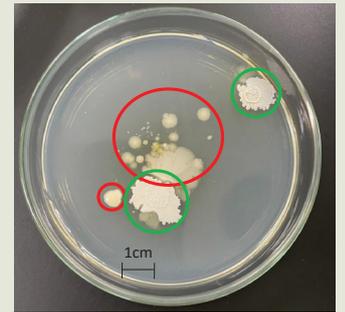
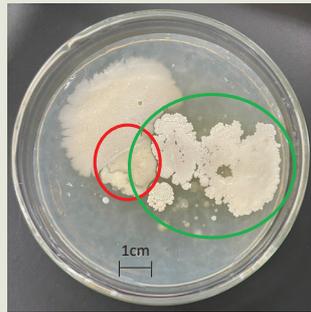
実験1 結果 グループA (刺激あり)



淡黄色の菌が生育

8/23

実験1 結果 グループB (刺激なし)



淡黄色の菌に加え白い菌が生育

9/23

実験1 考察

- ・グループAの培地には白い菌がいなかった
- ➡刺激によって毒が分泌されたことにより、**一部の菌が除かれた**
- ・グループA・B共に淡黄色の菌が生育
- ➡淡黄色の菌は**繁殖力が高い 毒に耐性がある**

前回までの実験の考察と一致

10/23

実験2 方法

培地の数を増やし
実験1と同様に実験



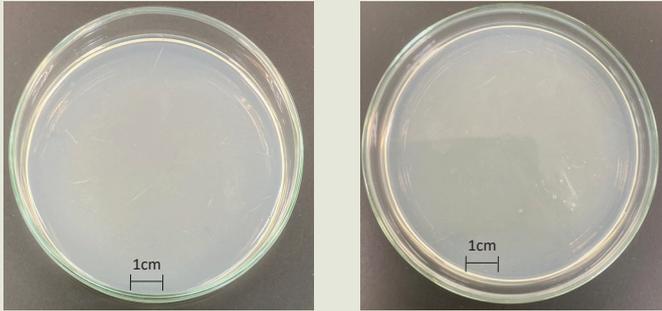
ただし都合上実験の
1日後に観察を実施

柄付き針による刺激の有無

グループ	刺激の有無
グループA	1 有
	2 有
	3 有
グループB	4 無
	5 無
	6 無
7	対照区
8	対照区

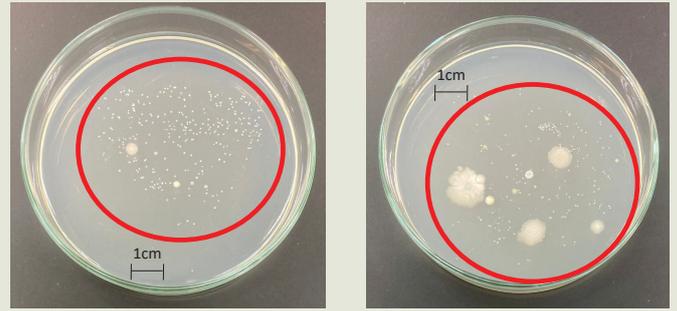
11/23

実験2 結果 対照区 (イモリなし)



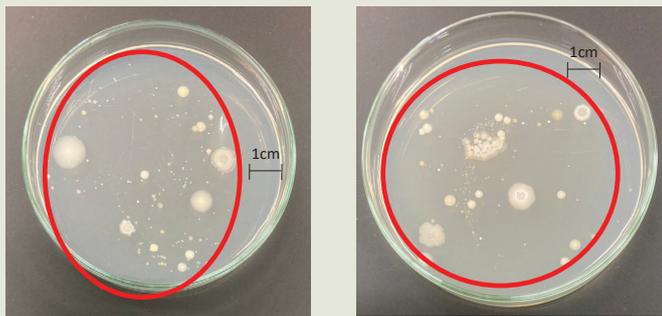
変化なし 12/23

実験2 結果 グループA' (刺激あり)



淡黄色の菌が生育 13/23

実験2 結果 グループB' (刺激なし)



淡黄色の菌が生育 14/23

実験2 考察

- ・グループ間の明確な差が見られなかった
- ➡培養時間が短かったためコロニーが育ちきらなかった
- ・グループB'の方が大きく育っているコロニーが多い
- ➡刺激による毒の効果？
- ・グループA'・B'共に淡黄色の菌が生育
- ➡この菌は体表面に常在している

15/23

実験3 方法

柄付き針による刺激の有無

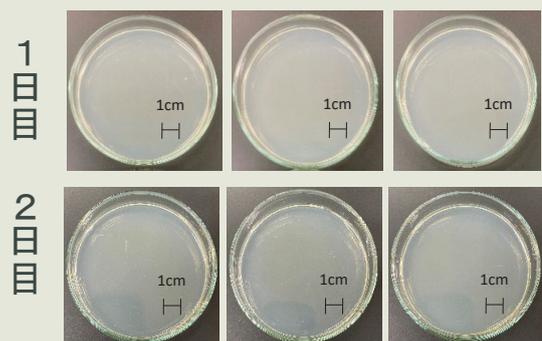
グループA	1	有
	2	有
	3	有
	4	有
	5	有
グループB	6	無
	7	無
	8	無
	9	無
	10	無
	11	無
	12	無

培地の数を増やし
実験1・2と
同様に実験

1日後と2日後の
結果を取り比較

16/23

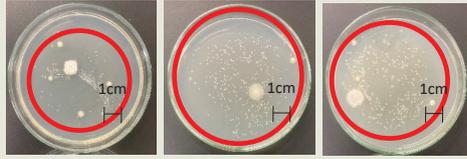
実験3 結果 対照区 (イモリなし)



変化なし 17/23

実験3 結果 グループA'' (刺激あり)

1
日
目



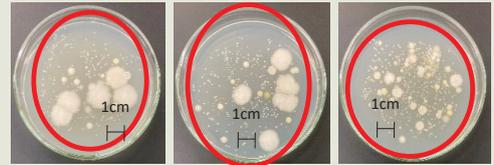
2
日
目



淡黄色の菌が生育 18/23

実験3 結果 グループB'' (刺激なし)

1
日
目



2
日
目



淡黄色の菌が盛んに生育 19/23

実験3 考察

- ・グループB''の方が大きく育っているコロニーが多い
➔ グループA''では刺激によって毒が分泌され
菌の繁殖が抑えられた

実験1・2の結果から立てた仮説や考察と
実験3の結果は一致している

20/23

全体の考察

・両生類は体表面に繁殖力の強い菌を
宿すことで、他の菌の感染を防いでいる

・強い刺激を受けたとき毒を分泌し、
天敵を撃退したり、宿している菌以上の
繁殖力をもつ菌を除去したりしている

21/23

今後の展望

菌の性質の調査 ➔ 正体を同定

別の刺激を与える実験

酸性環境に置く・刺激の強さを変える 等

別の両生類で実験

ヒキガエル・サンショウウオ 等

22/23

参考文献

- ・石田正彦, 2019年, 「『アマガエル』の『毒』に要注意」
<https://news.yahoo.co.jp/byline/ishidamasahiko/20190606-00129034>
- ・こめやん, 2020年, 「LB培地とは? 大腸菌培養に! 組成や作り方、特徴」
[LB培地とは? 大腸菌培養に! 組成や作り方、特徴 | ネットdeカガク \(netdekagaku.com\)](http://netdekagaku.com)
- ・「無菌操作と培地の作り方マニュアル」
[無菌操作のマニュアルと注意 \(ehime-u.ac.jp\)](http://ehime-u.ac.jp)
- ・たらこや明太子の接種で、標準寒天培地に黄色菌集落
<http://www.kanazawa-med.ac.jp/~kansen/situmon/mentaiko.html>

23/23

色素増感太陽電池の 紫外線領域での発電について

2年9組 化学3班
蟹谷 唯斗 小上馬 良浩 高塚 日和
竹田 京美 田中 優菜

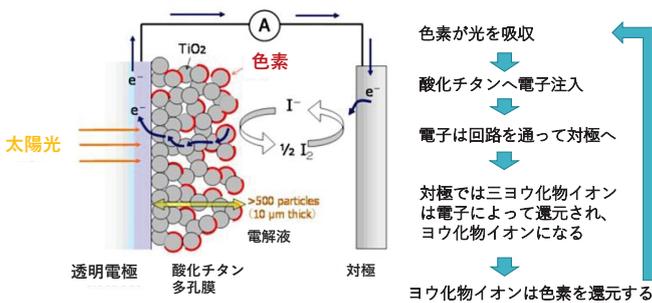
1.概要



色素増感太陽電池は、有機系太陽電池の一種である。

光を吸収する働きのある増感色素を酸化チタンの表面に吸着させ、光を当てることで発電する。

2.色素増感太陽電池について



<http://www.peccell.com/products/PEC-TOM02/> より引用

3.動機

これまでの色素増感太陽電池には
可視光線と赤外線を
主に吸収する色素が使われていた。

↓
紫外線をよく吸収する色素を用いる。

↓
**紫外線領域でも効率よく
発電を行うことができるのではないか？**

4.予備実験

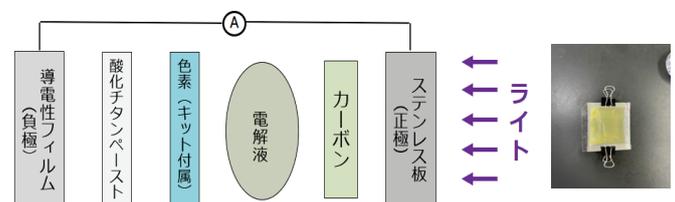
実験道具

- ・酸化チタンペースト ・導電性フィルム (陰極)
- ・セロハンテープ ・ステンレス板 (陽極) ・クリップ
- ・電解液 ・ワニ口クリップ ・色素溶液 (エオシンY)
- ・ライト ・スマートフォンのライト



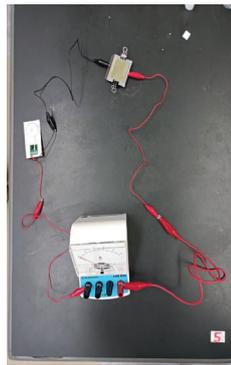
5.実験方法

- ①導電性フィルムに酸化チタンペーストを塗り、キット付属の色素 (エオシンY) を吸着させる。
- ②ステンレス板と導電性フィルムを貼り合わせ、ライトを照射する。



6.結果

電流	電圧
3.2mA	0.45V



7.仮説

この実験装置を用いて発電を行うことができることが分かった。

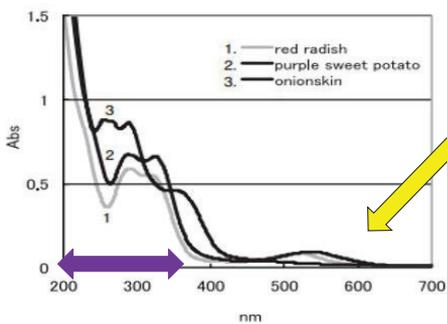


色素を、可視光を吸収するアゼピン環系の色素から紫外線を吸収するケルセチンへと置き換え、紫外線を照射する。



紫外線領域でも発電することが可能になる!?

8.用いた色素について



ケルセチンの吸収スペクトル

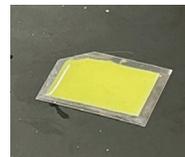
今回用いたUVライトの波長
.....360nm

<https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf> より引用

9.本実験

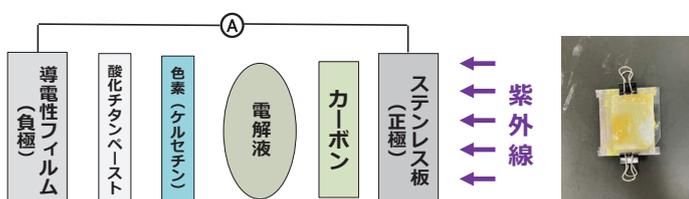
- 増感色素をエオシンYからケルセチンに変更し、色素なしの場合と、色素ありの場合で比較した。
- ライトをUVライトに変更し、紫外線のみを照射した。

その他は予備実験と同じ



10.実験手順

- 2枚の導電性フィルムに、それぞれ酸化チタンを塗り、一方は色素なしで、一方にはケルセチンを吸着させ、下図のような電池を作成した。
- 電池を回路につなぎ、それぞれ紫外線を照射した。



11.結果

酸化チタンのみ

色素あり

電流	電圧	電流	電圧
0mA	0.10V 不安定	0.17mA 安定	0.53V 安定



紫外線を用いて
発電できた!

12. 考察・まとめ

色素がない電池よりも、色素を吸着させた電池のほうがより大きな電流、電圧が発生した。



紫外線を吸収する色素を用いることで、発電量が向上し、紫外線領域でも発電することができる。

13. 今後の展望

- 様々な波長の光を吸収する色素を組み合わせ、カクテル型太陽電池やタンデム型太陽電池を作成する。
- 色素や溶媒の工夫をして、紫外線領域における発電量の向上に努める。



14. 参考文献

色素増感太陽電池の仕組みーペクセル・テクノロジーズ
<http://www.peccell.com/shikiso.html>
(最終閲覧日2023/1/19)

色素増感太陽電池 実験キット
<http://www.peccell.com/products/PEC-TOM02/>
(最終閲覧日2023/1/19)

小林 優子, 鈴木 恒夫「フラボノイド系植物色素染色布の紫外線遮蔽性能」
<https://core.ac.uk/download/pdf/235972461.pdf>
(最終閲覧日2023/1/19)

船体の傾きにおける軌道の変化

物理4班

川村友洋 佐藤葵 小早川恵琉 中村燎

1/17

1. 研究背景

先行研究 旋回性能に及ぼす横傾斜角の影響



右旋回と左旋回で異なる

Ex)右旋回させるとき、左側に傾斜

旋回性能 向上

舵あり

2/17

舵がない状態 + 傾斜角



- ・どう変化？
- ・舵がある場合と同じことが言えるのか？

船体の軌道への影響

3/17

2. 仮説

- ・軌道は渦巻線
- ・横傾斜角 θ の絶対値の増加
→ より内側を描く

※ $0^\circ \leq |\theta| \leq |(\text{転覆しない最大角})^\circ|$
※内側…船体を傾けた側と逆側

4/17

3. 実験

〈実験方法〉

- ・木製のボート模型 ・ ビニールプール
- ・船体の水面に対する傾き
→ ① 0° ② $\pm 5^\circ$ ③ $\pm 10^\circ$
- ・輪ゴムで発射
- ・真上から撮影
- ・目盛りを読み取る

後ろから見た図



横傾斜角
(反時計回りを正)

5/17

実験で用いた木製模型(約1/12)

	木製模型	木製ボート
全長(mm)	310	3560
全幅(mm)	64	800
高さ(mm)	26	310
重量(kg)	0.060	18

・抵抗の観点から重量のスケールは無視。

木製模型 ...



木製ボート ...



6/17

ビニールプール

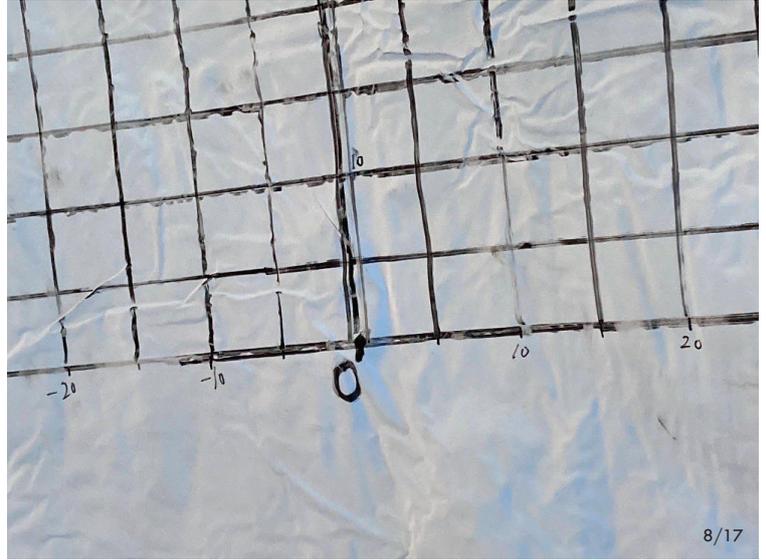
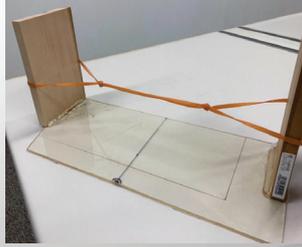
- 145 × 90 × 50 (cm)
- 底に目盛り (5cm間隔)



7/17

発射装置

- ガラス板
- 木の板
- 輪ゴム (幅5mm)



8/17

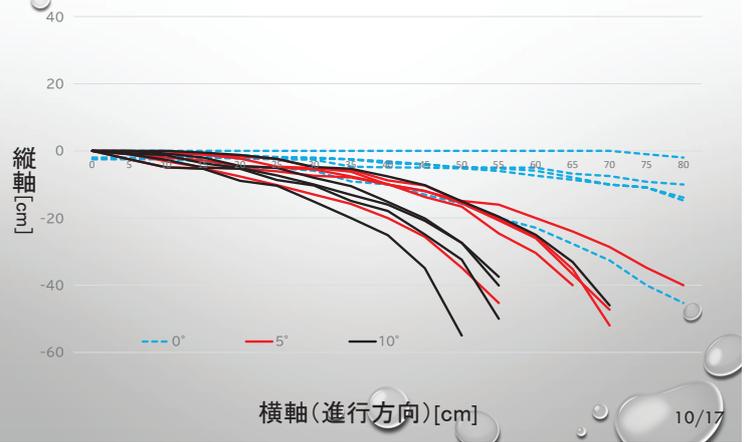
実験の様子



9/17

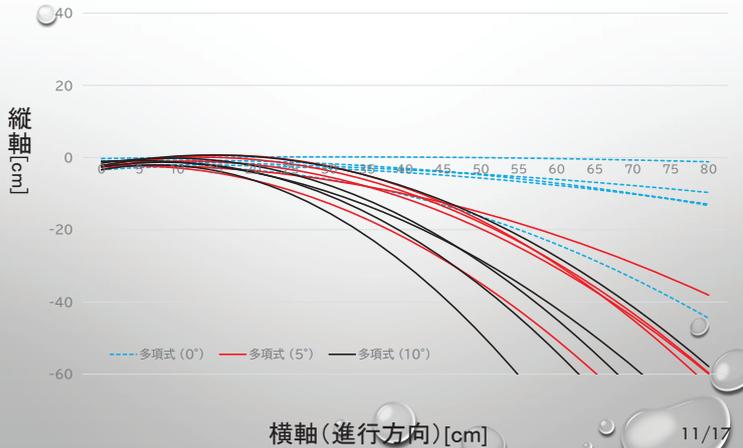
4. 結果

実験0° +5° +10° [正-折れ線]



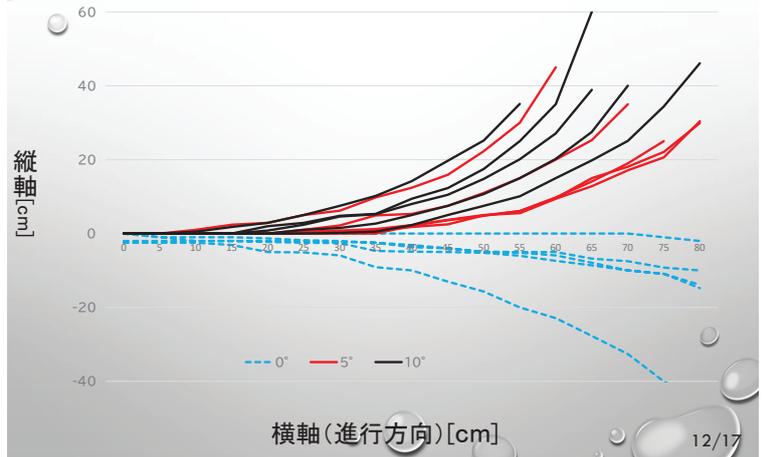
10/17

実験0° +5° +10° [正-近似曲線]



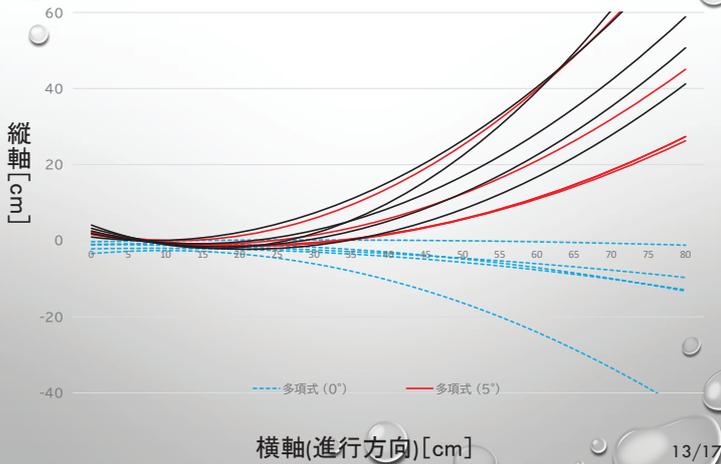
11/17

実験0° -5° -10° [負-折れ線]



12/17

実験 0° - 5° - 10° [負-近似曲線]



5. 考察

- ・軌道が二次関数
 - ➡ 初速しか与えてなかったために水の抵抗が小さくなったことが原因
- ・横傾斜角 θ の絶対値の増加
 - ➡ より内側に軌道を描く傾向

14/17

船体が傾斜させた方向と逆側に
旋回する理由



「加速度の大きさは物体の質量に
反比例する」

両側の速度差が、回転
する力を生むのでは？

15/17

6. 今後の展望

- ・実際の大きさの船と差がある？
- ・水以外の液体(例えばシリコンオイルなど)を用いて粘性を変える
- ・試行回数をより多く重ねる
- ・横傾斜を原因とする転覆事故防止へ

16/17

7. 参考文献

・作野峻哉、安川宏紀、芳村康男:横傾斜状態で航行する船の操縦性能、日本船舶海洋工学会講演会論文集 第25号、(2017)

[HTTPS://RESEARCHMAP.JP/SHIP_YOSHIMURA/MISC/23283241/ATTACHMENT_FILE.PDF](https://researchmap.jp/ship_yoshimura/misc/23283241/attachment_file.pdf)(最終閲覧日 2023年1月19日)

・木製2馬力ボート コバヤシ

[HTTP://WOODEN-BOAT-KOBAYASHI.COM/](http://wooden-boat-kobayashi.com/)

(最終閲覧日 2023年1月19日)

17/17

矢羽根の枚数や傾きによる 矢の軌道への影響



2年9組 5班
音居 大河
小峠 拓海
仲宗根 真生
中山 温人
安井 真央

1

0. 動機・目的

- 今日世界で幅広く使われている矢の矢羽根は3枚でありその形状も似ている
- はっきりとした理由はわかっていないので実験によって明らかにすることを目的とした



2

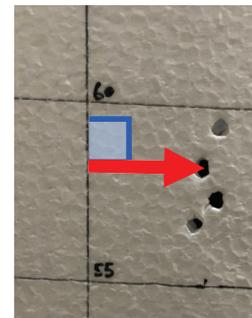
1. 本研究の流れ

- 実験1 最も軌道が安定する矢羽根の枚数
- 実験2 矢羽根の枚数による抵抗の違い
- 実験3 矢の回転による軌道の安定への影響

3

2-1 実験1 ねらい

矢羽根の枚数を変えたときの左右方向へのずれを調べる

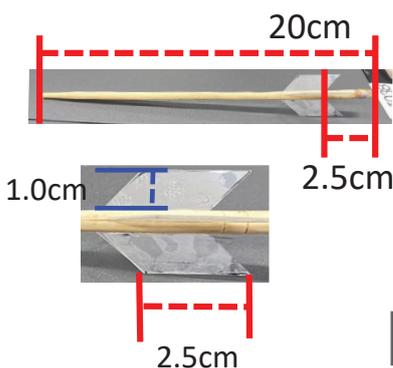


左右方向へのずれ

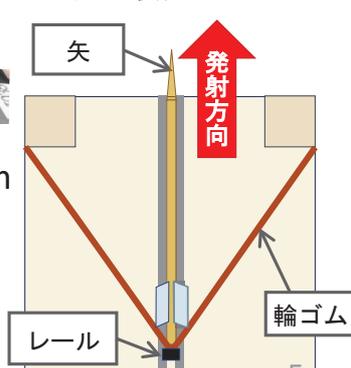
4

2-2 実験1 実験方法

■ 矢

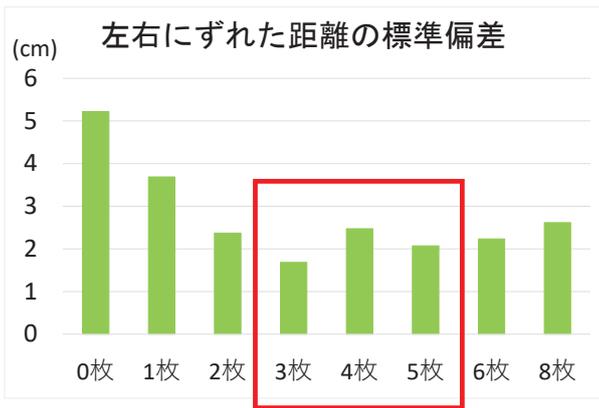


■ 発射装置(上から)



6

2-3 実験1 結果



7

2-4 実験1 考察

■ 矢が左右にずれた距離

- 3枚～5枚周辺でばらつき小
⇒ 水平方向において安定
- 枚数によるばらつきの変化小
⇒ 発射速度が速すぎた可能性

8

3-1 実験2 ねらい

■ 実験1

矢羽根の枚数による変化小

- ⇒ 発射速度が速すぎた可能性
- ⇒ 差異を調べる必要あり

3枚～5枚周辺でばらつき小



- ✓ 矢の速さを遅くして実験する
- ✓ 矢羽根の枚数を変えたときの受ける抵抗を調べる

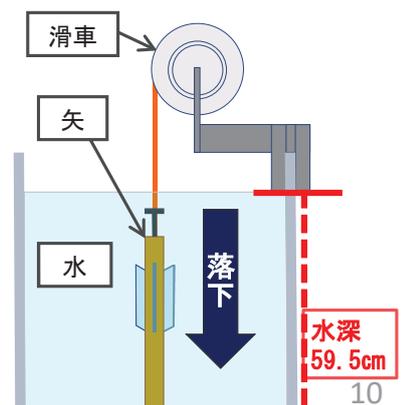
9

3-2 実験2 実験方法

■ 実験装置



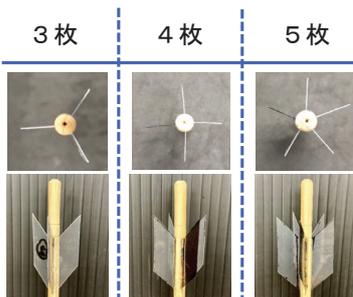
■ 落下装置(横から)



10

3-2 実験2 実験方法

■ 矢



× 2本

■ 測定方法



11



12

3-3 実験2 結果・考察

■ 矢の落下時間

	3枚	4枚	5枚
落下時間(s)	1.27	1.29	1.29

3枚羽根は4枚羽根・5枚羽根よりも落下時間が短い



■ 矢が受ける抵抗

3枚 < 4枚・5枚

⇒ 3枚の方が速く安定した軌道になる

13

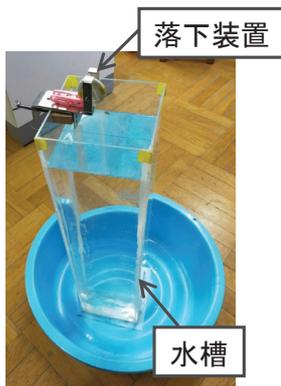
4-1 実験3 ねらい

矢の回転によって矢の軌道の安定にどのような影響があるか調べる

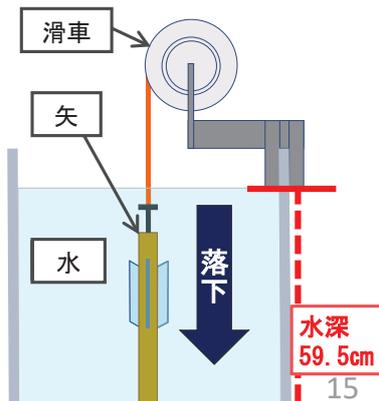
14

4-2 実験3 実験方法

■ 実験装置



■ 落下装置(横から)



15

4-2 実験3 実験方法

■ 矢

矢羽根の傾き

無し

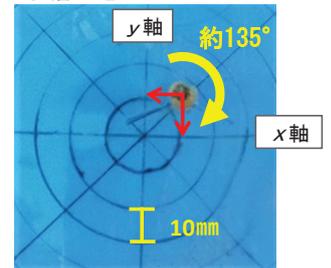
有り



2mm

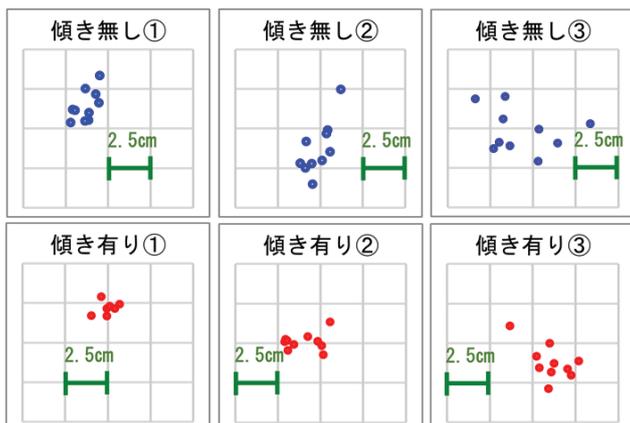
■ 測定方法

水槽の底



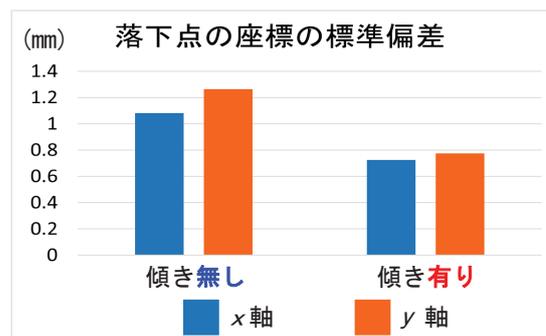
16

4-3 実験3 結果



17

4-3 実験3 結果



■ 傾き有りの方がばらつきが小さい

18

4-4 実験3 考察

■ 矢の落下地点の座標

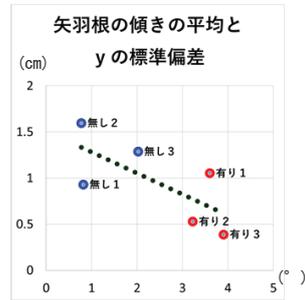
ばらつき 傾き無し > 傾き有り

⇒ 矢が回転する方が軌道は安定

矢羽根の傾きが大きいほど

ばらつきが小さくなる

⇒ それには限界があると考え



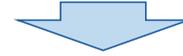
19

5. 結論

□ 矢羽根の枚数・角度 ⇒ 矢の軌道に影響

■ 3枚羽根 ➡ 軌道が安定・抵抗が小さく速い

■ 回転 ➡ 軌道が安定



矢羽根の枚数は3枚が適している

20

6. 今後の展望

- 矢の軌道が最も安定する矢羽根の傾きを探る
- 矢羽根の枚数による矢の回転数の変化を調べる
- 矢羽根の枚数ごとの最適な矢羽根の傾きを探る

21

7. 参考文献

矢の基礎知識 - 刀剣ワールド

<https://www.touken-world.jp> 9/15

矢羽根の形状と飛び方の変化

<https://uwajimahigashi-h.esnet.ed.jp> 9/15

アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究 平野孝典

<https://takushoku-u.repo.nii.ac.jp> > ... 9/15

22

虹スクリーンが現す特徴的な現象の解明

物理6班

須山景哉 渡邊慶一 伊藤慶幸
赤瀬川咲紀 岸川茉央

1/21

導入

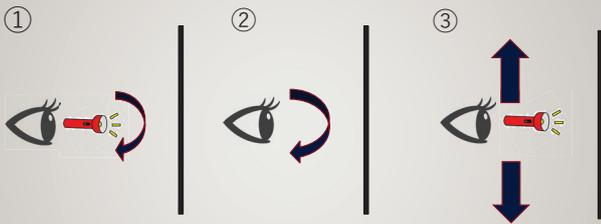
- 虹スクリーンとは

水滴を微小な透明のガラスの粒に見立て板に貼り付けたもの。虹スクリーンに映る点光源による人工虹を観察した。今回は点光源の懐中電灯を用いた。



2/21

予備実験 結果



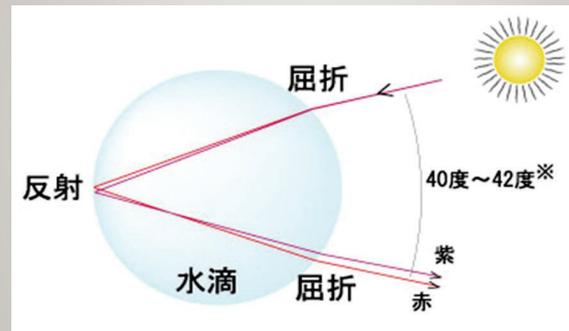
① 光源は点光源なので光の当てる角度によって虹の形は影響しない。

② 観測者の位置を変えないので観測者の角度は虹の形に影響しない。

③ 観測者と光源を平行移動させても虹の形に影響しない。

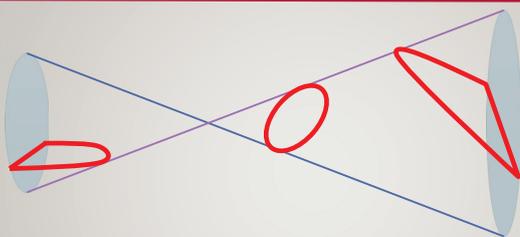
3/21

先行研究～虹の作り方～



4/21

先行研究～虹のできる条件～



私たちが見る虹は、円錐を平面で切った断面の縁になっているため、二次曲線の虹しか見れない。

↓ しかし・・・

私たちは、虹スクリーンでしか見れない、三次関数的な虹を発見した！！

5/21

唸虹



6/21

動機と目的

この虹スクリーンが見せる特徴的な現象である唸虹の移動を解明する。



今回は下のP点に着目

7/21

研究方法

☆定量化を図る

①唸虹の動き→P点の移動

(②唸虹の形状変化→P点周辺での傾き)

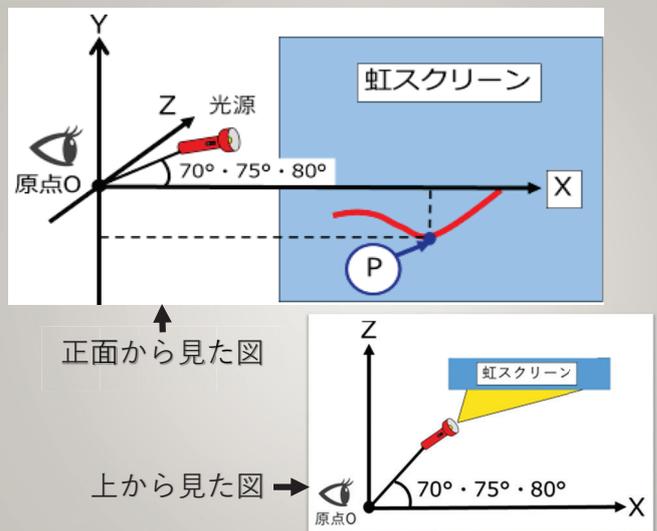


8/21

実験①

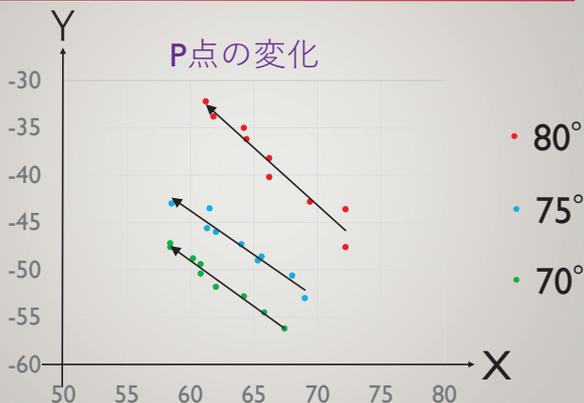
- 観測者を原点として、X軸、Y軸、Z軸をとる。
- 光源を角度は一定で原点から30cmのところから1cmずつ虹スクリーンから遠ざけていき、22cmまでの点Pの座標をとる。
- 光源の角度は80度、75度、70度の3通りを5回ずつ記録し、平均をとった。
- なお、虹スクリーンはZ=55(固定)である。

9/21



10/21

結果①



11/21

結果と考察①

P点は光源を虹スクリーンから遠ざけていくと座標は右下へと一定の割合で移っていく。
角度を変えてもその変化の割合は一定である。



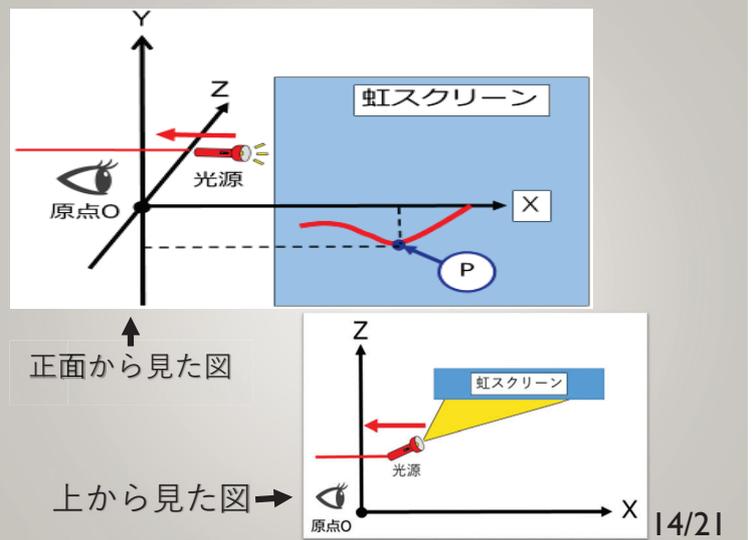
実験を行っている中で、X軸方向に光源を移動させたとき、P点の位置の変化が激しかったので、X方向の変化の影響が大きいと考察した。そこで実験②を行った。

12/21

実験②

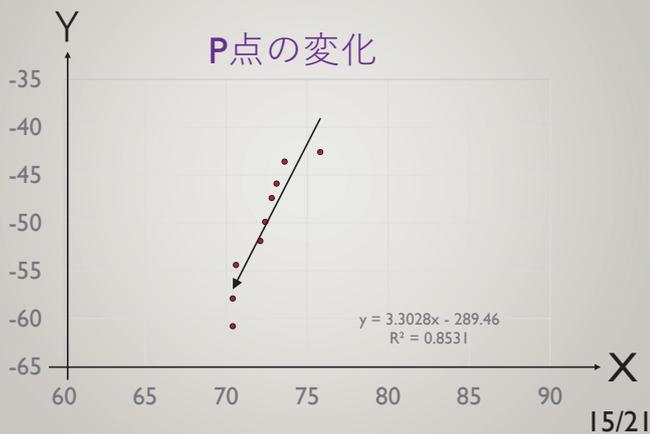
- 観測者を原点として、X軸、Y軸、Z軸をとる。
- Z = 30上で、X軸に平行に光源を 1 cm~9 cmで動かし、P点の位置の変化を調べる。
- 8回記録し、平均をとった。

13/21



14/21

結果②



15/21

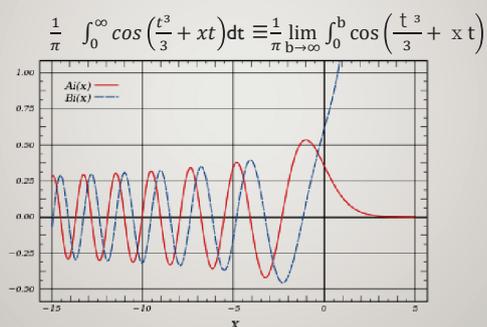
結果と考察②

- P点は、光源の位置が観測者から遠くなるにつれて、一定の割合で左下へと沈んでいく。
- 回数を重ねるにつれて、平均をとっていくとどんどんと直線に近似していくため、高い相関関係があると推察できる。

16/21

エアリー関数①

$Ai(x) =$



17/21

エアリー関数②

$\frac{d^2y}{dx^2} - xy = 0$ の解として存在

★性質

二乗の値が虹の光の強度に比例 → 過剰虹の解明!

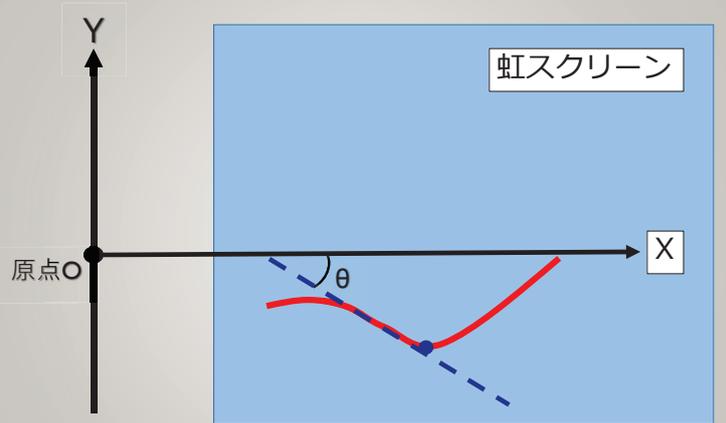
虹における光の回折と干渉についてもかかわっているという文献を発見したが、詳しい関係性はわからなかった。

18/21

今後の展望

- 実験の回数を増やして、精度を上げたい。
- 今回は角度で条件を変えて実験したが、他の条件でためしてみたい。
- P点の各地点での傾きを調べたい。

19/21



20/21

参考文献

<https://mathsoc.jp/publication/tushin/0702/majima7-2.pdf>

虹に見える漸近解析 真島 秀行

アクセス日 1月19日

file:///C:/Users/21161/Downloads/No191%20(3).pdf

北見工業大学 虹ビーズの改良

アクセス日 1月19日

21/21



オイラらの *chou* 次元拡張

膳所高校数学7班

塩貝 晃司 嶋田 洸三 田崎 奏楽 中村 俊貴 山口 健登

1/20

動機

ドラえもんを
作りたい

他の次元の
世界を捉える
必要がある

数学で
他次元世界を
解明

発表の流れ

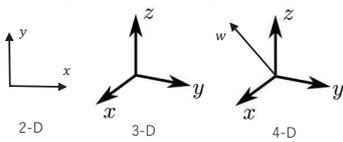
- ・ “マ”ネラウスの定理, その逆
- ・ チェバの定理の3次元拡張
- ・ 接吻数問題の取り組み

2/20

定義

定義1 n次元

一次独立な座標軸がn個存在する世界. n-Dと表記する.



定義2 n次元単体

点, 線分, 三角形, 四面体のn次元一般化.



https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%98%E4%BD%93_%E6%95%B0%E5%AD%A6

3/20

定義

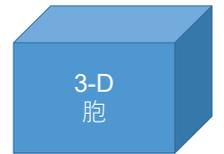
定義3 n次元面

頂点, 辺, 面のn次元一般化.

1-D 辺



2-D
面



3-D
胞

定義4 n次元超体積

長さ, 面積, 体積のn次元一般化. $s(C_0C_1C_2\cdots C_n)$ で, 単体 $C_0C_1C_2\cdots C_n$ の超体積を表すこととする.

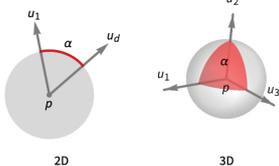
4/20

定義

定義5 n次元単位球

単位円, 単位球のn次元一般化.

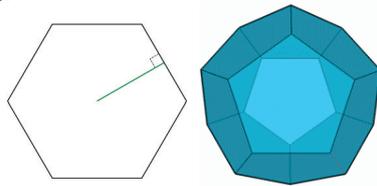
$$x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 = 1$$



<https://reference.wolfram.com/language/ref/SolidAngle.html?source=footer>

定義6 超多面体

多角形, 多面体のn次元一般化.



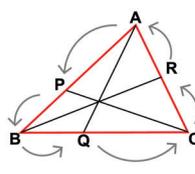
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%AD%A3%E5%8D%B1%E4%B8%9C%E9%9D%A2%E4%B9%A9>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A3%E5%8D%B1%E4%B8%9C%E9%9D%A2%E4%B9%A9>

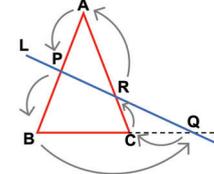
5/20

メネラウスの定理, チェバの定理とは

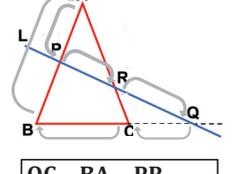
チェバの定理



メネラウスの定理



マネラウスの定理



<https://univ-juken.com/menerausu>

$$\frac{AP}{PB} \cdot \frac{BQ}{QC} \cdot \frac{CR}{RA} = 1$$

$$\frac{QC}{CB} \cdot \frac{BA}{AP} \cdot \frac{PR}{RQ} = 1$$

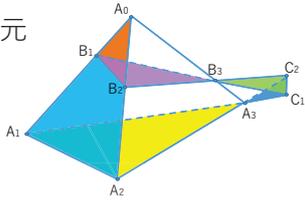
6/20

“マ”ネラウスの定理

m次元単体 $A_0A_1A_2\cdots A_m$ を $m-1$ 次元超平面 $B_1B_2\cdots B_m$ で切り、共有部を超平面 $C_1C_2\cdots C_{m-1}$ とする。このとき次式が成り立つ。

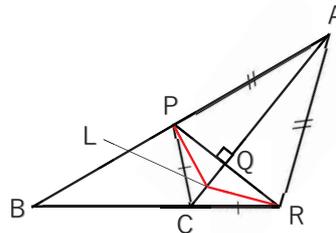
$$\frac{s(A_m C_1 C_2 \cdots C_{m-1})}{s(A_1 A_2 A_3 \cdots A_m)} \cdot \frac{s(A_0 A_1 A_2 \cdots A_{m-1})}{s(A_0 B_1 B_2 \cdots B_{m-1})} \cdot \frac{s(B_1 B_2 B_3 \cdots B_m)}{s(B_m C_1 C_2 \cdots C_{m-1})} = 1$$

※3次元



7/20

マネラウスの定理の逆の反例

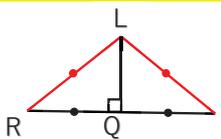


マネラウスの定理より、

$$\frac{CB}{RC} \frac{AP}{BA} \frac{QR}{PQ} = 1 \quad \cdots \textcircled{1} \text{が成立.}$$

8/20

マネラウスの定理の逆の反例



PL=LR, PQ=QRより、

$$\frac{QR}{PQ} = \frac{LR}{PL}$$

これを①に代入して $\frac{CB}{RC} \frac{AP}{BA} \frac{LR}{PL} = 1$

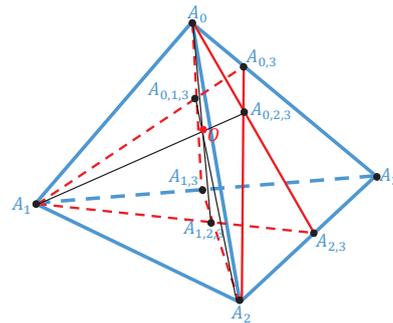
よって3点P, L, Rでもマネラウスの定理が成立する。

⇒マネラウスの式が成り立っている状態でも
とった3点が一直線上にないものがある。

よって、これが反例。

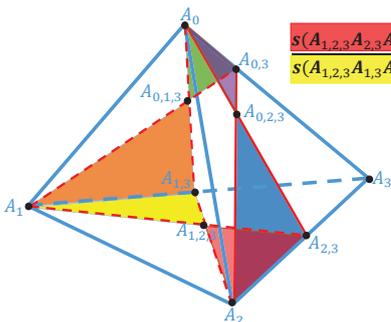
9/20

3次元におけるチェバの定理



10/20

3次元におけるチェバの定理

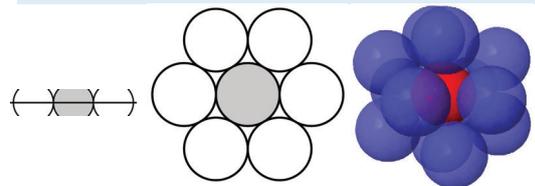


$$\frac{s(A_{1,2,3} A_{2,3} A_2)}{s(A_{1,2,3} A_{1,3} A_1)} \cdot \frac{s(A_{0,1,3} A_{1,3} A_1)}{s(A_{0,1,3} A_{0,3} A_0)} \cdot \frac{s(A_{0,2,3} A_{0,3} A_0)}{s(A_{0,2,3} A_{2,3} A_2)} = 1$$

11/20

接吻数問題

m次元の単位球の周りに重ならず触れ合うように並べる
ことのできる、単位球の最大個数は？



1次元…2個 2次元…6個 3次元…12個

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%8E%84%E5%90%BB%E6%95%B0%E5%8F%A1%E8>

一部のmの値でしか最大個数は求められていない！

12/20

次元	下限	上限
1		2
2		6
3		12
4		24
5	40	44
6	72	78
7	126	134
8		240
9	306	363
10	500	552

手法1

オイラーの *chou* 多面体定理 (去年の我々の研究)

オイラーの多面体定理の n 次元拡張が存在する.

$$(0\text{次元面}) - (1\text{次元面}) + (2\text{次元面}) - (3\text{次元面}) = 1$$

「貫通した孔, 空洞のない任意の m 次元超多面体について, これを A とおき, n 次元面の個数を $f(m_A, n)$ と表記すると,

$$\chi(A) = \sum_{n=0}^{m-1} (-1)^n f(m_A, n) = 1$$

が成立する.]

13/20

手法1

オイラーの *chou* 多面体定理

各面が単体である正超 k 面体で, $\max k = n$ とすれば

単位球の中心間を結んだ図形 \rightarrow 正超 n 面体

$$\chi \left\{ a_{m-1} - 1 - \frac{mC_2}{2} + \frac{mC_3}{2} - \dots + (-1)^{m-1} \frac{mC_m}{2} + (-1)^m \right\} = 1$$

これは $m=3, 4$ で成り立つが...

14/20

手法2

電子収容数次元理論 (現在の私の研究)

電子軌道次元理論

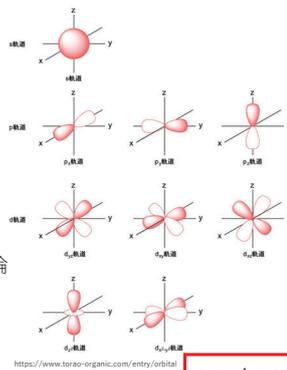
m 次元原子の内側から n 番目の殻の電子軌道の数を予測する理論

スピン次元理論

m 次元原子のスピンの数を $m-1$ だと予測する理論

電子収容数次元理論

m 次元原子の内側から n 番目の殻の電子収容数を予測する理論



15/20

手法2

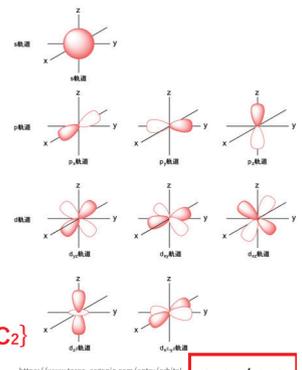
電子収容数次元理論

s 軌道と p 軌道の個数に, d 軌道のうち d_{xy}, d_{yz}, d_{zx} のような対称性のあるものを除いた個数を足して, スピンの個数をかける.

m 次元原子の第 n 殻の電子収容数 $f_m(n)$ で,

$$f_m(n) = (m-1) \{ f_{m-1}(1) + f_{m-1}(2) + f_{m-1}(3) - mC_2 \}$$

これは $3 \leq m \leq 5$ では成り立つが...



16/20

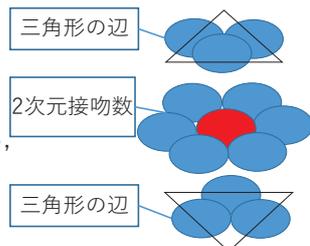
手法3

単体の辺の数に着目

m 次元接吻数を a_m としたとき, m 次元単体の辺の個数は ${}_{m+1}C_2$ だから,

$$a_{m+1} = a_m + 2{}_{m+1}C_2 = a_m + m(m+1)$$

これは $2 \leq m \leq 5$ ではよさそうだけど...



17/20

まとめ

- ・ マネラウスの定理の発見
- ・ マネラウスの定理の逆は誤っている
- ・ チェバの定理は3次元拡張のみ成功
- ・ 接吻数問題の限定的な解法候補を立論

18/20

今後の展望

- ・チェバの定理のn次元拡張
- ・多角形と直線のメネラウスの定理の拡張
- ・接吻数問題の解法

19/20

参考文献

・田崎奏楽ほか(我々一同)
「超多面体のオイラー標数を定める『オイラらのchou多面体定理』」

・田崎奏楽(我らがリーダー)
「電子収容数次元理論～電子軌道とスピンの次元一般化～」

・平面図形の定理の空間への拡張

https://www.nagano-c.ed.jp/seiho/intro/risuka/kadaikeng/paper/2021/7_heimen.pdf

アクセス日：9/15

・チェバ・メネラウスの定理に関する教材開発：n角形への拡張

https://shizuoka.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=11389&item_no=1&page_id=13&block_id=21

アクセス日：9/15

20/20



<https://drive.google.com/oldview?id=16ebj5bvtZVha6jgWEE8N4ixzLgnb1>

ハッシュ関数を用いた 機械学習の高速化

寺田 聡 田中 瑛太 南 祇 圭佑
中西 聖 永里 姫珈 山田 海聖

背景

ディープニューラルネットワークは、
高い分類性能を誇るが、計算量が膨大

しかし、全ての計算が重要というわけではない

重要ではない計算を省略できないか

概要

先行研究:

ハッシュ関数を用いて活性が小さな値(負の値)をとるニューロンを検出、その演算を省略、計算コストを抑える

私たちの研究:

先行研究とは異なる条件下で高速化を適用

→高速化を適用したモデルが学習が進みにくくなる条件が考察できた

仮説

- 先行研究:
 - 中間層のノード数が128個
 - 中間層は、一層のみ
- ハッシュ関数の精度→ノード数が多くなるほど下がる
- 中間層のノード数が増加→高速化を適用したモデルの精度は通常のモデルに比べて劣ると予測される
- 中間層の数が増加→高速化したモデルの精度は通常のモデルに比べて劣ると予測される

専門用語解説

- 機械学習
- ニューロンと人工ニューロン
- ニューラルネットワーク
- 活性
- ディープニューラルネットワーク
- ハッシュ関数

機械学習

- データを分析する手法の一つ
- コンピュータがデータから反復的に学習し、
データの特徴を自動的に捉える

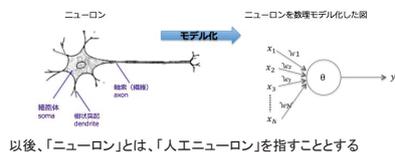
ニューロンと人工ニューロン

ニューロン

- ・神経細胞のこと
- ・電気信号を伝える細胞
- ・脳に多数存在し、複雑な処理を可能にしている

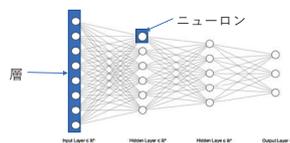
人工ニューロン

- ・ニューロンの電気信号の伝達を計算式で再現したもの
- ・これを多数繋げれば、脳と同様に複雑な処理ができる



ニューラルネットワーク

- ・機械学習の手法の一種
- ・脳の神経網を模することで高い性能を誇る
- ・演算量が膨大
- ・複数のニューロンから成る層が結合してできている
- ・層が4層以上のものは、ディープニューラルネットワーク



ニューロンの活性

- ・ニューロンの「重要度」を表す
- ・ニューラルネットワークにおいて、それぞれのニューロンは「活性」と呼ばれる値を計算過程で算出する
- ・その値が低ければ、推論に重要なニューロンではない

ディープニューラルネットワーク

- ・ディープラーニングに使用されているニューラルネットワーク
- ・画像認識や音声認識など、さまざまな場所で使用されている
- ・高い性能
- ・膨大なコスト

私たちがここで定義する「ハッシュ関数」

- ・さまざまなデータの中から、類似度の高いものを高速に取り出し、出力する
- ・この研究ではニューラルネットワークにおいて、活性の高いニューロンを取り出すのに使用

計画

先行研究において、不要なニューロンの計算を省略して精度を保ちつつディープラーニングを高速化したことが確認されている。

しかし、実験の条件が限られており、有用性が示せたとは言えない



ネットワークの構造やデータセットを変化させ、有用性を調べる

注) 有用性がある・精度を保ちつつ演算時間を短縮

実験計画

STEP1. 先行研究の論文をもとにニューラルネットワークを高速化するプログラムを作成

STEP2. STEP1で作成したプログラムを用いて先行研究と類似した条件下で学習が進行することを確認(再現実験)

STEP3. ネットワークの構造、データセットの種類を変更(実験2)

実験1: ネットワークの構造を変更(中間層の数、ノード数)

実験2: データセットの種類を変更

実験方法(実験1,2共通)

- 高速化を適用しない通常のニューラルネットワークと高速化を適用したものを用意する
- 同じデータセットで上記の二つのモデルを学習させる
 - 今回使用のデータセット:
 - 実験1: 共有されたブックマークのデータ(名称: Delicious)
 - 実験2: 手書き数字の認識用データ(MNIST)
- 二つのモデルを学習させるのにかかった時間、学習による精度の変化を比較

モデル構造

Deliciousを用いた実験

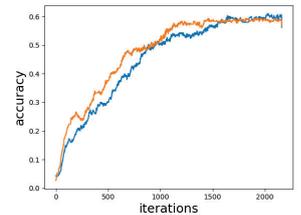
- 再現実験
 - 入力層 → 中間層 → 出力層
- 実験1
 - 入力層 → 中間層 → 出力層
 - 入力層 → 中間層1 → 中間層2 → 出力層

MNISTを用いた実験

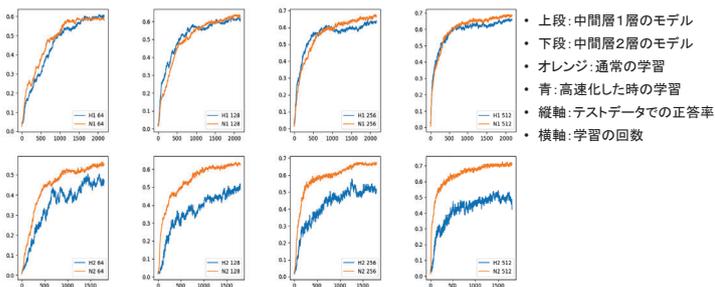
- 実験2
 - 入力層 → 中間層 → 出力層
 - 入力層 → 中間層1 → 中間層2 → 出力層
- □: ハッシュ関数を適用した層の結合
 →: 通常の層の結合

再現実験

- オレンジが通常の学習
- 青が高速化した時の学習
- 学習が進行している
- 学習にかかった時間:
 - 高速化なし: 2582秒
 - 高速化あり: 457秒
 - 5.6倍の高速化



実験1: 精度の変化



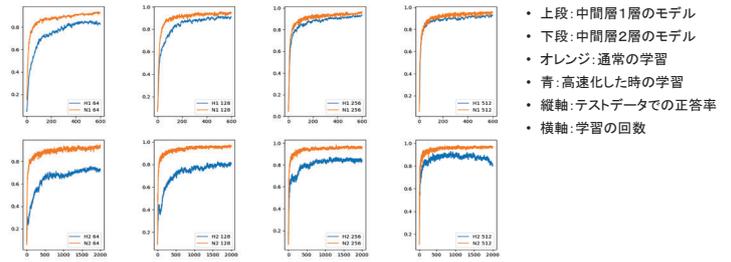
実験1: 結果(精度)

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下なし (58.0% → 60.3% +2.3%)	若干あり (62.6% → 62% -0.6%)	あり (66.3% → 63.3% -3.0%)	あり (68.6% → 66.0% -2.6%)
中間層2層	あり (55.0% → 47.3% -7.7%)	あり (62.3% → 51.6% -15.0%)	あり (67.3% → 51.6% -15.6%)	あり (71.3% → 42.3% -29.0%)

実験1: 高速化の効果

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X5.6	X6.2	X5.8	X5.9
中間層2層	X5.0	X5.7	X4.5	X4.6

実験2: 精度の変化



実験2: 精度

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	精度の低下あり (92.8%→83.4% -9.4%)	あり (94.8%→89.7% -5.1%)	あり (94.7%→92.3% -2.4%)	あり (95.6%→93.5% -2.1%)
中間層2層	あり (90.8%→71.9% -18.9%)	あり (95.9%→79.9% -16.0%)	あり (95.9%→85.0% -15.9%)	あり (97.1%→80.7% -17.1%)

実験2: 高速化の効果

中間層のノード数	64	128	256	512
中間層1層	X1.6	X2.2	X1.8	X1.9
中間層2層	X1.5	X1.5	X1.9	X1.9

考察

実験1:
中間層の数を増やす
→精度の低下が大きくなる
→高速化の効果減

中間層のノード数を増やす
→精度の低下が大きくなる

実験2:
中間層の数を増やす
→精度の低下が小さくなる
→高速化の効果減

中間層のノード数を増やす
→精度の低下が大きくなる

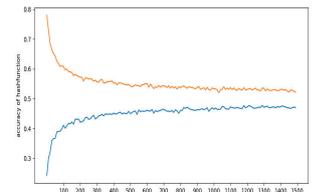
考察2

ハッシュ関数は
活性のあるニューロン全てを
検出できるわけではない

↓
ニューロン数が増えるほど、
精度は下がる

↓
正常に計算できるニューロンが
減少する

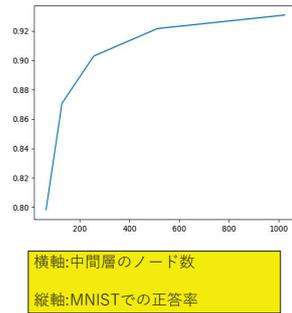
↓
モデルの精度が下がる



オレンジ: 活性のあるニューロンのうち
実際に検出できた割合
青: 活性のないニューロンのうち
間違って演算した割合

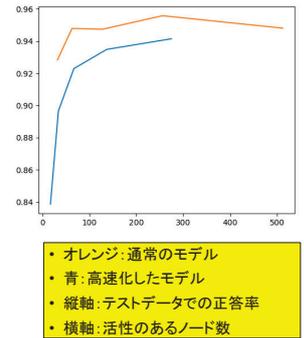
考察3

- 実験2(MNIST):
ノード数を増加→精度の低下 **減**
活性ありのノード数と精度の関係に注目
- NNの精度は活性のあるノード数
が多くなるにつれて上がる(右図)



考察3-2

- ハッシュ関数を適用したNN:
活性ありのノードが通常のモデルに比べて少ない
→少ないノード数の増加で大きな精度の変化
- 通常のモデルは、精度が上がりきっている
→ノード数が増加するとハッシュ関数を適用したモデルが追いつく(右図)

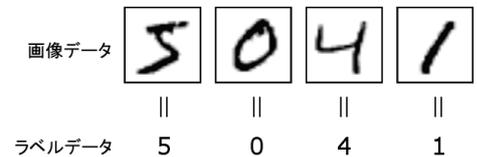


考察4

- データセットによる違いに注目
- 中間層のニューロン数が64個の時:
 - 実験1:精度の差は見られなかった
 - 実験2:顕著な差が**見られた**
- Delicious(実験1):マルチラベル分類
- MNIST(実験2):シングルラベル分類

考察4-2

- シングルラベル分類
- 一つの入力につき、一つのカテゴリ



考察4-3

- マルチラベル分類
- 一つの入力につき、複数のカテゴリが反応する
- 指定されたラベルのうち、**どれか一つでも当てれば正解**

多ラベル分類 (Multi-label classification)

サンプル	自動車	猫	犬	船
	1	0	0	0
	0	1	1	0
	0	0	1	1
	1	0	0	1

考察4-4

- マルチラベル分類のモデル:
複数ある正解のうちどれか一つでも当てれば良い
→あまり正確でなくても良い
- シングルラベル分類のモデル:
一つの正解のラベルを当てなければならないため、比較的繊細

シングルラベル分類とマルチラベル分類が結果の差を生み出したと考えられる

結論

- ハッシュ関数を用いた高速化の有用性が見られない条件
 - 中間層が二層以上の場合
 - シングルラベル分類
- 高速化の有用性が確認された条件
 - 中間層が一層かつ中間層のノード数が少ない時
 - マルチラベル分類

参考文献

高校数学からはじめるディープラーニング
初歩からわかる人工知能が働くしくみ
(金丸 隆志, 講談社, 2020.4.16発行)

論文: In Defense of Smart Algorithms over Hardware Acceleration for Large-Scale Deep Learning Systems
(最終確認: 2022/09/16)

<https://udemy.benesse.co.jp/data-science/ai/neural-network.html>
(最終確認: 2022/12/18)

<https://weblabo.oscasierra.net/python/keras-mnist-sample.html>
<https://qiita.com/koshian2/items/ab5e0c68a257585d7c6f>

令和4年度 膳所高校課題研究 講評

1班 ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性との相関

Correlations Between Effects of Recognition Factors and Feeding Habits of Yamato Termites

ヤマトシロアリを用いて研究活動を行うことをまず決めた。近江神宮の裏山に赴いて採取を行い、本校の実験室で飼育することとした。過去の先行研究等を参考にして、ヤマトシロアリがどのように他個体を誘引するのか、その物質の性質とシロアリの食性の関係やシロアリの栄養状態との関係を調べた。夏休みに実験を重ね、議論をするにつれて、自分たちの研究テーマの方向性を決定できたことから、2学期以降も継続して実験を行いデータを得ることができたことはよかった。また、中間発表や課題研究発表審査会・ポスター発表と発表を重ねていくにつれて、自分たちの研究をわかりやすく整理し発表できたことは大変良かった。そのうえで、自分たちの研究についてのストーリー性を構築することができたと思う。

一方で、実験のサンプル数が少なかったり、発表時の図表の表現の仕方が不十分であったりと課題もあったが、今回の課題研究を通じて、大学の先生方からのアドバイスを経て、研究の質を上げたことや新たな気づきや疑問も芽生え、研究の難しさや楽しさもなど様々な経験が得られたことと思う。

2班 両生類の体表面粘液の抗菌効果の研究

Study of the antimicrobial effect of amphibian body surface mucus

アカハライモリが、フグ毒と同じテトロドトキシンという毒をもつことに興味を持ち、1年次からアカハライモリの毒をテーマとした課題研究に取り組んでいる。アカハライモリの体表に分泌されているであろうテトロドトキシンの検出は難しく、体表の粘液中の成分による抗菌作用に着目して研究を進めることとした。刺激を与えた個体の粘液では、与えなかった個体の粘液と比べて菌の繁殖が少なく、抗菌効果が認められたものの、抗菌成分の量あたりの抗菌効果を示すことはできなかった。刺激によって分泌される成分の量の判定が最後まで課題であったように思う。また、培地上に増殖した菌の同定や、抗菌効果の作用時間の判定のために、培養時間に注目した経過観察ができるとよかった。

生物分野の実験は、対象の生物を準備することから始まるが、京都府丹波山地溪谷でアカハライモリを定期的に採取したり、飼育条件を整えたりしながら、フィールドワークと実験室での双方の活動に熱心に取り組んだ。実験に取り組むまでの準備だけでも評価に値するが、異なる生息地のアカハライモリを捕獲し、実験結果を比較することができたならば、さらに面白い内容になったかもしれない。

膳所高校の課題研究として、フィールドワークを含むこのような研究は今後も大切にしたい。

3班 色素増感太陽電池の紫外線領域での発電量向上について

Power generation in the ultraviolet region of dye-sensitized solar cells

日々の生活を支えるエネルギー問題に着目し、再生可能エネルギーの 1 つである太陽光発電に焦点をあてていた。発電効率の向上を目的として様々な素材や仕組みの太陽電池が開発されており、色素増感型太陽電池はその 1 つである。他の太陽電池の素材と比べて製造コストの面では優れており、変換効率でも遜色のないところまで向上してきている。色素の違いにより吸収波長域が異なることから、狙った波長の色素を用いて発電効率の高いデバイスを設計することが必要である。

セルの主要部材は、透明ガラス電極、酸化チタン膜、電解質溶液、そして色素であり、3班は色素に着目した。色素として選んだクエルセチンは、柑橘類や玉ねぎなど多くの植物に含まれる黄色い色素で、昔から草木染めの染料としても用いられてきた、なじみ深いものである。クエルセチンを用いて、吸収波長域として紫外域をターゲットにした太陽電池の作製を目指した。

しかし、クエルセチンの溶解性や酸化チタン膜への最適な吸着条件を見出すのに苦労し、デバイスとしての評価をするにはデータ不足のまま研究を終えてしまうことになったことは残念である。ただ、自分たちで試行錯誤し苦労しながら、一歩ずつ進んでいく中で培われた経験は、きっと生かされる日が来る。今後の活躍を期待している。

4班 船体の傾きにおける軌道の変化

Variation of trajectory in hull tilt

初めは電流に関する別のテーマで研究しようと考えていたが、予想していた現象が全く起こらなかったことで、テーマの変更を行った。ヨットに関わる研究にしよう決めてから、帆を持った車に風を当ててみたり、プールに水を張って人力で力を加えてみたりといろいろと試行錯誤し、実験装置を一つに決められずに本実験がなかなか開始できなかった。本実験用の器具が届くのが遅くなったこともあり、本実験の回数がそれほど多く取れなかったことも原因の一つであろう。

その中でも、自分たちの実験から分かったことと、先行研究を調べて分かったことおよび予想していた現象との違いを考察し、実際の船体の動きを再現した実験モデルとするために必要な要因をよく考察できていた。問題点として、実験結果をグラフにして扱う際に試行回数を補うためか、船体の軌道を近似曲線であらわしていたことなど、実験データの扱いが良くなかったことがある。今回の研究で見せてくれた探究心はそのままに、さらに学習を重ね、説得力のある研究成果の発表方法を学んでいってくれることを期待する。

5班 矢羽根の枚数と傾きによる矢の軌道の変化

Changes in an Arrow's Trajectory Depending on the Number and Shape of Feathers on the Arrows

比較的早い段階で、「矢羽根の枚数による矢の飛び方の違い」についての研究を行うと決めることができたため、1学期中には実験を開始するという比較的早いペースで研究を進めてきた。しかし、何に注目するか、実験の条件をどのように設定するか、等の詳細な検討が不足していたため、得られた結果についての原因の考察が困難であった場面も多かったように思う。

とはいえ、テーマ決定が早かったため、実験回数を十分に重ねることができたことに加え、中間発表等で先生方からいただいた的確なアドバイスを取り入れて、新たな実験（空中から水中への変更など）に着手できたことで、研究をより深めることができた。結果が仮説通りでなかった場合の考察や、その考察を確かめるために行う実験の検討をすることは、研究においては当然必要なことであるが、そのためには柔軟性と真摯な態度が不可欠である。彼らはそれを十分に持っていた。

本研究で得られた「結果」は、目新しいものではなかったかもしれないが、研究手法という「経験」はしっかりと身に付けることができた。今後の活躍が期待できる。

6班 虹スクリーンが現す特徴的な現象の解明

Elucidation of the characteristic phenomena manifested by a rainbow screen

研究対象を『虹』に決定するまでは比較的スムーズに決まったが、そこから「何を測定するのか」ということがなかなか決まらず、苦慮しながら時間を過ごしていた。『虹』は、「見えているそこに実在しない物体」であるため、まさしく掴みどころのないモノである点が、よりテーマ設定を困難にさせていたのであろう。そんな中、人工的に虹を作り出す虹スクリーンを用い、自然科学の原点である観察を行っていたところ、自然界では出現しない虹の形を発見できたことは、取り組んだこの班の大きな成果の一つと言える。そこからは、光源の位置と観察者の位置を変化させることで虹の出現場所および形がどのように変化するかという着眼点のもと、問題意識をもって測定をし、データを取ることができた。測定についても、困難な点が多々あったが、班員で協力しながら角度や距離の測定を定規等の道具を固定しながら行い、できるだけ正確なデータを記録できるよう努めた。その結果、得られたデータから虹の出現場所に関する傾向をいくらか掴むことができた。

苦労したことは多かっただろうが、その分研究の難しさと充実感の両面を身に染みて感じる時間になったのではないかと思っている。

7班 オイラらの *chou* 次元拡張

塩貝晃司 嶋田洸三 田崎奏楽 中村俊貴 山口健登

まず、数学の研究ではほぼ必ずそうなるのだが、テーマ決定には大変苦労した。もし、最終発表やレポート締切りなどの期限がなかったら、一生決まらなかったかもしれない。5人がそれぞれバラバラに気の向くままにさまざまな分野でテーマを探し、見つかりかけては引き返すということを繰り返した。まとまった研究としてはほとんど進まなかったが、多くの候補があがり、それらについて議論した過程は大変貴重であったと感じる。テーマの最終決定は、時間切れだったのか納得のいくテーマが見つかったのか定かではないが、テーマ決定後の活動は、それぞれが個性を発揮し効果的に協力して進めていた。

タイトルはおちゃらけているが、研究もおちゃらけていた、というかいい意味で軽いノリで取り組んでいた。そのおかげで、冷静に、的確に、論理的に、柔軟に、研究を進めることができたし、数学を楽しむことができていたと感じている。中間発表では、定義が明確ではないなど厳しい指摘を受けていたが、それには彼らなりに真摯に対応していた。もっと時間があれば、もっと内容を深めたり、思いもよらないこととの関連に気付いたりしていたかもしれない、と思う一方で、もっと時間があったら、まだテーマを探していたかもしれない、とも思う。

8班 HASH 関数を用いた機械学習の高速化

Speeding up deep learning system using Hash function

振り返ると、テーマの設定に大きく時間を費やしたように感じる。人の顔を認識するものであったり、物を認識するAIについてなど様々なアイデアが出たが、実際にそれを作成するための機材などで研究が困難になったようにも感じる。最終的には機械学習の高速化にしぼって研究をおこなったのだが、機械学習に関しての知識の差がグループ内でも大きかったことも本研究の壁となっていたように感じる。先行研究の再現に苦戦したりなど様々な障壁があったように思うが、みんなで協力し、相談しながら進めておりよかった。

発表会では、機械学習に関する知識のない人を相手に説明することの難しさを感じたのではないかと思う。HASH 関数がどう高速化に関与しているのか、そもそもの機械学習の仕組みなど、噛み砕いて説明すべきことが多かった。しかし、中間発表会などの機会を重ねるごとに発表の質がみるみるよくなっていくことを感じた。

今、世の中でも大きく注目されている情報の分野に果敢に挑戦したことは素晴らしいことであった。今回の研究を糧にして今後の頑張りにも期待していきたい。

付 録

「ヤマトシロアリの認識因子の効果と食性との相関」

生物1班 上坂太駈 小島康平 鶴菌優月 野澤彰範 羽賀匠海

1. はじめに

ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus* 以下シロアリ)は、強力なセルロース分解能力を有しており、木材を食料としている。そこで、食べた木材の種類によってシロアリが生成、分泌する物質に違いや特徴が現れるのかを調べた。

2. ヤマトシロアリの採集

近江神宮の裏山から、シロアリが生息している朽木を採集した。現在、生物室で換気のできるケースの中で飼育している。

3. 予備実験

①目的

先行研究から、シロアリの体内には、他の個体を引き付ける効果のある物質である認識因子が存在することが分かっている。この物質が体内のどこに存在するか確かめる。さらに、シロアリが食べることができる普通のろ紙を使用した場合にシロアリがろ紙を食べることで結果に影響があるか確かめる。

②方法

シロアリのワーカーを無作為に20匹取り出し、頭部と胴体を切り離した。頭部と胴体それぞれ20体分に2000 μ Lの純水を加えて十分にすり潰した。この2種の液体と比較用の純水を用意した。図1のようにシャーレに敷いたろ紙の半分を実験区A(以下A)、もう半分を実験区B(以下B)としてAには純水、Bにはシロアリをすり潰した液体を100 μ Lずつ表1のように塗布した。ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロアリを10匹放ち、その動きを観察した。



A B 図1

表1

	A	B
I	純水	胴体
II	純水	頭部

③結果

Iでは胴体をすり潰して溶かした液体にシロアリが多く集まった。一方、IIではシロアリは頭部をすり潰して溶かした液体にあまり集まらなかった。よって、シロアリが集まったのは胴体中存在する物質によるものであるとわかり、これを認識因子とする。また、この結果から本実験では

胴体を用いる。また、普通のろ紙とガラス繊維のろ紙で結果に差はなかったため、本実験ではセルロースを含む普通のろ紙を用いることにした。

4. 本実験①

①目的

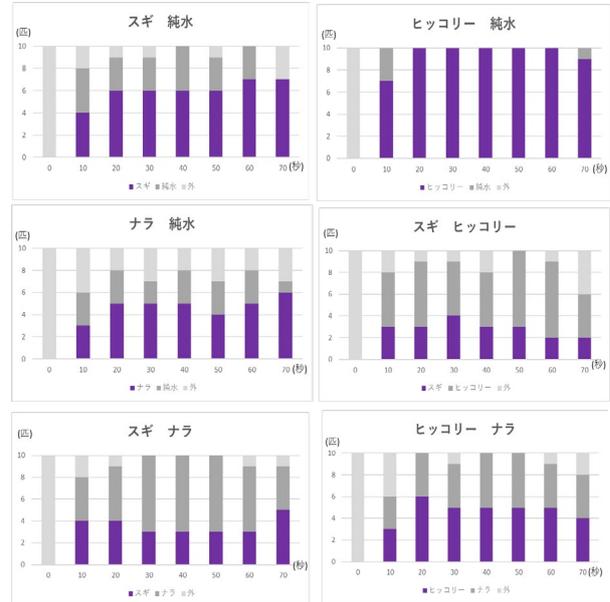
シロアリの認識因子の効果が食べる木材によって変わるかを調べる。

②方法

スギ, ナラ, ヒッコリーの木材を粉末にし、瓶に50gずつ入れて水に浸したものをそれぞれ2個ずつの計8個用意した。3日後、水を捨ててその中にシロアリを25匹以上入れ、インキュベーター内で25 $^{\circ}$ Cを維持しながら3日間飼育した。その後、それぞれの木材を飼料としたシロアリを20匹ずつ取り出し頭部を切り離した。胴体20匹分にそれぞれ純水を2000 μ L加えて十分にすり潰した。この液体と比較用の純水を用意した。

予備実験と同様に、図1のように実験区を用意し、ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロアリ10匹を放ちその様子を観察した。

③結果



上のグラフの「外」とは、どちらの液体に引き付けられているか判別できないシロアリのことである。

以上のグラフより、純水との比較でどの木材においてもシロアリが木材側に誘引されている。木材同士の比較では、ナラやヒッコリーの方がスギ

より多くのシロアリが誘引されている。

④考察

結果より、木材の種類は違ってもシロアリをすり潰した液体にシロアリが引き付けられた。また、スギと広葉樹(ナラ, ヒッコリー)では、広葉樹のほうに多くのシロアリが引き付けられた。さらに、スギの容器のシロアリは広葉樹の容器のシロアリよりも動きが遅く、数匹が死んでいた。このことから、スギの容器のシロアリは、スギを広葉樹よりもあまり食べることができず、栄養状態が低下し認識因子を生成できなかったと考える。

5. 本実験②

①目的

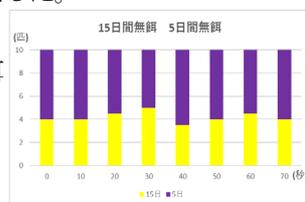
本実験①よりシロアリの栄養状態によって認識因子の効果に差が生じると考えられたため、それを検証する。

②方法

水で湿らした、シロアリが食べることができないガラス繊維のろ紙とシロアリ約200匹を飼育容器に入れ、室温で餌を与えない状態で15日間および5日間飼育したものを用意する。次にこれらのシロアリ200匹に純水20mLを加えて十分にすり潰して溶液を作った。ただし今回の実験では効率化のために頭部は切り離していない。予備実験と同様に、図1のように実験区を用意し、ろ紙の中央に飼育ケースから無作為に取り出したシロアリ10匹を放ちその様子を観察した。

③結果

シロアリは15日間無餌よりも5日間無餌の方が多く誘引された。



④考察

結果より飢餓状態が長いと誘引効果が低下する。すなわち栄養状態が悪いとシロアリの死体認識因子の効果は弱くなる。よって、シロアリの代謝の働きと認識因子の効果は関係がある。

6. 全体の考察

先行研究より、シロアリのこの認識因子は共喰い行動において傷ついた個体を認識するために使われるものだと考えられる。この認識因子の正体は、リグニンの代謝産物であるヒドロキノンの可能性があるという記述があったが、再検証の余地が残されている指摘も見受けられた。そこで今回の私たちの研究に基づいて、認識因子の性質について考察した。まず、時間が経過しても効果が低下したということは確認できなかった。した

がって、この物質は不揮発性であることが考えられる。このことはヒドロキノンは不揮発性物質であることと一致する。また、本実験②よりこの効果は代謝の働きの影響を受けることが考えられる。しかし、具体的な成分の影響まではこの結果からは分からないので、ヒドロキノン以外の物質の影響の可能性は排除できず、認識因子の同定をすることはできない。

7. 課題と展望

シロアリの認識因子の不揮発性についてより正確な分析が必要であり、クロマトグラフィーなどの化学的分析を行う。また、シロアリの認識因子と代謝の関係についてさらに検証を行うため、シロアリの代謝のメカニズムをさらに調査し、木質成分から代謝によって作られる物質を認識因子と考え化学的性質を分析する。

8. 参考文献

- 吉村剛ら 2012 シロアリの事典, 海青社
- 日本木材学会 2010 木質の化学 文永堂出版
- 川田俊成ら 2021 木材の化学 海青社
- 西本孝一 シロアリの捕食行動
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/13/4/13_4_215/_pdf/-char/ja
最終アクセス日2022/9/14 18:34
- 中川木材産業株式会社 | 平井信二先生の樹木研究 | 8-樹木 | 木の情報発信基地
<https://wood.co.jp/8-jumoku/hirai/hirai65.html>
最終アクセス日2022/9/15 19:01
- 山中康如 ヤマトシロアリにおける人為的外傷に起因する共喰い行動の解析
<https://repository.nihon-u.ac.jp/xmlui/bitstream/handle/11263/1621/Yamanaka-Yasuyuki-3.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
最終アクセス日2022/1/16 16:50
- 平成25年度理数科課題研究
「シロアリのフェロモンに関する研究」
- 平成31年度理数科課題研究
「アミメアリの死体認識因子の特定」
- 令和3年度理数科課題研究
「ヤマトシロアリの共喰い行動について」

「矢羽根の枚数と傾きによる矢の軌道の変化」

物理5班 音居大河 小峠拓海 仲宗根真生 中山温人 安井真央

1. はじめに

今日では和弓洋弓を問わず矢羽根が3枚の矢が幅広く使用されており、矢羽根がついている向きも矢に対して平行ではなく傾いている。しかし、その確かな理由はわかっていないため、本研究では矢の軌道の安定においてどのような矢羽根が最適かを明らかにすることを目的とした。

2. 実験1

①目的

矢羽根の枚数によって矢の軌道の安定にどのような影響があるか調べる。

②方法

発射装置(図1)を作成し、矢の発射方向に対して垂直になるように発泡スチロール板を設置した。

矢羽根の枚数が0~6、8枚の矢を用いた(図2)。2~6、8枚羽根の矢の質量や重心、矢を正面から見たときの面積、矢の初速度を揃えたうえで、0~6、8枚の矢を20回ずつ発射し、発射位置の正面から左右にずれた距離を測定した。

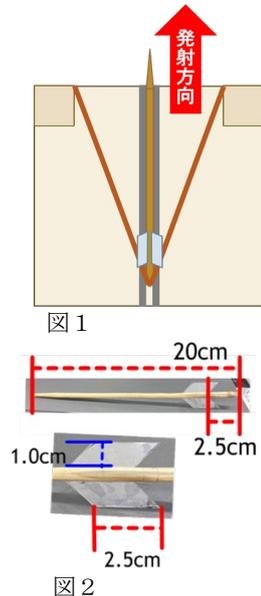


図1

図2

③結果

左右にずれた距離の標準偏差は矢羽根の枚数が3枚~5枚周辺のとときに小さくなる傾向にある。

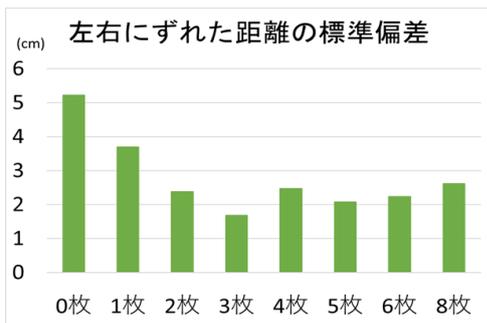


図3

④考察

矢羽根の枚数が3枚~5枚のときに矢の水平方向のばらつきは小さくなり、軌道が安定すると考えられる。また、2~8枚羽根においてばらつきにあまり差が生まれなかったのは、矢の発射速度が速すぎたためだと考えられる。

3. 実験2

①目的

実験1では矢羽根の枚数による変化が小さく、この差異を明確にする必要があると考えた。そこで、実験2では矢の速度を遅くし、軌道が安定していた3枚から5枚羽根の矢が受ける抵抗にどのような違いが出るかを調べた。

②方法

傾向を見やすくするために空気より粘性が大きい水の中で実験を行った。

縦長の水槽(図4・5)を用いて水中で矢を落下させる。滑車につり糸を取り付け、矢の後ろにつけたきぎにそのつり糸を結び付けた。矢の先端には重り(ナット)を取り付けた。矢羽根の枚数が3~5枚の矢を2本ずつ用意し、それぞれ10回落下させた。ストップウォッチと共に落下中の様子を撮影し、コマ送りにして落下時間を測定した。



図4

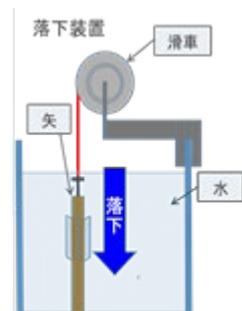


図5

③結果

3枚羽根の矢は、4枚羽根・5枚羽根の矢よりも落下時間が短い。

落下時間(s)	3枚	4枚	5枚
平均値	1.266	1.292	1.290

図6

④考察

3枚羽根のとき、矢が受ける抵抗は4枚羽根・5枚羽根の矢よりも小さいと考えられる。このことから、実際に矢を発射する際に4枚羽根・5枚羽根の矢よりも3枚羽根の方が速度が速く、安定した軌道になると考えられる。

4. 実験3

①目的

矢の回転によって矢の安定にどのような傾向があるか調べる。

②方法

矢の回転の影響を調べるため、矢羽根に傾きのあるものと傾きがないものをそれぞれ3本ずつ、合計6本用意した。

実験②と同様の方法を用いて水中で矢をそれぞれ10回ずつ落下させた。測定の為に水槽の下に的を置いた(図7)。ImageJを用いて画像処理を行い、落下位置を測定した。

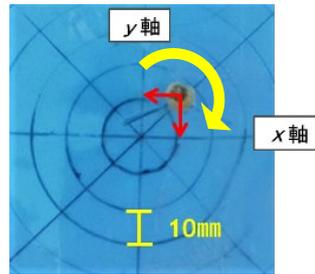


図7

③結果

落下してから水槽の底に到達するまでの時間はどの矢もほぼ等しくなっていた。矢羽根に傾きをつけなかった矢は回転せずにそのまま落下し、傾きをつけた矢は約135° 時計回りに回転しながら落下したことが確認できた。

矢の落下位置のばらつきは、傾きのない矢羽根の方が、傾きのある矢羽根よりも大きかった。

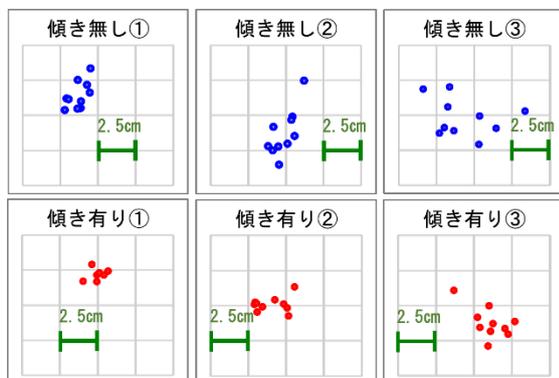


図8

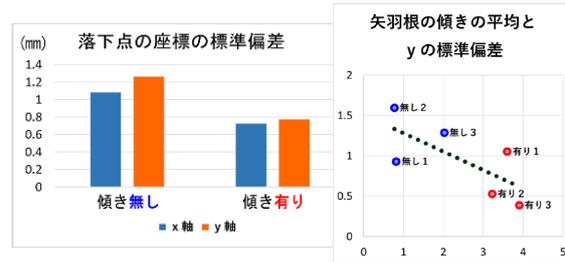


図9

図10

④考察

結果から、矢羽根が回転する方が、軌道が安定すると言える。実験1で、3枚羽根の矢の軌道のずれがほかの矢と比べて小さかったのは、他の矢よりも回転していたからだと考えられる。

個々の矢羽根の傾きと落下位置のばらつきの関係は図10より、矢羽根の傾きが大きいほどばらつきが小さくなった。ただし、矢羽根の傾きを大きくすると、その分矢羽根にかかる抵抗も大きくなるため、矢の速さが遅くなるおそれがある。

5. 結論

矢羽根の枚数と角度は、矢の軌道に関係することが分かった。3つの実験より、矢羽根の枚数が3枚のものは抵抗が小さく、速く飛ぶ。また、矢がより回転しやすく軌道が安定する。以上から、矢羽根に3枚のものが多くと考えられる。

6. 今後の展望

矢の軌道が最も安定する矢羽根の角度を調べること、矢羽根の枚数による矢の回転の変化を調べることで、そして、矢羽根の枚数ごとの最適な矢羽根の傾きを探ることが今後の展望である。

7. 参考文献

矢の基礎知識 - 刀剣ワールド

<https://www.touken-world.jp> 9/15

矢羽根の形状と飛び方の変化

<https://uwa.jimahigashi-h.esnet.ed.jp> 9/15

アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究
平野孝典

<https://takushoku-u.repo.nii.ac.jp> 9/15

普通科1年探究テーマ一覧

1組	テーマ	5組	テーマ
1班	バナナの糖度の変化	1班	イヤホンが絡まる原理と絡まりにくい条件
2班	回転数と防げる水の量の関係	2班	日本の県章
3班	サブスクリプションでバズる音楽の条件	3班	音楽と時間の感じ方の関係
4班	風船で人が浮く方法	4班	摩擦平面上における液体の挙動について
5班	ペットボトルロケットの飛距離と飛行特性	5班	橋の構造とその強度
6班	カーブ時のバトンと走りの関係	6班	靴を滑りにくくする方法
7班	摩擦が揺れに与える影響	7班	カゼインプラスチックなら投棄してよいか
8班	視覚または聴覚による短期記憶の差異	8班	発電効率の良い水車の構造
2組	テーマ	6組	テーマ
1班	目薬を点せる高さの限界	1班	ホラー視聴時の音響による恐怖感の違い
2班	チョークの再生	2班	京阪電車における揺れに強い立ち方
3班	県内のコンビニの店内配置と立地の相関傾向	3班	テーブルクロス引きの成功率をあげたい!!
4班	アリの仲間認識が変化する条件	4班	ヘリウムガスによる浮遊や落下の関係
5班	揺れに耐えうる建造物の構造	5班	手に入れやすい物質による農薬除去
6班	身近な素材でできる防音対策	6班	チョコレートを溶かす回数と溶け出す温度
7班	簡易ろ過装置の効果の検証	7班	砂糖の種類と飴の硬度の関係
8班	シャープペンシルの芯の耐久性	8班	視覚と味覚の関係性
3組	テーマ	7組	テーマ
1班	高校校歌の歌詞の時代ごとの移り変わり	1班	目立つ色を認識する基準
2班	より良い黒板けしの素材と形状	2班	噴水実験における界面活性剤の働き
3班	卵を用いた緩衝材実験～黄身を守りたい～	3班	吹き込む空気とシャボン玉の大きさの関係
4班	味覚に影響を与える条件の研究	4班	洗剤と水の質量比による泡の体積と減少率
5班	飲み物による体温変化	5班	材質による保温効果の変化
6班	扇風機の羽根の角度と風速の関係について	6班	麺ののびと水分の浸透の関係
7班	手作り石鹸による汚れの落ち方の違い	7班	味覚は視覚に左右されるのか
8班	大きな音を伝える糸電話の構成	8班	オオオニバスの浮力の活用
4組	テーマ	8組	テーマ
1班	色と記憶力の関係について	1班	飛距離の大きい紙飛行機の特徴
2班	曲のリズムが人の感じ方に与える影響	2班	物価と地価の関係
3班	お菓子和勉強効率	3班	効率の良いカイロの温め方
4班	背景色の違いが及ぼす計算の速さについて	4班	水滴の落ちる高さや波紋の広がる速度の関係
5班	最強のスリングショットを作る	5班	最も面積が小さいハンバーガーの包み紙の形
6班	ドアノブに付着している菌について	6班	アリが食料として選ぶ条件
7班	荷物の位置と自転車の速度	7班	もっともよく聞こえる糸電話
8班	消毒タイプの効果の違い	8班	ヒトの水上歩行のための土台

扇風機の羽根の角度と風速の関係について

滋賀県立膳所高等学校1年 3組 6班



川西貴之 永井志乃 永幡遥香 林田友樹 原太志

要旨

扇風機の効率的な羽根の角度を知るために、扇風機の羽根を取り付ける角度と風速の関係を調べる実験を行った。その結果、羽根の角度が30度に近いときに風速が最も早くなると推測される。

動機・目的・仮説

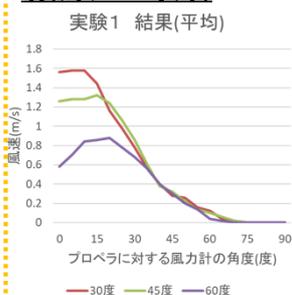
扇風機を使う時の節電をしたいと思った。少ない電力で強い風を吹かそうと思い、同じ電力でどの羽根の角度が最も強い風を吹かせることができるのかを調べた。参考文献3より、風車の羽根の角度は30度に設定したときに最も効率よく発電するため、扇風機の羽根も30度の時に最も強い風が吹くと仮説を立てた。

実験1

研究方法

羽根の角度を30度、45度、60度の3パターンでつけ、各方向への風力を調べるといふ実験を羽根の枚数を1枚にしてそれぞれ5回ずつ行った。

結果・考察



- ・羽根の設置角度が30度のときに最も強かった
→羽根の面が最も前に向いているため、風が前に吹きやすかったから
- ・プロペラに対する風力計の角度が15度のときの風速が最も大きかった
→羽根の面がその方向に向いていたから

羽根の枚数と設置角度を増やして再実験するべきだと考えた

課題・展望

羽根の形や枚数を変えた場合の風速の変化を調べる実験を行うと、同じ電力でより強い風を吹かせる扇風機の羽根について調べることができると考えられる。

実験2

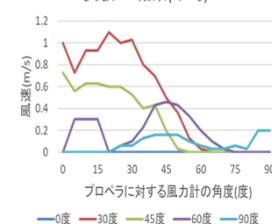
研究方法

実験1の羽根の角度に、0度、90度の場合を加えて、羽根の枚数を三枚にして実験1と同様の実験を行った。



結果・考察

実験2 結果(平均)



- ・羽根の角度が30度のときの風速が最も大きかった
→実験1と同じ理由
- ・0度のとき風力が計測出来なかった
→風をとりこめなかったから
- ・90度のときの風速が弱かった
→風が前だけでなく後ろにも押し出されたから

現段階での結論

同じ風力をだすとき、最も節電できる扇風機の羽根の設置角度は30度近辺だと推測できる。

参考文献

1. 「送風機の羽の形状は起こす風にどのように影響するのか」 閲覧日：1/25
<https://school.gifu-net.ed.jp/wordpress/ena-hs/wp-content/uploads/sites/73/2022/02/22125.pdf>
2. 「効率よく発電する風車の条件」 閲覧日：1/26
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc2/21927.pdf>
3. 「ペットボトルを使った風力発電に適した羽根とは」 閲覧日：2/16
https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shyo_list/2018/j6.pdf

ヒトの水上歩行のための土台

滋賀県立膳所高等学校1年8組8班

中野琴葉 市川珠丹 武村鳳誠 若松哲郎 大西正晃



要旨

発泡スチロールとベニヤ板で土台を作り水に浮かべ、土台に乗せられる質量について調べたところ、土台の厚さ、面積、のせられる質量のうち2つを定めると、あと1つも求めることができる式が導けた。

動機・目的

水の上を歩けるのかというテーマで研究する。発泡スチロールとベニヤ板を用いて土台を作り、のせられる質量を調べたいと考えた。

研究方法

発泡スチロールとベニヤ板を用いて正方形の土台を作る。厚みのある発泡スチロールの上にベニヤ板をのせて防水テープで固定する。ペットボトルに水を入れたものを重りとする。土台の体積を変えてのせられる質量を調べ、質量と面積及び厚さの関係式を導く。関係式から水の上を歩くための土台について考える。

厚み
約1、2、3[cm]
面積
196(14×14)、
441(21×21)、
784(28×28)
[cm²]



図1. 左から厚み1、2、3cmの土台

結果・考察

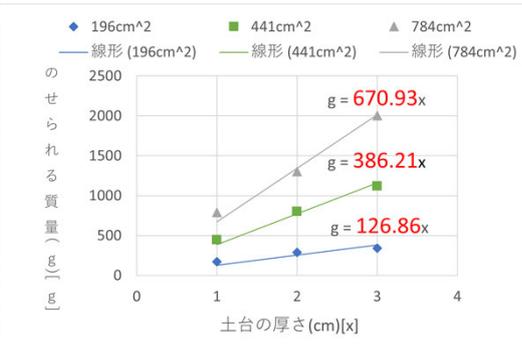


図2. 土台の厚さとのせられる質量の関係

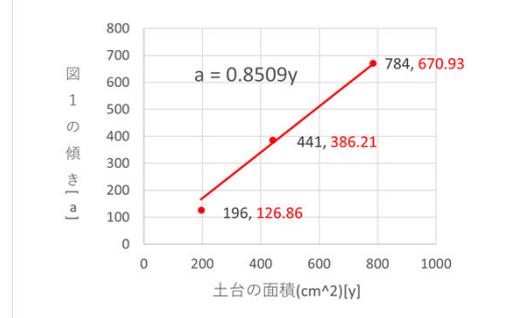


図3. 土台の面積と図1の傾きの面積の関係

図2、図3より、
g: のせられる質量
x: 土台の厚さ y: 土台の面積
とすると、『 $g=0.8509xy$ 』という関係式が求められる。

図2の3つのグラフの傾き(赤字)とそれぞれの面積との関係をグラフに表す。(図3)

現段階での結論

体重60kgの人が水上歩行するとき、 $g=60000$ 、 $y=60 \times 60=3600$ を関係式 $g=0.8509xy$ に代入すると、 $x=19.58$ となり、縦60cm、横60cm、厚さ19.58cmの土台が必要となる。

課題・展望

水上を歩くための推進力について考える。

推進力について考えた上で土台を作り実際に水上歩行することができるか検証したい。

参考文献

水蜘蛛-忍者データベース <https://www.ninja-museum.com/ninja-database/?p=18>

膳所高校 2年生普通科「探究」最終発表会テーマ一覧

午前の部

A 1	テーマ
	濡れた本の復元方法
	ホラー映画における印象的な場面の条件
	道路標識の「現在」に対する提案
	お菓子のパッケージにおける個数と値段の関係
流行色の予測	

A 2	テーマ
	わさびの状態による抗菌効果の差異
	分厚いパンケーキを焼くための条件
	液体の粘性とミルククラウンの形状
	家庭で簡単に透明な氷をつくるには
卵が割れない条件	

A 3	テーマ
	迷路探索におけるAI推定の有効性の検証
	日焼け止めの効力
	情報量と体感時間の関係
	アキレス腱長と跳躍力の相関関係
視覚と味覚の相関	

A 4	テーマ
	アリのフェロモンについて
	ダンゴムシの交替性転向反応の不成立条件
	容器の口の形状の違いによる水の出方の差
	ミミズに与える餌と土壌の成分の関係
メントスガイザー現象の噴出の高さについて	

A 5	テーマ
	醤油と油をふきとるのに適した布の種類
	ダイラント流体の衝撃吸収性
	ペットボトルの保冷方法
	平面充填構造の耐久性
液状化現象	

A 6	テーマ
	エタノール溶液と蒸発熱
	かざぐるまの可能性
	ダイラタンシーの応用法
	ソーラークッカーの形と上昇温度の関係性について
しゃぼん玉の強度と表面張力	

午後の部

P 1	テーマ
	web漫画と紙漫画の違い
	テレビドラマのタイトルと社会の変化
	外国人労働者に必要な支援体制
	共起ネットワークから見る百人一首
食料自給率向上戦略の提案	

P 2	テーマ
	メレンゲが膨らむ条件
	納豆の粘性
	物体の強度の関係
	油による紫外線遮断効果
カレーうどんを汁を飛ばさずに食べる方法	

P 3	テーマ
	キャラクターの顔の黄金比
	髪が傷む要因とそのケア方法
	紙ナイフの能力
	酸味を用いて甘味を増すための条件
環境音と集中力の関係	

P 4	テーマ
	豆苗の栽培条件
	ショウノウの有機溶媒の溶解度と天候の関係
	服装と衣服内温度の関係
	線香花火の継続時間を延ばす方法
繊維と汚れ	

P 5	テーマ
	液体の性質によるグラスハープの音の違い
	糸電話の可能性
	粘着テープの剥し方について
	コマの重心と回転時間の関係
水溶液の溶質による屈折率の変化	

P 6	テーマ
	水と摩擦の関係
	翼の厚さと剥離現象
	テープの形と粘着力の関係
	媒質の濃度と散乱強度との数学的關係
回転物体の落下面	

外国人労働者に必要な支援体制

Necessary Support System for Foreign Workers

2年3組19番 谷葵

Aoi Tani

要旨

世界でのグローバル化と国内の少子高齢化から、労働力の確保のために外国人の支援が必要だと考えた。インタビューの結果、日本語教師が不足していることが浮き彫りになった。フランス、ドイツとの比較により、日本に必要とされているのは、地域づくりとして多文化共生、そして建前上「移民」を認めていない現状を改善するべきだと考える。

キーワード：日本語教育，移民

1. はじめに

1. 研究の目的・動機

急速なグローバル化と国内の少子高齢化から、外国人の受け入れが必要だと考えた。そこで、必要な支援体制について調べようとした。

1.

2. 先行調査

まず、インターネットで日本の現状について調べた。その調査では、外国人労働者の多くがブラジル人であり、ブラジル人の99%が活動制限なしの在留資格を取得していることが分かった。次に、滋賀県内の外国人学校について調べた。その調査では、滋賀県には「ラチーノ学院」「サンタナ学園」「サンファミリーブラジル学校」という三つの外国人学校があることが分かった。また、多くの外国人学校はクラウドファンディング等で集めた資金で学校運用をしており、経営が苦しい現状にあるということも分かった。

2. 調査

1. 調査方法

インターネットとインタビューを活用した。インタビューは滋賀県国際協会にお願いした。滋賀県国際協会とは、国際化協会・多文化共生の地域づくり、滋賀県外国人相談センターの運営などの活動を実施している機関である。

2.

2. 調査結果

1. 教育・外国人サポートの現状

インターネットで日本語教育について調べた結果、日本では日本語指導が必要な児童生徒に対し指導する教員が足りていないことがわかった。(図1)

また、滋賀県では日本語教師養成機関が一つもなく、不足している状態にあることもわかった。

常勤の日本語教師の年収は300万円前後、非常勤の日本語教師の時給は1500円～2000円程度であ

るが、これは教材作成や学校行事の運営などの多忙な業務に見合った給料でないと考えられる。加えて、非常勤講師は夏休みなどの長期休みの時に給料が入ってこないことや雇用保険などの待遇面がよくないこともあり、日本語教師の労働環境はよくない状況にあるといえる。

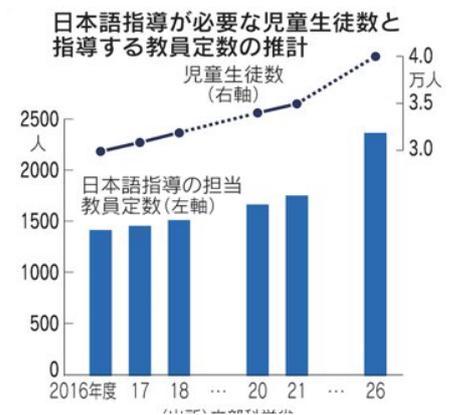


図1 児童生徒数と教員定数の推計

インタビューでは、滋賀県国際協会の現状について詳しく聞いた。滋賀県国際協会は相談センターの運営や多言語の情報誌の発行を行っているが、それには予算不足や翻訳の人材不足という問題がある。

2. 外国の移民受け入れ体制について

移民が多いドイツ・フランスについて調べた。ドイツには1960年代に移り住んできた移民の背景を持つ人が多く、またナチスドイツのユダヤ人迫害の反省からくる意識もあって移民の受け入れに寛容である。フランスでは、オイルショック以前に積極的に受け入れていたがオイルショックで移民の受け入れを停止した。しかし、その後家族が合流することを尊重し、家族を呼び寄せる人が増えたことで移民が増えた。ドイツでは2004年に移民制御法が制定されてドイツ語学習とドイツ社会の法・制度・文化への知識の学習を組み合わせた統合講習制度ができ、フランスでは選択的移民政策、社会統合政策がとられている。

また、日本人の受け入れ意識が低いことも分かった。

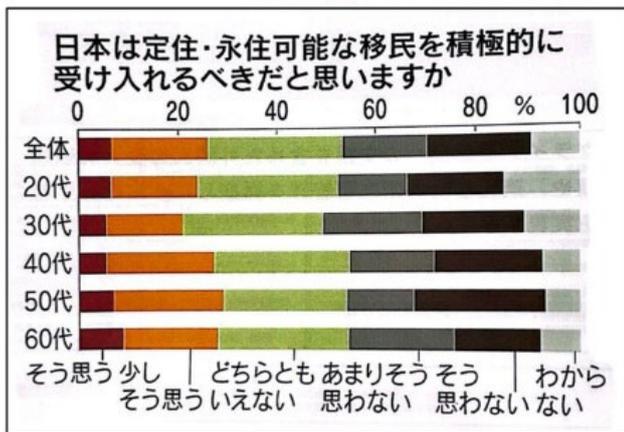


図2 意識調査の結果

3. 結論

日本語教師が足りていないため、日本語教師養成機関を増やすことや日本語教師の給料を上げることが必要である。また、外国人対応の人材が不足している現状も打破しなくてはならない。以上から、国家レベルでの政策変更も必要ではないかと考える。

ドイツ、フランス、日本の移民受け入れの共通点は、高度人材のみを受け入れているという点である。しかし、ドイツ、フランスは移民を認めており社会統合政策が実施されているが、日本では移民を認めていないことから社会統合政策が実施されていない。したがって、日本では地域づくりとしての多文化共生が必要であると考える。

コマの長時間回転の条件とは

Condition for long-time rotation of a spinning top.

2年7組12番 川崎友徳

Kawasaki Tomonori

要旨

透明のDVDと木の棒で作成したコマに位置と個数の条件を変えて重りをのせ、手で回転させて動画を撮影した。自作したソフトで動画を解析すると、回転速度の減衰は一定であると分かった。また、重りの個数が多く、軸からの距離が遠いほど、1,100回転/分を下回ってからの回転速度の減衰が比較的小さくなることも分かった。しかし、回転時間を延ばす方法を見つけることはできなかった。

キーワード：物理，回転運動，データ解析，コマ

1 目的・背景・研究動機

コマを長時間回転させることのできる条件を見つけることを目的として研究を行った。

この研究を行うに至った背景としては、正月にコマで遊んでいたときに、その回転運動に興味をもったことがあげられる。

2 仮説

2.1 仮説1

普段、コマの回転を見ているときの経験から、回転速度は一定値ずつ減衰するという仮説を立てた。

2.2 仮説2

回転運動を表す物理式である $F = mr\omega^2$ という式に基づき、重りの個数が多く、重りから軸までの距離が大きいほどFの値が大きくなり、コマの回転時間が伸びるという仮説を立てた。

3 実験方法

3.1 実験道具 (図1)

直径8mmの木の棒と透明のDVDを用いてコマを作成した。木の棒の下部には、下部が半球状になっている金属ナットを取りつけ、設置面積を減らした。

また、下端を基準に20mmの位置から幅55mmの範囲で赤色の絵の具を用いて縦に細く塗装した。

同範囲で赤以外の部分は白で塗装した。同様に軸の下端を基準に102mmの位置、10mmの位置をから10mmの範囲を緑、青の絵の具を用いて塾を一周するように塗装した。

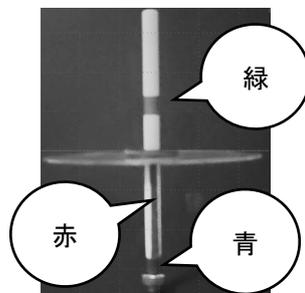


図1：実験用に作成したコマ

コマの重りには1.05gの金属ナットを使用しており、セロハンテープでDVDに固定して利用した。

3.2 実験条件

コマの盤上に配置する重り軸からの距離(以下、単に距離と記す)と個数をそれぞれ変化させ、各組み合わせについて5回ずつ後述の方法で実験を行う。

以下、重りの距離をd、個数をnとおいたとき、各実験条件の組み合わせを[d-n]と記す。

今回は[0-0] (重りなし)、
[2-4]、[3-4]、[4-4]、[5-4]、[6-4]、
[2-8]、[3-8]、[4-8]、[5-8]、[6-8]

の計11個の場合について実験を行った。

3.3 実験方法

コマを手で回転させ、コマの回転の様子をスマホのカメラで撮影する。撮影した動画はHD、240fpsである。この動画を自作した解析ソフトで処理し、コマの軸の傾きとRPM (rotate per minutes / 回転毎分)の値を求めた。

3.4 解析方法

解析ソフトの作成にはIDEとしてVisual Studio 2022を用い、画像処理にはライブラリとしてOpenCVを用いた。また、青、緑、赤の塗装部分を認識する範囲はHSV色空間における色コードの上限、下限を用いて定義した。(表1)(図2)

表1：塗装の認識に用いた色コード (HSV色空間)

	下限 (H,S,V)	上限 (H,S,V)
赤*	(0, 80, 100)	(10, 250,250)
	(170, 80, 100)	(180, 250,250)
緑	(70, 60, 70)	(90, 250, 250)
青	(100, 60, 70)	(130, 250, 250)

*…赤の範囲は引数の設定範囲の都合で二つの範囲で定義している。

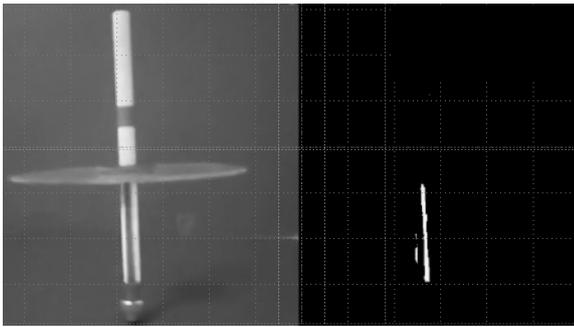


図 2：動画から赤の範囲のみ取得

注釈：左：元画像 右：抽出した赤の部分

3.4.1 軸の傾きの解析

青、緑を認識した範囲のうち、面積が最大となるものの重心をそれぞれ求め、その二点を結んだ直線の傾きを求めることで軸の傾きを算出した。

3.4.2 RPM の解析

赤を認識した範囲のうち、面積が最大となるものの面積をそれぞれ求め、その面積が 200 以上なら 1、200 以下なら 0 として二値化した。その値の周期からコマが一回転するのにかかる時間を求め、そこから RPM の値を算出した。

4 結果

結果 1

各条件について経過時間と RPM の相関係数を調べると、相関係数が-0.7 以下となった (図 3)。

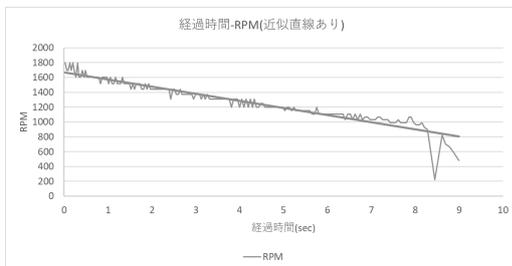


図 3：一定範囲の RPM の範囲とそれにかかる時間の関係

結果 2

RPM が一定の値だけ減少するのにかかる時間を調べると、RPM の範囲の取り方によってその減少にかかる時間が長くなる条件が異なった

結果 3

RPM が 200 減少するのにかかる時間を、RPM の範囲を変えながら調べると RPM1100-900 の前後で、回転時間が長くなる条件が変化していた (図 4)。RPM1100-900 より RPM が大きい場合には重りが少なく、距離が小さいほど回転時間が長く、RPM1100-900 より RPM が小さい場合には重りが多く、距離が大きいほど回転時間が長くなった。

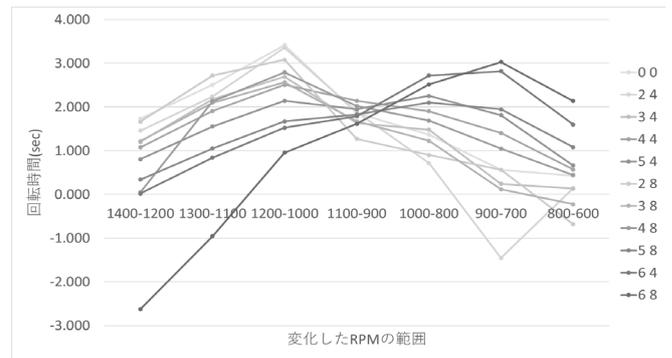


図 4：一定範囲の RPM の範囲とそれにかかる時間の関係

5 結論

結果 1 より経過時間と RPM に強い負の相関関係があったことから、仮説 1 は正しく、回転速度は一定値ずつ減速することが分かった。しかし、結果 2 から、常に一定値ずつ減速しているわけではないと分かった。実際のコマの挙動より、これはコマの軸のブレなどの影響であると考えられる。

結果 2 より、仮説 2 は正しくなく、重りの個数が多く、距離が大きいほど長時間回転するとは言い切れないと分かった。

結果 3 より、重りの個数、距離が好影響を与えるのは、回転速度が遅くなってからである。

6 課題・展望

6.1 課題

コマの円盤が生み出す向心力による影響を考慮することができなかった。

6.2 展望

コマの回転速度が速い時、重りの個数が多く、距離が大きいほど回転時間が長かったことから、より初速を早めることで、長時間回転の条件を明確にすることができると考えられる。

また、今回は軸の傾きから転倒のタイミングを解析することができず、代わりに RPM の減少から長時間回転条件を推測したが、カメラの台数を増やすなどの工夫をすれば、正確な転倒なタイミングを取得できるだろう。

7 参考文献・使用ソフトウェア・ライブラリ

- I. 三浦登.「改訂 物理」.東京書籍,2022年,495p
- II. 千石雅仁.「改訂 ニューグローバル物理+物理基礎」.東京書籍,2022年,432p
- III. Visual Studio 2022
- IV. OpenCvSharp4.Extensions(version:4.6.0.20220608)
- V. OpenCvSharp4.Windows(version:4.6.0.20220608)



波力発電の改良

滋賀県立膳所高等学校1年9組 1班



石光禮大 高間一葉 福田涼真 南大輝 脇ノ上陽菜

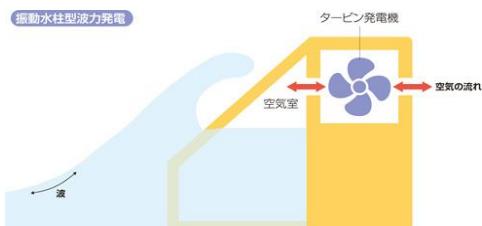
要約

波力発電の変換効率を上げるため、新しい発電システムを考案し模型を作成して試用した結果、様々な課題点はあるが発電システムとして機能させることに成功した。

動機・目的・仮説

環境問題の解決のため再生可能エネルギーが注目されている今日において、波力発電もその1つである。波力発電はまだまだ開発途中で改善の余地も多い。そこで、波力発電をより効率化することを目的とし研究をすることにした。

波力発電の仕組みにもタイプがあり、今回は振動水柱型波力発電システムに着目した。振動水柱型波力発電システムは、波の押し寄せる動きと引き返す動きによって海面が上下するという力を使って、空気室にかかる圧力を変化させる。そして、その圧力差を利用してタービンを回転させ、発電するのである。この波の2方向の動きにより、本来タービンは両方向に回転するため、それを1方向のみに回転させる技術が提案されているが、あまり本格的に実用化されているものは少ない。そこで、1方向のみに回転することができ、なおかつ変換効率が小さくなるようなシステムを考案することにした。



結果

板の上下によって水車は回転しなかった。しかし、風船を左右それぞれ2回ずつ交互に手で握ってしぼませ、ストロー内で水を循環させると、水車が回転した。



初め: 12時の方向に青印がある



操作後: 5時の方向に青印がある

考察

板の上下によって水車が回転しなかった理由として、
・実験の規模が小さかったため波の力が小さく、水車を回転させるほど水の力が大きくなかった
・爪楊枝の摩擦によって力が相殺された（爪楊枝は水車の軸として使用）

などがあげられる。

風船を人工的にしぼませた場合水車が回転したことから、考案した装置によって発電することが可能であることが分かる。

結論

弁を使用し水流が1方向になるようにして、波の2方向の力を同じ水車の回転につなげるシステムを作ることができた。

しかし、実際に波の力で水車を回転させることはできず、課題も多く見つかったため、さらなる改良が必要である。

今後の展望

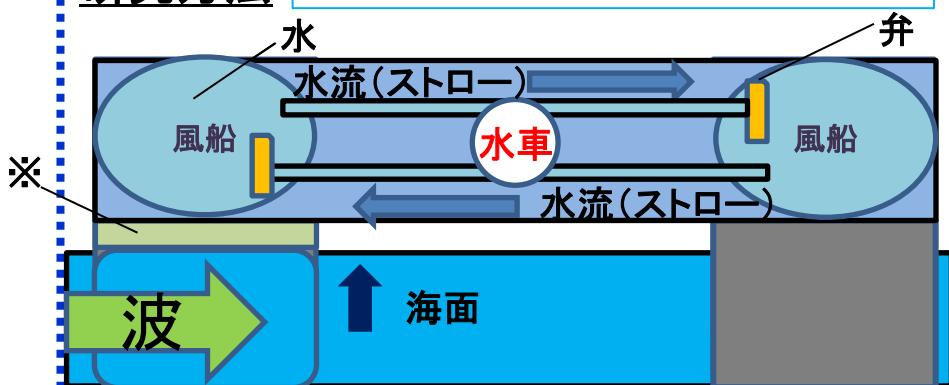
- ・水槽ではなくプールを使うなどとしてもう少し規模を大きくし、波の力を大きくして実験を行いたい。
- ・実験装置の精密さを上げたい。

参考文献

2021年、「次世代を担うエネルギーは波!?波力発電の全容に迫る!」、2022年3月2日、<https://enechange.jp/articles/wave-energy-power-station>
「静脈弁」、2022年3月2日、https://www.jhf.or.jp/check/term/word_s/vv/

研究方法

以下のような装置を考案・作成した。



←水車



※発泡スチロール
↓実験装置

<材料>

- ・風船 ・ストロー
- ・ボビン ・水 ・ペットボトル
- ・発泡スチロール ・爪楊枝 ・ビニールテープ ・輪ゴム

<実験方法>

- ①用意した材料を使って考案した装置を作成する。
- ②装置を水中に沈めて、水槽内に波を起こすこと、または手で直接握ることで、装置の一方の風船をしぼませて水を循環させる。

色と記憶能力の関係について

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 2班
奥居知生 小松尚輝 東山優希 丸岡知行 三浦由季乃 山路純也



要約

単語が持つイメージの色で書かれた言葉は、人の記憶に残りやすい。対してその補色を用いた場合は、人の記憶に残りにくいという傾向があることが分かった。

動機・目的・仮説

人の記憶能力について、単語に色の要素を加えることによって、記憶のしやすさに差が生じるのかどうか疑問を感じた。そこで、単語が持つイメージの色を用いるとその言葉が記憶しやすくなるという仮説を立て、それを明らかにすることが本研究の目的である。

研究方法

33名の協力者を、11人ずつ3つのグループに分け、それぞれグループA、B、Cとする。そして以下の実験1、2を行った。なお、グループ分けには乱数を用いた。

〈実験1〉

全グループに黒字の20個の単語を見せ、30秒間で暗記してもらい、グループごとに正答数の合計値を出す。

〈実験2〉

グループAに黒、グループBに単語が持つイメージの色、グループCにそのイメージの色の補色で書かれた単語20個を見せ、30秒間で暗記してもらい、正答数の合計値を出す。これを単語を変えて2回行い、合計の平均値を出す。なお、補色とは混合すると無彩色(白や灰色)になる色の組み合わせであり、作成には参考文献[1]を用いた。

その後、実験1から実験2にかけて得点の変化率を出す。

結果・考察

〈実験1の結果〉

グループA	グループB	グループC
102	107	111

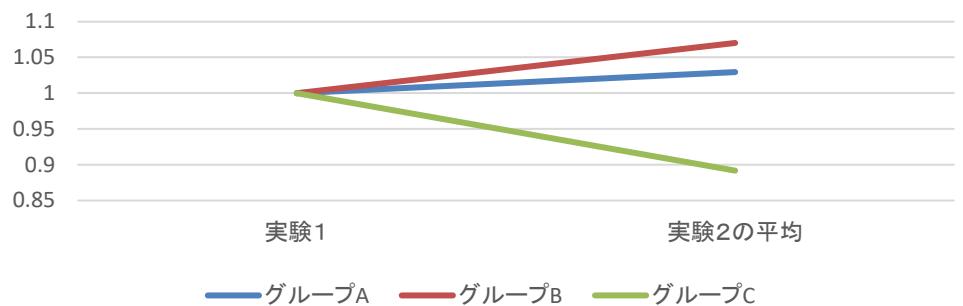
〈実験2の結果〉

	グループA	グループB	グループC
一回目	112	114	100
二回目	98	115	99
平均	105	114.5	99.5

単位(個)

単位(個)

実験1との比較



単語が持つイメージの色で書かれた言葉は、黒字の場合と比較すると、記憶できた単語の個数が多い。また、補色で書かれている場合は、他と比較して、記憶できた言葉の数が少ない。このことから言葉の記憶しやすさは、書かれている色によって影響されると推測できる。特に単語からイメージされる色で書かれた言葉は記憶力を上昇させる傾向がある。対して補色で書かれた場合は記憶力を減少させる傾向があると考えられる。

現段階での結論

実験より、黒字で書かれた場合と比較して、単語が持つイメージの色で書かれた言葉は、記憶できる量が多くなり、対して、その補色で書かれた言葉は、記憶できる量が少なくなるということが分かった。

今後の展望(と課題)

今後、実際に色が記憶力に影響を与えているのかについて実験し色彩と記憶力の相関をさらに詳しく明らかにしていく必要がある。また、正確性を増すために被験者数と実験回数を増やす必要がある。

参考文献

[1] <https://www.wave440.com/php/iro.php>
(2023.3.7 閲覧)

[2] 佐々木三公子, 王好, 川端美穂, 川端康弘
単語記憶課題における典型色の影響 853 (2014)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/pacjpa/78/0/78_3EV-1-059/pdf/-char/ja
(2023.3.3 閲覧)

食べられる乾燥剤の研究

菊池倫羽、股野洵生、山川晃太郎、成田真菜、加藤優季、辻歩乃果



要旨

物質の吸湿可能量について、物質ごとに空気中の湿度や物質の質量の変化を調べる実験を行った結果、シリカゲルのほかゼオライト、砂糖、米などの物質が乾燥剤に利用できる可能性があることが分かった。

動機

フィナンシェや海苔の袋にはよくシリカゲルという乾燥剤が入っている。その袋の多くには誤飲してしまうと腹痛や下痢を引き起こす可能性のあるシリカゲルが入っている。これは小さな子供のいる家庭では安全とは言えない。そこで食べても問題のない乾燥剤を作ることはいできないか考えた。

目的

食べてしまったとしてもシリカゲルよりも人体に害が少なく、且つシリカゲルと同等の吸湿性を持ち、持続性がある物質をさがす。

仮説

昔からシリカゲルの代用品として砂糖やおから、米などが使われており、これらの物質は現在使われているシリカゲルほどの長期間における吸湿力持続は望めないものの短期間ではほぼ同等の効果が望める。また、吸放湿性があるゼオライト(食品添加物)は湿度の低い空間で密閉すれば湿度を低いままに保つことができる。

研究方法

<器具>

- ・温度湿度計 ・ラップ
- ・ガムテープ ・ペットボトル…7本

<比較したもの>

→シリカゲル,砂糖,おから,米,ゼオライト
対照実験：乾燥させた土

<方法>

- ①ペットボトルをすべて同じ大きさに切断する。(直径7.5cm、高さ10.3cm)
- ②それぞれのペットボトルに比較したい物質を同体積ずつ入れ、その上に温度湿度計を置いてラップとガムテープでペットボトルを密閉する。
- ③一定期間放置し、温度湿度計を用いてそれぞれのペットボトル内の水蒸気量の変化を計測する。重さの変化を台秤で観察し、物質が吸収した水蒸気量を調べる。

<実験の様子>



結果

◎実験1 2日間おいておく

	シ	シ×2	ゼ	お	砂	米	無
水蒸気量 (実験前) g/m ³	2.65	2.40	3.74	11.4	8.17	7.13	4.93
水蒸気量 (実験後) g/m ³	1.44	1.29	6.81	13.1	9.92	8.28	6.74
吸湿量 (g/m ³)	3.4	3.14	-8.69	-5.9	-4.4	-3.26	-5.12

※上のデータはm³で換算している。

◎実験2 1時間置いておく(経過を観察)

	シ	ゼ	砂	米	無
吸湿量 (g/m ³)	51.495	1.697	1.979	1.679	-1.41

※ シ=シリカゲル ゼ=ゼオライト

お=おから 砂=砂糖 無=なし(土) 小数点第三位を四捨五入

考察

- ・シリカゲルの吸湿力はやはり最も大きく、湿度は常に10%に保たれていた。
- ・との比較より、は吸湿することが可能。
- ・①と②の比較より、ゼオライトやおからの吸湿力は2日間も持続しない。

結論

今回検証した物質には吸湿作用がみられたが、おから、ゼオライト、砂糖、米では長期の吸湿はできず、できたのはシリカゲルだけであった。

課題

- ・食べられるかどうかの判別は資料が少ないため現状ではあいまいである。
- ・おからは腐敗が進み、悪臭を放っていたため、食材と一緒に保存することはできない。
- ・吸湿がみられたものに関しても、実際に乾燥剤として利用可能な程度吸湿しているかは判断できない。

参考文献

- ・ [乾燥剤について | 佐々木化学薬品株式会社 \(sasaki-c.co.jp\)](http://sasaki-c.co.jp)
- ・ <https://www.kaiun-senbei.com/hpgen/HPB/entries/21.html>

補色と認識の関係



滋賀県立膳所高等学校1年9組4班
柿添みく 片岡良太 近藤弘隆 谷口華穂 宮本咲 山田詩葉

要約

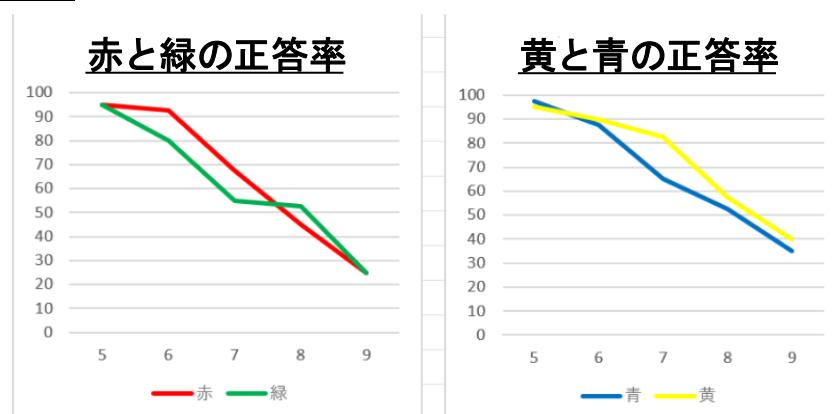
補色と認識の関係について2組の補色関係の色を用いて背景と丸の色を設定し、丸の数を数える実験を行った結果、補色関係にある2色で丸と背景の色を逆にすると丸の認識のしやすさが変化する、寒色が背景にあるときのほうが認識しやすいことが分かった。

動機・目的・仮説

2020年度の本校の「人間が瞬時に認識できる数と色の関係」という研究において、色相環で補色関係にある2色を、背景と丸の色にして表示すると、丸の数を最も正確に認識できるという結果がある。しかし、補色関係にある2色の中で、丸と背景の色をそれぞれ変える実験は行われていない。そこで、補色関係にある2色で丸と背景の色を逆にしても、丸の認識のしやすさは変わらないという仮説を立て、瞬時に認識できる色と正答率の関係を明らかにすることが本研究の目的である。

結果

※折れ線の色は丸の色と同じ



赤と緑では赤のほうが正答率が高かった。また黄と青では黄のほうが正答率が高かった。

研究方法

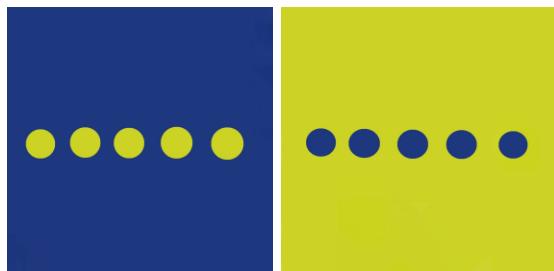
図1のように2通りの補色関係の色を用いて画像を作成した。丸の数は先行研究より5～9個にした。丸の表示時間を0.3秒、画像と画像の間は4秒に設定し、20枚をランダムに表示した。実験は40人を対象に行った。

実験にはスマートフォンを用いた。実験対象者には丸の数を数えてもらい、渡した紙に4秒間の間に記入してもらおう。実験対象者の氏名などは第三者には漏れないようにしてプライバシーの保護に努めた。背景と丸の色を逆にすることによって正答率が変化するのか調べた。

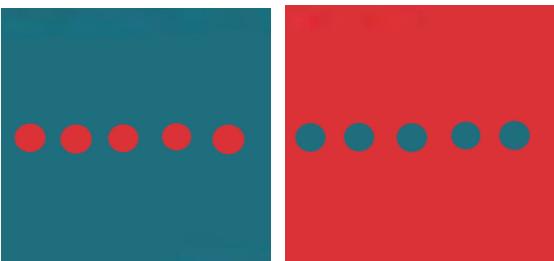
※色相環の1と13、7と19の色の組み合わせで実験を行った。

〈図1〉

1(黄), 13(青)
の組み合わせ



7(赤), 19(緑)
の組み合わせ



※色相環



考察

結果から、補色関係の2色において、丸の色が暖色で背景の色が寒色であるときのほうが、丸の色が寒色で背景の色が暖色のときよりも正答率が高い、すなわち認識しやすいと考えられる。これは仮説に沿っていない。その要因としては、寒色の背景に対して暖色の丸が目立って見えたことが考えられる。さらに、丸の色が黄色のときのほうが、赤色のときよりも正答率が高いことも分かった。この要因としては、明度が関係していると考えられる。

現時点での結論

補色関係にある2色で丸と背景の色を逆にすると丸の認識のしやすさが変化する。また、丸に使う色の明度も関係していると考えられる。

今後の展望

今回の実験では40人しか被験者がいないので人数をさらに増やしたうえで実験を行いたい。また、実験結果より補色関係であってもどの補色の組み合わせを選ぶかによって正答率に差が生じたため、明度との関係を調べていきたい。

参考文献

2020年度1年探究1班
「人間が瞬時に認識できる数と色の関係」

角形の有理数への拡張



滋賀県立膳所高等学校1年 9組 5班

姉崎樹 小坂唯木 小林奨真 宗ゆうみ

要約

分数多角形の一致条件を明らかにし,有理数多角形の面積,内側に形成される正多角形の一辺の長さの一般化をした.さらに,自然数多角形の影に関する定理がすべての有理数多角形において成り立つことの証明などをした.

動機・目的

YouTubeで数学の面白い世界について検索していたとき分数多角形の話を見つけ興味を持った.有理数多角形の拡張が目的である.

定義

\mathbb{Z} : 整数の集合 \mathbb{Q} : 有理数の集合

$\frac{m}{n}$ 角形:

($m \geq 3, n \geq 1, m, n \in \mathbb{Z}, m, n$ は互いに素)

m 角形の頂点を $(n-1)$ 点飛ばしに結んだもの.

そのうち正 m 角形におけるものを正 $\frac{m}{n}$ 角形と呼称する.

結果

(以下 m, n は正 $\frac{m}{n}$ 角形における n, m を指す)

① 正 p 角形と正 q 角形 ($p, q \in \mathbb{Q}, p, q$ の絶対値は単位分数でない)が一致する.

$\Leftrightarrow p, q$ が, $\frac{1}{p} \pm \frac{1}{q} \in \mathbb{Z}$ を満たす.

これより任意の p 角形 $p(p \in \mathbb{Q})$ に対して,それと一致する q 角形($q \in \mathbb{Q}, q \geq 2$)がただ一つ存在するといえる.

よって以降 $\frac{m}{n} \geq 2$ として考える.

② 正 $\frac{m}{n}$ 角形において

$m \sin^2 \frac{\pi}{m} (\cot \frac{\pi}{m} - \tan \frac{(n-1)\pi}{2})$ が面積を表す.

③ $\frac{m}{n}$ 角形とその内部にできる $\frac{m}{n'}$ 角形の辺の長さの比は $\tan(\frac{n\pi}{m}) : \tan(\frac{n'\pi}{m})$ となる.

④ 辺2の正 $\frac{m}{n}$ 角形に対称軸に関して好きな方向から光を当てたとき,辺の影の長さの2乗の和は $2m$ となる.

⑤ 一辺の長さが $a_1, a_2, a_3 \dots a_m$ である m 角形が存在する. $\Leftrightarrow 2a_i < \sum_{k=1}^m a_k$ ($i = 1, 2, \dots, m$)

今後の展望

- ・有理数多角形の成立条件を見つける.
- ・有理数多角形の高次元での拡張を行い, $\frac{m}{n}$ 多面体を定義し,その成立条件を考える.

参考文献

<https://manabitimes.jp/math/741>

《②の証明》

半径を1とする.

正 $\frac{8}{3}$ 角形において,

右図のように O, A, B, C をおく.
 $\angle AOB = 2\pi \div 8 = \frac{\pi}{4}$ より

$\triangle AOB$ の面積は

$$\triangle AOB = \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

余弦定理より

$$AB = \sqrt{1 + 1 - 2 \cos \frac{\pi}{4}} = \sqrt{2 - \sqrt{2}}$$

また円周角の定理より

$$\angle ABC = \pi \div \frac{8}{3-1} = \frac{1}{4} \pi \quad \text{より } \triangle ABC \text{の面積は}$$

$$\triangle ABC = \sqrt{2 - \sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2 - \sqrt{2}}}{2} \tan \frac{\pi}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{2 - \sqrt{2}}{4}$$

以上より正 $\frac{8}{3}$ 角形の面積は

$$\triangle AOB - \triangle ABC = \frac{\sqrt{2} - 1}{2} \text{となる. これと同様に}$$

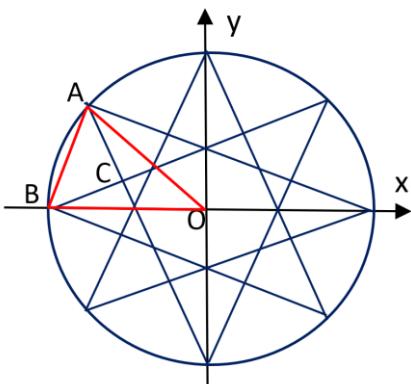
正 $\frac{M}{N}$ 角形の面積は,

$$\frac{M}{2} \sin \frac{2\pi}{M} - M \times \frac{1 - \cos \frac{2\pi}{M}}{2} \times \tan \frac{(N-1)\pi}{M}$$

$$= M \sin \frac{\pi}{M} \cos \frac{\pi}{M} - M \sin^2 \frac{\pi}{M} \times \tan \frac{(N-1)\pi}{M}$$

$$= M \sin^2 \frac{\pi}{M} (\cot \frac{\pi}{M} - \tan \frac{(N-1)\pi}{M})$$

となる.





顔認証AIを用いた出席記録の自動化



滋賀県立 膳所高校 1年9組 6班

大辻 繁俊・坂井 悠希子・田内 智哉・田中 志樹・若林 眞悟・渡邊 絢太

要約

顔認証によってExcelファイルに自動で出欠情報が記録されるようになり、出欠情報が生徒個人にLINEで通知される。また、出席簿、その週の課題、予習内容が生徒個人で確認できるリマインダー機能を搭載した。

動機・目的

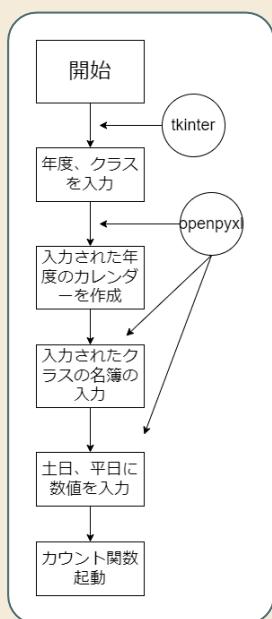
高校に入学して、高校教員の仕事量の多さを目の当たりにし、また大好きな先生が出席簿を辛そうに数えている姿を見て、何か助けになりたいと思った。そこで前年度のデジタル出席簿の研究を引き継ぎ、実用化を目指すことで私たち生徒でも業務の効率化に貢献できるのではないかと考えた。

プログラムの構成（動作環境：Python 3.10.10 , SurfaceGo3）

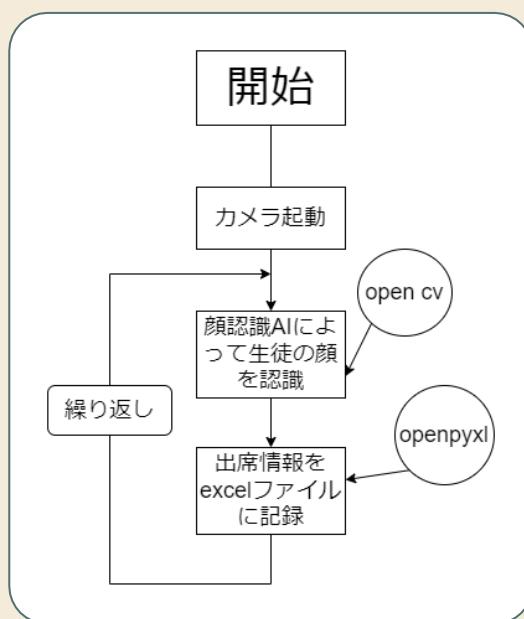
1クラスにつき年に1回

毎日行う

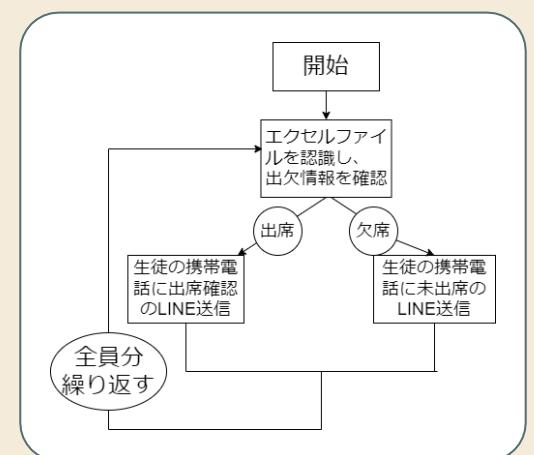
①Excel出席簿の作成



②顔認証による記録



③LINEを用いた生徒への通知



生徒が公式LINEのリッチメニュー(トーク画面下部のボタン)を押すと、事前に予習や課題の内容を記入してあるファイルのリンクを自動で返すことで生徒は随時確認することができる。

Excel出席簿を作成すると、予め土日には0、平日には欠席を表す5が書き込まれた状態で出力される。そして顔を認証したら、8時半以前ならば出席を表す4に書き換え、8時半以降なら遅刻を表す2に書き換える。

休日は0、出停は1、遅刻は2、早退は3、出席は4、欠席は5と出欠情報に数字を割り当てて記録するシステムでありExcel出席簿にはそのような数字の出現回数を出席番号の列ごとに数えたり、それらをもとに計算を行ったりする関数も埋め込んでいる。これにより、個人ごとに出席・遅刻・欠席・出席停止などの日数を常に自動で計算して表示し、それらの日数から授業日数や出席すべき日数までも求めて表示する仕組みになっている。

ただし、現段階では出停や早退、夏休みの設定などは先生によるExcelへの書き込みが必要であるため、完全な自動化には至っていない。

今後の展望

- ・クラス・学年単位での学習→動作の検証
- ・一時間ごとの出席の記録への対応
- ・早退への対応
- ・先生1人1人が持つ、教科ごとの出席簿のデジタル化

参考文献

- OFFICE 54、2022年公開、【Python】OpenCVによる顔認識：画像から顔を検出する方法、3月7日最終アクセス<https://office54.net/python/opencv/image-face-authentication>
- Naoの学習&学習、2022年公開、【Python】OpenCVで顔認識をやってみる、3月7日最終アクセスに<https://www.learning-nao.com/?p=2906>

Python・Excelを用いた提出物管理ソフトウェアの開発

滋賀県立膳所高等学校 1年9組7班

安食順正 那須健太郎 林瑞葵 原颯太郎 保井勇吾 渡邊雄天



要約

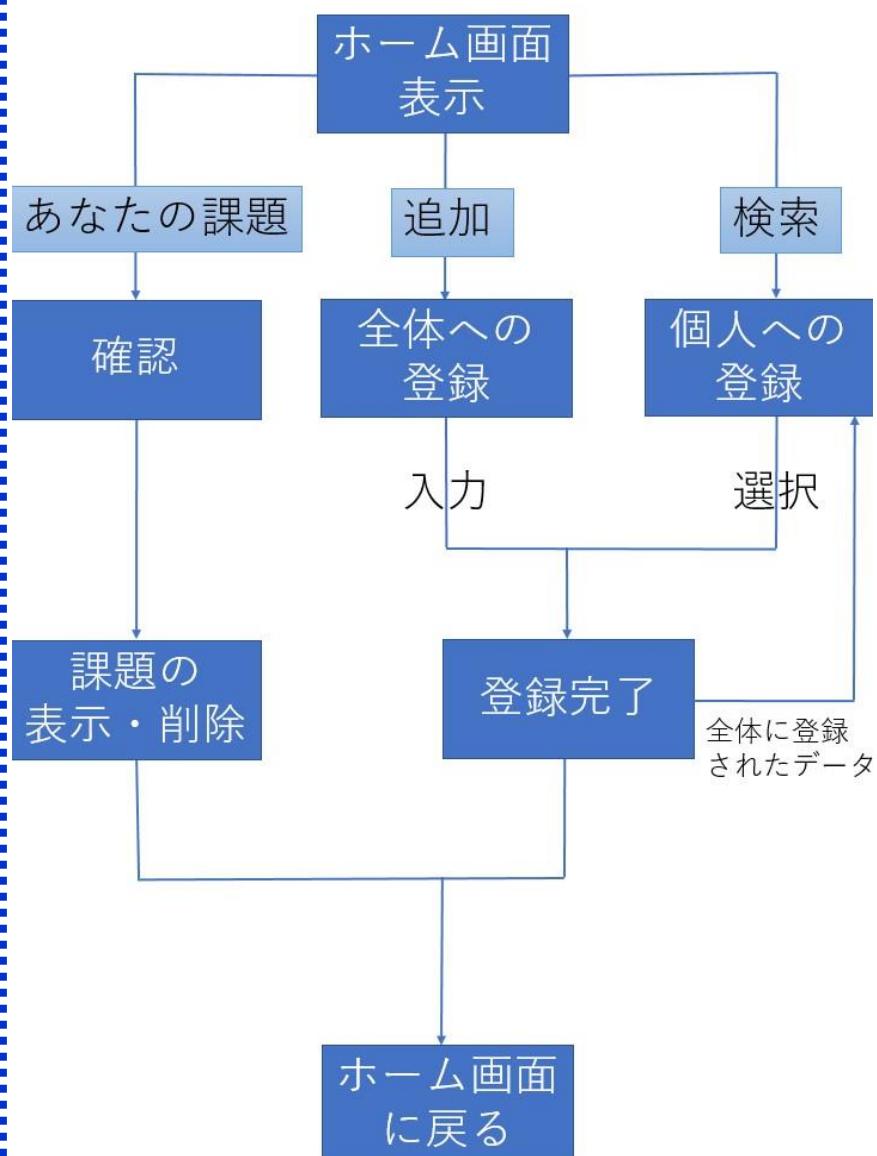
課題の提出期限についてPython・Excelを用いることで個人・全体で管理しやすくなるソフトウェアを開発した。

動機・目的・仮説

- 学校の各授業で出される課題や提出物について、個人で期限を管理するのが難しいことが課題である。
- Python等を用いてアプリケーション開発ができることは既にわかっているが、生徒と教員が使用しやすい仕組みがどのようなものであるかはまだわかっていない。
- そこで、BYODを利用すれば学校全体で使いやすいアプリケーションができるという仮説を立てPython・Excelを用いて提出物管理ソフトウェアを開発することが本研究の目的である。

結果

以下のチャートで示した通り、提出物の管理が行える。



*入力したデータはExcelに保存する。

結論

Python等を用いたソフトウェア開発について、1年9組内の提出物を個人と全体で管理できることが分かったが、このアプリケーションを全校生徒が使用できるかについてはまだ明らかでない。

今後の展望(と課題)

今後、全校生徒・教員が使用できるアプリケーション(スマートフォンとの連携)という点について実験し、提出物を大規模管理する最適な方法を明らかにしていく。人数が増えたときデータの容量と使用の快適性が保たれるかという課題がある。

参考文献

- 数研出版編集部, 2020年9月1日, 「ミニマニユアルシリーズ プログラミング入門 Python編」, 数研出版株式会社
- はるっち, 2023年1月2日, 「パイワーク! ビジネスパーソンのためのPython学習サイト pandasでExcelファイルの読み込み(read_excel)」
<https://python-work.com/excel-read-excel/>
- mosyory, 2021年7月29日, 「Hatena Blog openpyxlでExcelを操作する【Python入門】」
<https://tech-blog.rakus.co.jp/entry/20210729/openpyxl/>
- @omossan7182t, 2021年8月9日, 「Qiita tkinter使い方のまとめ(基本編)」
<https://qiita.com/omossan7182t/items/cc95de88a079596bf7a/>

テーマ



滋賀県立膳所高等学校1年 10組 班

班員の名前

要約 (ここを見ればどんな研究をしたかが一目でわかるように書く)

○○について、△△した結果、□□であることがわかった。
(研究の目的から結論まで、研究した内容を簡潔に記述する。)

動機・目的・仮説

- ・○○について、△△の点で興味を持った。
- ・▽▽であることは既にわかっているが、▼▼であるかはまだわかっていない。
- ・そこで、◇◇という仮説を立て、▼▼であることを明らかにすることが本研究の目的である。
(研究に取り組むきっかけや着眼点・背景等について記述する。)
- ・研究したことすべてを記述する必要はない。本研究で一番言いたいことをストーリーを考えて仕上がるのが大切である。

例

- ・どうしてそれが疑問なのか、不思議なのか。
- ・前提となっていることはなにか。(今までにわかっていることは何か。)
- ・どういう問題に取り組んだのか、なにをやろうとしているのか。

結果・考察

- ・現段階での到達内容をかく。
- ・表、グラフ、写真等を使って実験・調査の結果を記述する。
- ・その結果から言えることを考察する。(何が言いたいのかを明確にする。)
- ※事実と解釈を明確に区別して記述する。
(得られた結果(事実)を記述する。
その結果から考えられることを記述する。)
- ・複数の結果がある場合は、まずそれぞれについて考察し、最後にまとめて再度考察をする。
- ・自分たちが実験・調査した内容を順番どおりに記述するのではなく、研究のストーリーがわかるように配列し直して、論理的に記述すること。
- ・実験回数をできるだけ増やすこと。
- また、グラフには標準誤差を表示すること。

$$\text{標準誤差} = \sqrt{\frac{\text{標準偏差}}{\text{測定回数}}}$$

- ・有効数字に注意, 単位の表示を必ず行うこと
- ・キャプション 図は下 表は上
- ・ポスターを黒一色で印刷することも考えて、色の濃度を変える。

研究方法

- ・以下の□□の条件で実験・調査を行った。
(自分たちが立てた仮説の内容を検証する方法を記述する。)
- ・本研究で何を明らかにしたいかを示す問いをリサーチクエスチョンという。
このリサーチクエスチョンに確実に答えられる方法がとれているか。
- ・研究に関連する人々のプライバシーへの配慮等、研究倫理をふまえているか
(研究方法では明らかにならない、研究の限界点も記述する必要はないが考えておくこと)

例

- ・どのようにして実験・調査するのかを明瞭に記述する。
- ・実験では比較する条件を明らかにする。
- ・測定(調べた)対象や内容等を具体的に記述する。

結論(結果考察の欄に含めてもよい)

- ・○○について、◇◇であることが分かったが、◆◆についてはまだ明らかでない。

今後の展望(と課題)

- ・今後、◆◆という点について実験し○○を明らかにしていく。◇◇のような課題がある。

参考文献

- ・研究の参考にした文献
著者, (出版年), タイトル, 出版社 の順に記述
- ・研究の参考にした電子情報
作成者, 公開年, タイトル, アクセスした日付, URL
- ※Wikipediaなどの著者不明の情報は不可

理数科「課題研究」基本ルーブリック

目標	項目	A (4)	B (3)	C (2)
(協同)課題設定能力	様々な現象に疑問・問題意識をもち、課題を見付け出す。	興味・疑問をもったことについてよく考え、検証可能な現象を取り出し、適切な課題を設定することができる	興味・疑問をもったことについてよく考えているが、検証可能な現象をうまく取り出し切れていない	過去の課題研究や文献で扱われている現象を自分の課題とする
	文献やデータベースの調査ができる。	過去の課題研究や文献、HP だけでなく、個人の論文まで調べている	過去の課題研究だけでなく、文献、HP を調べている	主に過去の課題研究のみを利用している
	仮説を考える。研究方法を考える。	なぜそうなるのか、予備調査の結果も踏まえて、論理的に深く考えて仮説をたて、検証方法を考えている	自分で仮説をたてているが、あまり論理的ではない	過去の課題研究で使われていた仮説を利用している
問題解決能力	実験を計画する。実験装置や実験条件を考えられる。	適切でオリジナルな実験装置、方法を考え、論理的に適切な実験条件で実験できる	実験装置、方法に工夫をして改良し、適切な実験条件で実験できる	過去の課題研究で使われていた実験装置、方法を用い、実験条件だけを変えている
	実験・観察の手法に習熟している。	実験装置の扱い、観察方法に習熟し、正確な測定、観察方法で正確な数値、観察結果が得られる	実験装置の扱い、観察方法が適切で、測定、観察結果が正確に得られている	実験装置の扱い、観察方法を覚えているが、なぜそうになっているかの理解が弱い
	実験結果を考察し分析する。	得られたデータを適切なグラフ、表を用いて表し、そこから言えることを正しく読み取り考察できる	得られたデータをグラフ、表を用いて表し、そこから言えることを読み取り考察できる	得られたデータをグラフ、表を用いて表し、考察できるが、言えないことまでも読み取れたように誤解している
	論理的に考え、結論をまとめる。	考察から、言えることを整理し、研究全体を論理的に矛盾なく結論へ導くことができる	考察から、言えることを整理し、論理的に結論へ導くことができる	考察し、考えられることを整理し、結論を導くことができる
ディスカッション・プレゼンテーション能力	プレゼンテーションの技能 (班単位)	スライドを指し、聴衆を見て、原稿を見ずに大きな声で発表できる	スライドを指し、聴衆を見ることを意識しているが、しばしば原稿を見てしまう	ほとんど原稿を見ての発表である
	スライドのわかりやすさ (班単位)	適切で見やすいグラフ、表があり、全体の流れがわかりやすく、枚数も適切なスライドが作成出来ている	グラフ、表は適切であるが、文字のスライドが多いなど、枚数が多く、流れがつかみにくい	グラフ、表はかけているが、文字のスライドが多く、全体として意味がつかみにくい
	要旨 (班単位)	簡潔で、全体の流れが論理的にわかりやすい要旨である。	全体の流れがわかり、研究の内容が理解できる	全体の流れが整理されておらず、研究の内容は理解できるが、読みづらい
	論文 (班単位)	研究の背景がわかり、実験装置や観察手法が正確に記述され、得られたデータから適切に考察し、論理的に矛盾なく結論できている	研究の背景にもふれ、実験装置や観察手法が正確に記述され、得られたデータを考察し、論理的に結論できている	研究の背景や、実験装置や観察手法が記述され、得られたデータを考察し、結論できている

普通科「探究」のルーブリック

(1年生)

	D	C	B	A	S
	探究活動に十分に参加できなかったレベル	探究活動の質について改善を要するレベル	探究活動の質について満足できるレベル	探究活動の質について十分満足できるレベル	探究活動の質について特筆すべき成果をあげたレベル
課題設定能力	自分の興味や関心から問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけようと努力している。	自分の興味や関心に基づいた問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を参照したうえで、研究の意義を自分なりに考え、具体的な問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を参照したうえで、研究の意義を自分なりに考え、具体的な問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を十分に踏まえたうえで、独創的な切り口で現象をとらえ、学問的(社会的)価値を考えたテーマを検証可能な仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。
問題解決能力	調査活動に参加し、活動する能力を身につけようと努力している。	周辺知識を調べ、調査方法を自分で選択し、計画的に調査活動を行う能力を身につけている。	周辺知識を理解しようと努め、調査活動の過程で問題に直面した時には改善に努める。計画を立て、精度の高い調査方法を意識して実施する能力を身につけている。	周辺知識を理解しようと努め、調査活動の過程で生じた問題点に気づくことができる。目的や見通しを明確にした計画を立て、精度の高い調査方法を意識して実施する能力を身につけている。	周辺知識を理解して教訓を引き出し、調査活動の過程で得た情報を生かしながら修正することができる。目的や見通しを明確にした計画を立て、精度の高い調査方法を工夫して実施する能力を身につけている。
	得られたデータを分析し考察する能力を身につけようと努力している。	得られたデータを分析して考察を加える能力を身につけている。	得られたデータを正確に分析して論理的な考察を加える能力を身につけている。	得られたデータを正確に分析して論理的な考察を加え、次の課題を発見する能力を身につけている。	得られたデータを緻密に分析して論理的な考察を加え、次の課題を発見し、次の課題を発見する能力を身につけている。
ディスカッション・プレゼンテーション能力	グラフ等を用いてポスターを作成する能力を身につけ始めている。 発表の際に受けた質問を聞き、対応しようと努力している。	グラフ等を用いてポスターを作成し、研究の流れを意識しながら伝える能力を身につけている。	グラフ等を用いてポスターを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を身につけている。	適切なグラフ等を用いて分かりやすいポスターを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を身につけている。	適切なグラフ等を用いて分かりやすいポスターを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を身につけている。
	発表の際に受けた質問に適切に受け答えする能力を身につけている。	発表の際に受けた質問に受け答えする能力を身につけ始めている。	発表の際に受けた質問に受け答えする能力を概ね身につけている。	発表の際に受けた質問に適切に受け答えする能力を身につけている。	発表の際に受けた質問に適切に受け答えするだけでなく、そこから自分の研究を発展させる能力を身につけている。

(2年生)

	D	C	B	A	S
	探究活動に十分に参加できなかったレベル	探究活動の質について改善を要するレベル	探究活動の質について満足できるレベル	探究活動の質について十分満足できるレベル	探究活動の質について特筆すべき成果をあげたレベル
課題設定能力	自分の興味や関心から問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけようと努力している。	自分の興味や関心に基づいた問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を参照したうえで、研究の意義を自分なりに考え、具体的な問いをつくり、仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を十分に踏まえたうえで、独創的な切り口で現象をとらえ、学問的(社会的)価値を考えたテーマを検証可能な仮説を立てて課題設定する能力を身につけている。	過去の研究成果を十分に踏まえたうえで、独創的な切り口で現象をとらえ、学問的(社会的)価値を考えたテーマを検証可能な仮説を立てて課題設定する能力を、十分に身につけている。
問題解決能力	調査活動に参加し、活動する能力を身につけようと努力している。	周辺知識を調べ、調査方法を自分で選択し、計画的に調査活動を行う能力を身につけている。	周辺知識を理解しようと努め、調査活動の過程で問題に直面した時には改善に努める。計画を立て、精度の高い調査方法を意識して実施する能力を身につけている。	周辺知識を理解しようと努め、調査活動の過程で生じた問題点に気づくことができる。目的や見通しを明確にした計画を立て、精度の高い調査方法を意識して実施する能力を身につけている。	周辺知識を理解して教訓を引き出し、調査活動の過程で得た情報を生かしながら修正することができる。目的や見通しを明確にした計画を立て、精度の高い調査方法を工夫して実施する能力を身につけている。
	得られたデータを分析し考察する能力を身につけようと努力している。	得られたデータを分析して考察を加える能力を身につけている。	得られたデータを正確に分析して論理的な考察を加える能力を身につけている。	得られたデータを正確に分析して論理的な考察を加え、次の課題を発見する能力を身につけている。	得られたデータを緻密に分析して論理的な考察を加え、次の課題を発見し、創造性のある提案をする能力を身につけている。
ディスカッション・プレゼンテーション能力	グラフ等を用いてスライドを作成する能力を身につけ始めている。 発表の際に受けた質問を聞き、対応しようと努力している。	グラフ等を用いてスライドを作成し、研究の流れを意識しながら伝える能力を身につけている。	グラフ等を用いてスライドを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を身につけている。	適切なグラフ等を用いて分かりやすいスライドを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を身につけている。	適切なグラフ等を用いて分かりやすいスライドを作成し、研究内容を論理的に伝え、議論する能力を十分に身につけている。
	発表の際に受けた質問に適切に受け答えする能力を身につけている。	発表の際に受けた質問に受け答えする能力を身につけ始めている。	発表の際に受けた質問に受け答えする能力を概ね身につけている。	発表の際に受けた質問に適切に受け答えする能力を身につけている。	発表の際に受けた質問に適切に受け答えするだけでなく、そこから自分の研究を発展させる能力を身につけている。
	科学論文の形式を意識して論述しようと努力している。	科学論文の形式を意識して論述しようと努力している。	科学論文の形式を意識して論述する能力を身につけている。	科学論文の形式に則って論述する能力を身につけている。	科学論文の形式に則って論述する能力を十分に身につけている。

(3年生)

	D	C	B	A	S
	探究活動に十分に参加できなかったレベル	探究活動の質について改善を要するレベル	探究活動の質について満足できるレベル	探究活動の質について十分満足できるレベル	探究活動の質について特筆すべき成果をあげたレベル
アカデミックライティングの技法	科学論文の形式を意識して論述しようと努力している。	科学論文の形式を意識して論述する能力を身につけている。	科学論文の形式に則って論述する能力を身につけている。	科学論文の形式に則って論述する能力を身につけている。	科学論文の形式に則って論述する能力を十分に身につけている。
	パラグラフライティングを学習し、キーワードを用いて論述しようと努力している。	キーワードを意識して用いて、パラグラフライティングを意識して文を構成する能力を身につけている。	キーワードを効果的に用いる、またはパラグラフライティングを活用して文を構成する能力を身につけている。	キーワードを効果的に用いて、パラグラフライティングを活用して文を構成する能力を身につけている。	キーワードを効果的に用いて、パラグラフライティングを活用して文を構成する能力を身につけている。
論旨の明確さ	論理的な文章を記述しようと努力している。	論理的な文章を記述する力を習得している。	論理的な文章を記述する力を習得している。	論理的な文章を記述する力を習得している。	論旨が明解で論理的な文章を記述する力を習得している。

科学的探究に関する標準ルーブリックと指導方略

観点(上段) → 本質的な問い (下段) → 基準(上段) 徴候(下段) ↓	課題の設定		調査計画の立案と実施	情報収集と情報の評価	結果からの考察
	研究の意義づけ	課題の具体化			
	研究の意義とはなにか?	よい研究課題とはなにか?	よい調査計画とはなにか?	情報をどう解釈できるだろうか?	どうすれば妥当な考察ができるだろうか?
	子どもたちの到達点を判断する主な評価資料: 実験ノート(振り返りノート)・ポートフォリオ・検討会でのやりとり・行動観察・論文・ポスター等				
5 基準 課題研究の質が特別優れているレベル	自分の研究課題の学術的価値や社会的価値、既存の前提を問う問いを設定している	妥当な評価が可能な目標や、環境的な制約の中で実行可能で検証可能な問いや仮説を立てている	実践から教訓を引き出し、必要な情報や手続きを身につけて、次の計画に活かせる	情報(実験・観測データ等)を目的に応じて適切に評価をした上で、考察に向けた示唆を与える形で解釈している	得られた結論から、より発展的な課題を見だし、次の探究のプロセスが見据えられている。
徴候 一連の探究の手続きを理解し、省察しながら次の段階を視野に入れて探究活動を行っている	○自分の研究課題が社会や学問の進展に寄与するものであることを口頭または文章において説明できる ○研究課題に関連する先行研究との違いが明確にされている	○取りうる手段を踏まえ、実際に評価可能や目標や検証可能な仮説が立てられている ○身近な物・実験材料などに注目し、検証可能な課題を設定した ○先行研究がある場合、それらと比較できるような課題が設定できている	○現状で知識・技術不足があったときに、自ら情報を収集し、習得しようとする ○実施の都度、自分で振り返りをし、目的に応じて、計画を修正する	○データを緻密に分析し次の研究への発展または大きな発見の結論に至っている ○実験の失敗などから修正点を見だし実験デザインをし直す ○別アプローチで得られた考察の妥当性を確かめようとしている	○自分が進めてきた探究の手法や考え方を振り返り、発展的な新たな課題を見だしたり、その解決にむけたアプローチを考察したりしている
指導方略	「大きな目標のうち、今回の研究ではどこまでできたの?」と問う	・検証方法について、身近なものを使うように助言する			・多面的に考察し、発展的な課題に対する研究プロセスを考えるよう促す
4 基準 課題研究の質が十分に満足できるレベル	自分の研究課題の学術的・社会的価値に触れて問いの意義を説明している	評価が可能な目標や検証可能な問いや仮説を立てている	先行研究等を踏まえ、妥当性のある方法を多角的・多角的に判断し、計画に取り入れている	情報(実験・観測データ等)を先行研究や既存の前提(概念枠組み・パラダイム等)を用いて合理的に解釈している	論理的な考察ができており、得られた結論の妥当性の評価がなされている
徴候 探究の手続きや一連の流れを理解しつつ、自分の活動を評価しながら探究活動を行っている	○研究課題に関連する先行研究が紹介されている ○自分の研究課題が社会や学問においてどのような位置づけにあるか当該分野の話題を取り上げている △最終目標と、実現可能な実験をどのようにしてらし合わせるべきか悩んでいる	○目標や仮説を、曖昧な言葉や単語を用いずに表現できている ○必要な定義がなされている ○緻密な仮説を立てている ○評価可能な目標か、検証可能な仮説を立てている ○数多くの実験をした上でそれを踏まえた仮説を立てている △環境的な制約等を念頭に問いや仮説を設定することはできない	○先行研究や既存の理論を参考にしつつ、調査方法の妥当性を評価しつつ、選択できている ○課題解決に必要な条件・精度・具体性を意識した計画が立てられる ○既存の複数の方法を評価し、自分の研究に合った方法を選択した ○既に得られている各種データと、自らの予想に整合性があることを確認している △考察等をふまえて、発展的な研究に至るプロセスを提案することができない	○データの提示と解釈が正確に行われている ○有効数字、測定・系統誤差の評価・再現性の検討ができている ○自分が選択した方法や測定法の精度を意識している △実験と理論式が結びついていない △[理論式への]代入に終始している	○先行研究や既存の理論との比較の結果、進めてきた探究をふりかえり、評価(仮説の採択、棄却や方法の不備等)し、次の課題を見出している。 ○考察から新たな問題を解決するための気づきが生じている △課題は見つけられているが、発展的な研究のプロセスまでは考えられない
指導方略	・先行研究を意識して、自分たちの研究の意義を説明させる ・対象の性質から連想されることなかで、社会的に価値がありそうなことを見つけさせる	・操作上の定義について問う ・身近なもので検証可能なものを調べさせる	・予想通りなら、どうということが起こるか、それを確認するには、何を数えたり、観察したりすればいいか問う	・先行研究や別領域(周辺領域)での論文との整合性を求めるように指導する	・「考える原因は?本当に差があるといえるのか?」と問いかけ、先行研究の解釈について討論させる
3 基準 課題研究の質が満足できるレベル	他者に自分の研究課題の意義を説明できる	研究の目標を踏まえて、問いや仮説を設定できている	目的を明確にした計画を立て、見直しをもって計画となっている	情報(実験・観測データ等)を目的に合わせてまとめている	論理的な考察がされている
徴候 個々の探究の手続きを理解して探究活動を行っている	○どのような社会的課題・学術的課題を解決しようとする研究であるかということが表現されている ○自分自身の研究内容を表現している ○社会的課題を解決しようとしている △考察の方向と研究課題の方向が一致していない △個々の課題をこなすことに終止している	○曖昧な語を含んでいるものの、研究を通じて明らかにしたいことを目標や仮説といった形で表現できている ○仮説は立てている △検証可能な仮説や問いではない	○使用できる材料・機器・締め切りなどを考慮できる ○具体的な手法が記載できる ○実験系の作り方を検討している ○目的のあった装置を作る必要性に気づいている △どうすれば正確な検証ができるかわかっていない △立式・パラメータ等の意味を実際の操作と結びつけて捉えていない △何をもって期待した結果が得られたと評価できるのかわからない	○実験・観測の条件などによってデータの整理ができている ○データから、一定の合理的考察に結びつけている ○研究における定義について考えはじめた ○データの見ながら、どこに着目すべきかを見つけている ○実験方法の記録をとっている ○再現性よく、比較的バラツキのおさえられたデータを得ている △グラフ化できても解釈に困る	○結果から事実に基づく論理的思考ができている(正しい結果か間違った結果かは問わない) ○データをしっかりとまとめられた △対照実験で差が出た原因の特定をすることができない △先行研究の実験内容との比較に悩んでいる
指導方略	・思いつくパラメータを挙げさせ、どこに注目すべきかを考えさせる ・実験の制御方法などを考えさせる ・人のやっていないことを探させる	・対象について知識を得させる ・高校で検証できること(インフラ、安全面)を考えてみさせる ・先行研究を調べてみて人のやっていないところをさがすように指示する	・実際に行うことを想定して実験計画を考えさせる	・自分で条件を決めてデータをとりとうと指示する ・他の条件をそろえるように指導(例:写真とって、同じ実験装置を再現するなど)する ・実験の再現性とデータのバラツキの低減が必要と指摘する	・自分のデータの解釈について討論をさせた
2 基準 課題研究の質がやや改善を要するレベル	自分の研究に漠然とした意義づけができている	問いを立てることができている	作業としての計画が立てられ、実施している	入手した情報(実験・観測データ等)を示している	論理的な考察が不十分である
徴候 個々の探究の手続きを意識して探究活動を行っている	○自分の興味や関心に基づいた問いを立てられている ○防災や環境問題といった、問題意識から課題を設定しようとしている △問いから探究すべき方向が導かれない	○自分自身の疑問や、知りたいことを表現できている ○対象に関して、自分自身で問いを立て、目的を定められる △抽象的な問いを持てたが、どうアプローチしてよいかかわからないほど曖昧な問いである △問いが曖昧で具体的に何をしたいかわからない	○調査の手順を明確にしている ○研究手法と手続きを示している ○実施しやすい条件での実験・シミュレーションができる ○着目するパラメータを決める △着目するパラメータ以外が制御できていない △やりたいことはあるが、先行き不透明な状況	○記録にとどまり、合理的なまとめができていない ○複数のデータを得ている ○データがとれるようになった △サンプリングの条件が揃っていない △データの「特徴とは何か」でもめることがある △信用性のあるデータがない	○結果について考察しているが、多面的でない ○根拠が不十分である ○結果から読みとれていない飛躍した考察がなされている △解釈されたデータを考察でどう扱うのか分からない
指導方略	・生徒を見守る(待つ) ・生徒同士を話し合わせることで共通の興味を引き出す ・研究者の話聞かせる	・趣味や部活動の話聞く ・子供の頃の疑問を聞く ・どんな疑問でもいいのでできるだけ多く書き出させる	・実験内容を口頭で説明させ、教員が不明瞭な点を質問する ・「先行研究を調べてみよう。それを読み進めるために必要な知識も調べよう」と声掛けする ・まずはやってみさせる	・みんな同じ特徴をもっているのか問いかける ・実験道具の使用レベルからの指導(デスターのつなぎ方等)	・なぜ上手くいったのか問いかける
1 基準 課題研究の質が大幅な改善を要するレベル	自分自身で研究の意義を見出せない	問いを出せない	抽象的な計画にとどまり、実施が困難である	入手した情報(実験・観測データ等)をまとめていない	論理的な考察ができていない
徴候 探究の手続きがわからず、探究を進められない	○自分自身の研究が、自分自身の興味と離れている △研究分野は決まったが自分自身が問題意識をもっていない	○自分自身の疑問や知りたいことが何なのかが表現されていない △何を対象として良いかわからない	○実際の行動手順が見えない抽象的な語を多く含む計画を立てる ○すでに知っている手法を利用して計画を立てている ○最低限の道具を用意し、実験にとりかかる △行動手順が見えていない	○定量的なデータを得られるにも関わらず、定性的なデータしか示せていない △サンプルを一つしかとらない △特徴をぬきだせない。一般化できない △実験操作の基礎的な手法を理解していない	○結果と考察が分離できず、結果のみとなる ○予想通りの結果が得られていない場合に、「失敗した」で終わる △試しやったら(予備実験)上手くいったものの、それで満足する

数学的探究に関する標準ルーブリックと指導方略

観点(上段) → 本質的な問い(下段) → 基準(上段) → 徴候(下段) ↓	問の設定の妥当性・独創性	情報収集と議論		証明方法の方針の立案と実施	証明の論理性・独創性
		(先行研究あり)	(先行研究なし)		
	よい数学的な問いとは何か?	どこまでが既知でどこからが未知なのか?		証明の核はなにか?	
	子どもたちの到達点を判断する主な評価資料: (実験) ノート (振り返りノート)・ポートフォリオ・検討会でのやりとり・行動観察・論文・ポスター 等				
5 基準 課題研究の質が特別優れているレベル	周囲を納得させる研究の価値(個人の価値を超えたもの)を説明できる。見通しがあり、検証できる絞り込んだ問いを立てられている。	先行研究を理解し、活用することで新たな知見を生み出し、大きな発見に繋がった。(議論が十分になされ、創造的な発見につながっている。)	発展させた研究内容から新たな知見を生み出し大きな発見に繋がった。(議論が十分になされ、創造的な発見につながっている。)	証明の取組から必要な知識や手法を自ら発見し、証明に活かせる。	論理的な証明ができておりかつ独創的な発想で証明できている。
徴候 一連の探究の手続きを理解し、省察しながら次の段階を視野に入れて探究活動を行っている	○研究成果が社会や学問の進展に寄与するものである。 ○従来の学説や経験、これまでの研究成果を踏まえて証明可能な問いが立てられている。	○研究が独創性のある大きな発見に繋がるものとなっている。 (議論が繰り返しなされ、明らかに大きく研究が進んでいくことが分かる。)	○先行研究がないことを明らかにし、自分(たち)で考えた研究内容を分析し発展させ、大きな発見に至っている(議論している)。	○現状で知識や理解不足があったとき、自ら情報を収集し、自らのアイデアで証明できている。 ○取組のなかでこれまでの内容を振り返り計画的に筋道を立てて証明に至っている。	○示された証明から、他への波及効果のある新しい価値への提案ができています。
 指導方略	・検証可能な学術的価値や社会的価値のある研究であることを説明させる。	・先行研究と関連した研究があればその研究との比較、新規性について常に考えさせ議論させる		・新規性のあるアイデアを常に考えるよう指導する	・先行研究と比較したうえで、証明の独創性について説明させる。 ・証明した(定理)内容が他の事柄とどのように関連し新しい価値を見出しているか説明させる ・有識者による査読
4 基準 課題研究の質が十分に満足できるレベル	他者に研究の価値を説明できる。見通しのある問いを立てられる。研究の動機・目的が明確である。	先行研究を調べ、その内容を理解し、自らの研究に発展的に活かしている。議論がよくなされている。	自分(たち)で考え研究を進展させている。議論がよくなされている。	目的を明確にした方針を立て、見通しをもって証明を綺麗にデザインできる。	論理的な証明ができています。
徴候 探究の手続きや一連の流れを理解しつつ、自分の活動を評価しながら探究活動を行っている	○自分の研究課題が社会や学問が進展にどう寄与するかを考えている。 ○自分の知識や経験をもとに証明可能であるような問いが立てられている。	○先行研究の内容を理解しこの内容を正確に活用することで自らの研究を進展させている。 (議論ができており、研究内容が大きく進展した。)	○先行研究がないことを明らかにし、自分(たち)で考えた研究内容を分析し発展させている。議論している。	○証明するために必要な補題や事柄を、道筋をつけて考えている。	○結論へと至る論理的な思考がよくなされている。 ○(先行研究や既存の理論との比較がなされている。)
 指導方略	・研究テーマの意義と価値を説明させる。	・先行研究や別領域(周辺領域)での論文との整合性を求めるよう指導する ・新規性・有効性・信頼性を意識し研究する中で関連する領域の内容についても考えるように指示する。		・証明に必要なと考えられるすべての事柄を整理させる	・証明の道筋を一つずつ確認させる
3 基準 課題研究の質が満足できるレベル	研究の価値を個人レベルで理解している。研究の動機・目的が明確である。	先行研究を調べ、その内容を理解し、研究に活かしている。議論ができています。	先行研究がないことを明らかにし、自分(たち)で考え研究を行っている。議論ができています。	証明の不十分な点に自ら気づき、証明方針を変更できる。	証明に論理的な飛躍がある。
徴候 個々の探究の手続きを理解して探究活動を行っている	○自分の研究課題の意識に自覚的である。 ○問いが具体的である。(研究の目的・動機がはっきり示されている。)	○先行研究を調べ、その内容を理解し、研究に活かしている。(議論ができており、研究内容に深まりがある。)	○先行研究がないことを明らかにしている。 ○自分(たち)で考え研究を行う活動の過程がわかる。	○自ら証明方法の誤りに気づき改善に取り組んでいる。	○結論へと至る論理的な思考ができています。
 指導方略	・研究テーマから社会的価値が見出せるか考えさせる(議論させる) ・新規性のある問いを探させる ・研究の目的・動機を振り返らせる。	・先行研究とその関連内容についての理解を求める ・先行研究を調べて新規性があるかを調べるように指示する ・学術書や学術論文を読むように指示する	・先行研究を調べさせる。 国立国会図書館、CiNii-NII、GoogleScholarなどの利用 ・教員、研究者に尋ねさせる	・証明方法を説明させ、不明瞭な点を質問する。 ・証明に必要なすべてのプロセスを把握させる。 ・証明の大まかな道筋を考えさせる	
2 基準 課題研究の質がやや改善を要するレベル	研究の価値は十分に理解していないが、問いを立てることができている。	先行研究を調べるにとどまっている。(議論が不十分である。)		証明の方針は立てているが、証明方法が不十分なまま取り組んでいる。	
徴候 個々の探究の手続きを意識して探究活動を行っている	○自分の興味や関心に基づいた抽象的な問いは立てられた。 △具体的にどういう結果が得られたら、その間に答えたことになるかが不明瞭である。 △研究の目的・動機が示されていない。	○先行研究を調べた。 △先行研究と問との関連が見えていない。(話し合いはできているがそのことで、内容に深まりが見られない。)		△証明の道筋を十分に考えていない。 △このことが示せば良いという確信がない。 △結論へと至る論理が、根拠がなく不十分である。	
 指導方略	・生徒を見守る(待つ) ・生徒同士で話し合わせることで共通の興味を引き出す ・どんな疑問でもいのでできるだけ書きあげさせる ・研究者の話聞かせる	・興味のある内容で文献や論文を調べさせる。 ・発表会や先輩の研究からヒントを見つけさせる ・社会性、話題性のあるものからキーワードを探させる		問いを出してから証明方法の方針を考える。	問いを出してから証明のアプローチを考える。
1 基準 課題研究の質が大幅な改善を要するレベル	問いを出せない	先行研究を調べていない。(議論ができていない。)			
徴候 探究の手続きがわからず、探究を進められない	○単語レベルのテーマがある。 △何を対象として良いかわからない。 △何をしてもよいかわからない。 △抽象的。 △したいことがない。 △調べる対象が広すぎる。	△研究の手続きがとれていない。(議論ができていないので個人の考えとなっている。)			

膳所高校課題研究論文フォーマット(14pt) タイトルの英語表記を入れる

膳所太郎 膳所花子 理数科男 理数科子(12pt)
Tarou Zeze Hanako Zeze Kao Risuu Kako Risuu

要約

要約は論文の要点を簡潔に伝えるためのものである。提案手法の必要性を示す研究分野の背景、提案手法の基本的なアイデア、実験等を通して得られた知見を的確に論述し、**結論まで書く**。特に字数の制限は設けないが、1ページ全体が概要にならないように注意する。文字フォントは、「要約」と「キーワード」はゴシック系フォントで、概要中の文章とキーワードは明朝系フォントで記載する。また、文字の大きさは8ptとし、改行幅は固定値で12ptとする。2段組で指定する本文の幅より左右に15mmずつマージンを取る。要約の後に1行空けて、ABSTRACTを構成する。また、らに1行空けて1行におさまる程度のキーワードを続ける。

ABSTRACT

ここに ABSTRACT (要約) を英語で書く。日英併記 (英語のフォントは Times New Roman または Arial) (8pt)

キーワード: 原稿フォーマット, ページ数, 余白, 参考文献

1. はじめに

本資料は、膳所高校理数科課題研究発表会の論文のフォーマットについての解説である。本資料を熟読し、論文の執筆にあたってほしい。以下に、論文の体裁、ページフォーマット、文字フォント、図表、参考文献、締め切り、チェック、IMRAD フォーマット、謝辞の順に記載する。この解説の通り、「、」ではなく「,」を、「。」ではなく「.」を用いること。

1枚目には、本用紙上記に書かれてある通り、左端に「膳所高校理数科課題研究 (10.5pt)」, 右端に半角「R5. 3. 20 (10.5pt)」と記載すること。

2. 論文のページ数, ヘッダー, フッター

論文のページ数は概ね6ページとする。ヘッダーやフッターはつけず、ページ番号もつけないこと。

論文は、研究の背景、提案手法、提案手法の利点を示す実験、実験結果の考察、まとめ、参考文献、謝辞の順に構成し、論旨に直接関わらない詳細の実験結果や予備実験の実験結果等については、付録にまとめるとよい。IMRAD フォーマット^{*9}に準拠する。

3. ページのフォーマット

3. 1 全体のフォーマット

A4 サイズの用紙を用いる。原稿全般にわたり横書きとする。原稿の余白は上下各20mm, 左右各15mmとする。行間はシングルスペース(固定値で行間14pt程度)とする。Microsoft Wordの場合、固定値で指定すると行間が自動調整されず、見映えがよい。ただし、数式の関係で固定値を使えないときは、最小値などを用いても良い。見た目を重視して、体裁を整える。

1行46字とし、行数は要約の行数にもよるが、55行程度とする。

段落の最初は字下げする。また、段落間に空行はいれないようにする。章タイトルの前には1行の空行を入れる。節タイトルの前にも空行を入れるが、この節のように章タイトルと節タイトルが連続するときは、

空行は1行のみとする。また、タイトルが段やページの1行目に来るときは、タイトルの前に空行を入れない。

ページの最初に以下の項目を1段組で記載する。

- ・日本語原稿タイトル(14pt, ゴシック系フォント)。
- ・日本語著者名(12pt, 明朝系フォント)。
- ・英語著者名(12pt, Times系フォント)。
- ・要約(8pt) . ABSTRACT(8pt)。
- ・キーワード(8pt) ただし、1行に収まる個数。

続いて、2段組で本文原稿を記述する。本文の文字の大きさは10ptとする。中央の空白の間隔は8mm程度の段組とする。2ページ目からは最初から段組で行うこと。

3. 2 フォント

フォントについては、以下のように定める。

- ・原稿タイトル、章と節のタイトル、図表のキャプションはゴシック系フォント (MS ゴシック、游ゴシック) とする。
 - ・英語著者名などの英文字は、Times New Roman または Arial とする。
- Timesを使った場合は、英文字が太字に強調されて見えることがあるので注意する。
- ・本文を含め、その他は明朝系フォント (MS 明朝、游明朝) を用いる。

4. 章, 節タイトルおよび数式番号

章タイトルは12pt, 節タイトルは10ptのゴシック系フォントとする。番号は、章番号には1. 2. ...の連番を、節番号には1. 1や2. 3などを用いる。原稿の構成上必要であれば、さらに小節を設けても構わない。小節の番号については、2. 3. 1のようにするか、(a)のようにするかは、自由とする。数式の番号は論文の最初から連番で振り付け、(1)や(2)のように()カッコを用いて、番号付けを行う。

5. 図表

表1: サンプル表

		y		
		N	Z	P
r	u	N	N	Z
		Z	P	N
		P	P	P

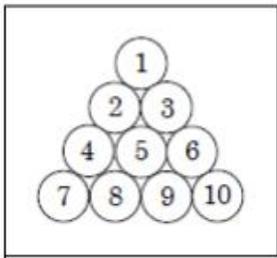


図1: サンプル図

表のキャプションは上に、図やグラフのキャプションは下につける。図表の番号はそれぞれ図と表を別々に連番とする。

キャプションは8ptとし、センタリングする。図表中の文字は本文の文字の大きさよりやや小さめの8pt程度の大きさにすると、バランスがよい。

図表はページの最初や最後に配置するとバランスがよい。段の最後やページの最後にタイトルのみにならないようにする。

原則的に、本文の段落幅を変更しないようにする。また、図表は必ず本文中で言及し、図表の前には空行をいれて、本文との境界をはっきりさせるようにする。

6. 参考文献

研究を整理するために用いた参考文献は、次のような順序で番号をつけ、原稿の末尾に各文献についての情報を記載する。

文献の言語（和文または英文）および文献の媒体（雑誌に掲載された原稿、書籍、Web ページのいずれか）により、日本語論文、英語論文、日本語講演予稿集、英語講演予稿集、日本語書籍、英語書籍、日本語 Web ページ、英語 Web ページの順でまとめ、本文中にでてきた順序か著者名のアルファベット順かどちらかで番号をつける。

本文中の参考とした該当個所に[1]のように番号をつけて参照する。複数の参考文献を参照する場合は、[1, 2]や[1-3]のようにする。

英語と日本語で論文タイトルの後のコンマとダブルコーテーションの位置関係が異なっていることに注意する。また、参考文献番号を明確にするため、文献情報の2行目以下は字下げして記載する。英語の書名にあたる部分はイタリック体にする。出版された年を記載し、わかる範囲で出版月、出版地も記載する。

Web ページの場合、管理者名がわからない場合は、名前を省略してもよい。閲覧した日付を記載する。

書籍

例1 国立天文台編. 理科〇〇年表. 〇〇出版, 2022. 7
(編者) (書名) (出版社) (発行年, 月)

例2 Taro,Z.et al The Math.7th ed.,Publishiing Co.,2023, pp.111-201
(著者) (書名)(版)(出版社) (発行年)(引用ページ範囲)

* 著者が多数の場合それ以下の著者を省略する場合 et al. と書くことがある。

論文（雑誌）

例1 膳所太郎. 「理数科次世代型課題研究への挑戦」2023
(著者) (論文タイトル) (発行年)

例2 Journal of 〇〇,2023, Vol.17, No.11, p.25-50
(雑誌名) (発行年) (巻数, 号数) (論文のページ)

インターネット上の資料

文部科学省. “高等学校学習指導要領(平成30年告示) 開設 理数編 平成30年7月”

(著者) (Web ページの題目)

https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf (参照 2022-07-07)

(入手先) (閲覧日)

新聞

滋賀新聞(2022). 「123番目の元素「せ」ニウム」膳所研世界初命名へ」.

(新聞名)(掲載年) (記事のタイトル)

滋賀本紙 12月4日朝刊.

(地域, 掲載日)

7. チェック

提出に当たり、指導担当教員のチェックを必ず受けること。提出後、論文の内容の点検は行わないので、文責は各班でもつ。

8. IMRAD フォーマット

Introduction, (Material,) Methods, Results And Discussion (And Reference)の略

「文章構成のスタイル」のひとつ。文章の中のあるまとまりを持ったひとかたまり（構成要素）を、機能面（文章の中でどういう役割を果たしているのか）から分類し、それらをどのように配列するのかを定めたルールのこと。この構成は科学的方法と相性がよく、学術論文においてよく使われる。特に実験系の学術誌に掲載される論文ではほとんどがこの IMRAD 型の構成をとっている。通常は Introduction の前に Title (タイトル:T)をおくことや、Discussion の後に Conclusion (まとめ:C)を書くことがほぼ必須で、Title の後 (Introduction の前)に Abstract (アブストラクト:A)が入るのが普通である。また、文章の要素に準ずる役割を担うものとして、文章の最後に、謝辞や参考文献一覧、脚注が書かれていることがほとんどである。

9. 謝辞

本校教員は書かず、外部の研究協力者、指導助言者を書くこと。

令和4年度 理数科課題研究論文集

令和5年4月31日発行

発行者 滋賀県立膳所高等学校

〒520-0815 滋賀県大津市膳所二丁目11-1

TEL 077-523-2304 FAX 077-526-1086