

「課題研究」から「理数探究」へ ～より質の高い探究活動を目指して～

滋賀県立膳所高等学校

校長 富 江 宏

本論文集は、本校理数科2年生が「理数探究」で取り組んできた研究の成果をまとめた苦労と汗の結晶です。まず、この1年間の生徒の皆さんの努力に心からの敬意を表したいと思います。

この2年生は、改訂された学習指導要領のもとで学ぶ1期生で、昨年度までの理数科専門科目「課題研究」から発展した、新たな共通教科「理数」に設置された「理数探究」を履修することとなりました。「理数探究」においては、「探究S」で習得した観察・実験・調査に関する手法、および数学的・科学的な手法を基に、自分自身の主体性に基づいて探究活動を進めることとなっています。

その流れとしては、観察等によって問題を発見し、数学的・科学的な見方・考え方を組み合わせて、数学や理科に関する課題として設定します。設定した課題に対して仮説を立て、検証計画の立案、観察・実験を行うなどして課題の解決を図り、得られた結果等を踏まえての分析、考察、推論をポスター発表やプレゼンテーションとして表現し、最後に論文形式で報告書にまとめます。この取組を通じて、強い知的好奇心、自発的な研究態度、自ら課題を発見したり未知のものに挑戦したりする態度等を育成し、将来において、自ら課題を見つけ、探究し、新たな価値創造ができる力の基盤を形成することを目指しております。

「理数探究」は本校をはじめとする理数科・SSH校が取り組んできた「課題研究」の成果をもとに設定され、新教育課程の中核に位置づけられており、本校には、早くから探究活動に取り組んできたパイオニア校としてSTEAM教育を推進し、より質の高い探究活動を構築していくことが求められていると考えております。本論文集を、こうした取組の成果の一端として御高覧いただき、忌憚のない御講評や御指導を賜ることができましたら幸いです。

また、今年度の取組の発表として、令和6年2月16日に大津市民会館にて生徒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。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、大阪大学大学院基礎工学研究科教授で、大阪大学量子情報・量子生命研究センター副センター長の藤井啓祐栄誉教授から、「量子コンピュータ、宇宙最強のコンピュータを創ろう」との演題で御講演いただきました。藤井栄誉教授は、従来のデジタルコンピュータとはまったく異なる原理で動く量子コンピュータの研究に取り組んでこられました。量子コンピュータに関して近年大きな反響を呼んだ出来事として、2019 年秋にグーグルが公表した「量子超越性」の実証が挙げられます。これは、量子コンピュータ「Sycamore」が、スーパーコンピュータで約 1 万年かかる計算を約 200 秒で解いたというもので、特定のタスクにおいてではあれ、量子コンピュータが従来型コンピュータに対して優位性を持つ、すなわち量子超越性を科学的に実証したとされています。藤井栄誉教授は、この論文がネイチャーに掲載される際に査読者に選ばれた、世界で3人しかいない研究者のうちの一人でいらっしゃいます。量子コンピュータに関する世界トップレベルの研究者である藤井栄誉教授から、研究内容についての大変刺激的で興味深いお話をお聞かせいただき、生徒たちもそれぞれに多くの学びや気づきを得ることができたことと思います。藤井栄誉教授に厚くお礼申し上げます。

結びに、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の関係者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

水溶液中の金属イオンとプラナリアの生存時間の関係 3

The Relationship between Metal Ions in Aqueous Solution and Survival Time of Planaria

奥居 知生 片岡 良太 近藤 弘隆 林 瑞葵 宮本 咲

ケラチンが燃料電池に与える影響 7

The Effect of Keratin on Fuel Cells

脇ノ上陽菜 加藤優季 辻歩乃果 東山優希

紙の乾燥時間としわの高さの関係 11

The Relationship between Paper Drying Time and Wrinkle Height

石光禮大 小松尚輝 宗ゆうみ 成田真菜 股野洵生

ブライニクル現象による氷柱とブラインの濃度・流入速度の関係 15

Relations between icicles and inflow/concentration due to brinicle phenomenon

保井勇吾 菊池倫羽 丸岡知行 那須健太郎 山路純也

液入容器の回転運動と液体の粘性の関連 20

The relation between rolling motion of container with liquid and viscosity of liquid

高間一葉 福田涼真 南大輝 山川晃太郎 渡邊雄天

平瀬川・多摩川間におけるバックウォーター現象のモデル化と減災への工夫 25

Modeling of Backwater Phenomena and Disaster Mitigation Between The Tama River and The Hirase River

安食順正 柿添みく 谷口華穂 三浦由季乃 山田詩葉

辺の長さと面積がともに整数の円に内接する四角形 29

A quadrangle with side lengths and area that are integers and inscribed in a circle

姉崎樹 小坂唯木 小林奨真 渡邊純太

協力が必要なタスクを解決するためのQ学習を用いた独立AIの環境設定について 34

Study on Environmental Setting for Independent AI Using Q Learning to Solve Tasks that Require Cooperation

大辻繁俊 坂井悠希子 田内智哉 田中志樹 原颯太郎 若林眞悟

発表ポスター集（日本語） 39

発表ポスター集（英語） 55

講評 71

付 録

生徒課題研究発表会口頭発表要旨 75

普通科1年探究テーマ一覧 ポスター（抜粋） 79

普通科2年探究テーマ一覧 論文（抜粋） 82

理数科1年探究Sポスター 87

ループリック（6つのコンピテンス、理数科基本、普通科、科学的・数学的探究） 95

膳所高校理数探究論文フォーマット 99

論文集

水溶液中の金属イオンとプラナリアの生存時間の関係

The Relationship between Metal Ions in Aqueous Solution and Survival Time of Planaria

奥居 知生 片岡 良太 近藤 弘隆 林 瑞葵 宮本 咲

Tomoki Okui, Ryota Kataoka, Hirotaka Kondo, Mizuki Hayashi, Saki Miyamoto

要約：

飼育液中の金属イオンの種類やそのイオンのモル濃度が、プラナリアの生存に及ぼす影響を解明するために、プラナリアを塩化ナトリウム水溶液、塩化カリウム水溶液、塩化カルシウム水溶液に投入した。すべての水溶液でそのモル濃度が高くなるほど生存時間が短くなった。また、それぞれの水溶液を比較すると、同じモル濃度下では、特に塩化カリウム水溶液内でプラナリアの生存時間が短くなることがわかった。高濃度の水溶液に投入したとき、塩化カリウムと塩化ナトリウムでは咽頭の伸長が見られたが、塩化カルシウムでは見られなかった。これは、カルシウムイオンの筋肉を収縮させる働きによるものであることがわかった。

Abstract：

To prove the influence of the types of metal ions and the molarity of the breeding liquid, we put planaria into three types of liquid, sodium chloride aqueous solution, potassium chloride aqueous solution, and calcium chloride aqueous solution. The molarity became higher, the survival time of planaria became shorter. This could be observed in all types of solution. Compared to each solution, the survival time is shortest in potassium chloride aqueous solution. At high molarity, pharynx stretching was observed in sodium chloride aqueous solution, potassium chloride aqueous solution. However, it wasn't observed in calcium chloride aqueous solution, because calcium ions contract muscles.

キーワード：プラナリア,金属イオン,咽頭

1. 研究の背景

プラナリアは一般的に切断しても死なず、欠けた部分を再生する能力を持つことで知られている。プラナリアが分類されている扁形動物門は、拡散（高濃度状態のものと低濃度状態のものが隣り合うとき、自動的に均一になる性質）によって栄養分を得ている。先行研究において、死亡したプラナリアの体内からナトリウムの損失が見られるという記述があった。そこで私たちは、プラナリアの生存と金属イオンは関係があると考えた。近年は工業廃水が河川へ流れ込んだり、異常気象により自然環境が変化したりすることでプラナリアの生息する河川のイオン濃度に悪影響が及んでいるのではないかと考えた。そこで今後もプラナリアが安全に生息し続けられるように、金属イオンの種

類や濃度がプラナリアの生存にどのような影響を及ぼすのかについて解明することが本研究の目的である。

2. プラナリアについて

プラナリアは（河川の上流）に生息している。体長 0.5 cm～2 cm 程度の細長い形状をした扁形動物で本実験ではアメリカナミウズムシ（*Girardia tigrina*）（図 1）を使用した。



図 1： *Girardia tigrina*

3. 実験

① 目的

金属イオンの種類と濃度がプラナリアに及ぼす影響について研究することが本実験の目的である。

② 内容

塩化ナトリウム水溶液（以下 NaCl aq ），塩化カリウム水溶液（以下 KCl aq ），塩化カルシウム水溶液（以下 $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ ）にプラナリアを投入しその様子を観察する。

これらの金属イオンを使用した理由について、比較的安価で扱いが容易であること、また実際の生息環境下で観察されうる工業廃水等に含まれる金属イオンについて研究する前段階として使用するのに相応しいと判断したためである。

③ 方法

小型のシャーレにプラナリアを1匹入れ、そこに各水溶液をピペットで6 ml ずつ測り取った後シャーレに投入する。プラナリアの動きを観察し、弱まって動きが見られなくなったところで死亡判定を行う。

④ 定義

今実験では死亡の定義として、ガラス棒で3回突いても無反応、かつブラックライトを照射しても忌避反応を示さないこととした。ここでブラックライトを使用した理由について、プラナリアが光、特に紫外線を強く避ける性質（忌避反応）を持つからである。ガラス棒による物理的刺激とブラックライトによる感覚的刺激に対する応答を調べ、視覚的に判定を行った。本実験で使用したブラックライトは、波長 365nm のものである。

一方、実験開始から120分が経過しても死亡と判定されなかったものを生存と定義した。

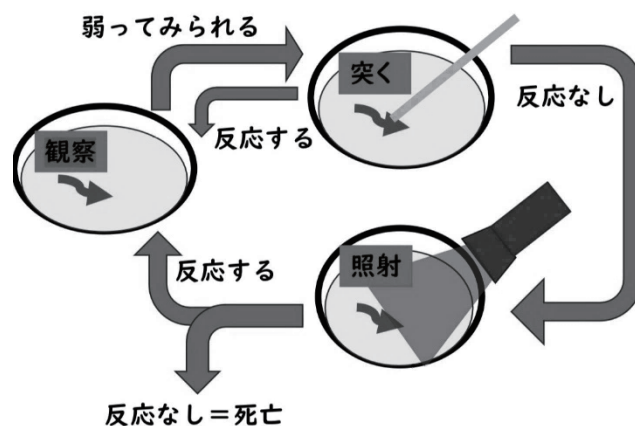


図2：死亡と生存の判定方法

⑤ 結果

生存時間は以下の表の通りである。数値は4匹の生存時間の平均値であり、単位は分である。なお、④定義より、実験開始後120分経過しても生存していたものについて、生存可能と表記する。

表1：各水溶液のモル濃度と生存時間の関係

(mol/L)	NaCl aq	KCl aq	$\text{CaCl}_2 \text{ aq}$
0.05	生存可能	81.75	生存可能
0.1	生存可能	35.5	70.75
0.15	67.75	17.5	13.25
0.2	43.75	8.0	4.25

これをグラフにとったものが図3である。いずれの物質でも負の相関がみられる。プラナリアは拡散によってイオン交換を行うため、水溶液の浸透圧にも大きな影響を受けると考えられる。今回使用した3つの物質のうち、 CaCl_2 のみ3つのイオンから構成されている。そこで水溶液中のイオン濃度を揃えたグラフが図4である。また、各水溶液におけるプラナリアの挙動は、水溶液の種類によって差異が見られた。 $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ 内のプラナリアでは体のねじり、高濃度の NaCl aq と KCl aq においては咽頭の伸長（図5）が確認された。

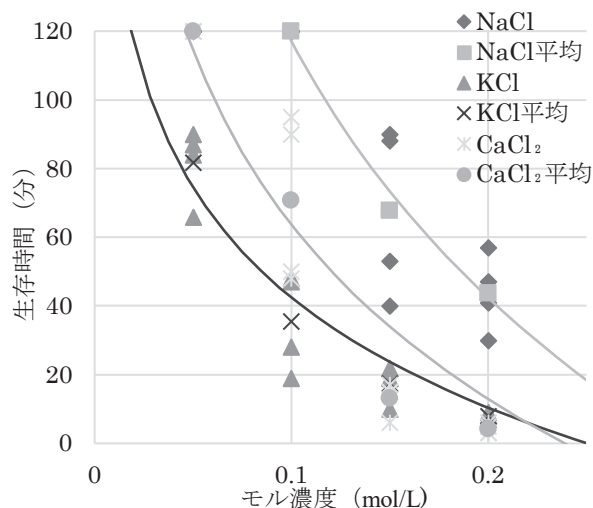


図3：各水溶液のモル濃度と生存時間の関係

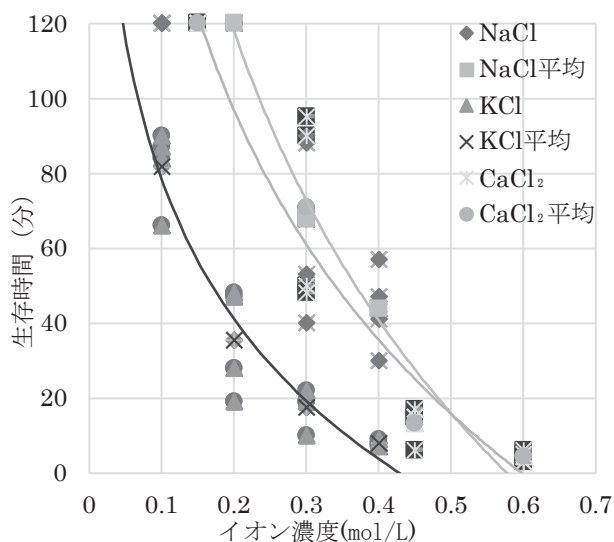


図4：各水溶液のイオン濃度と生存時間の関係

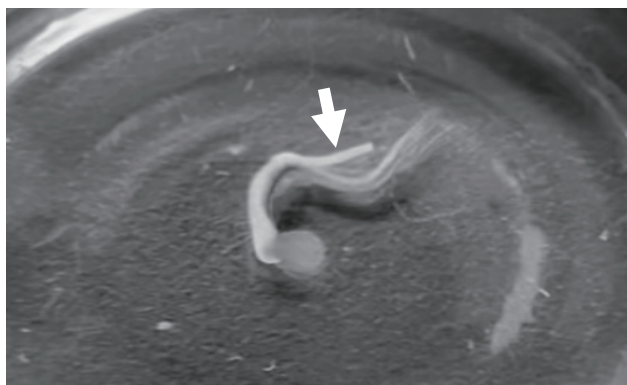


図5：咽頭の伸びているプラナリア
(上図矢印が咽頭)

4. 考察

高濃度の NaCl aq , KCl aq でプラナリアの咽頭の伸長が見られたため、咽頭が体内外のイオン濃度を調節しているのではないかと考えられる。普段は体表面で体内と外界のイオン等の成分を交換し（拡散）、過度に周囲の環境のイオン濃度が変化した際に咽頭を利用して、広面積によってイオン調節を行っているのではないかと考えられる。

その一方で、 $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ では高濃度でも咽頭の伸長が見られなかった。これは Ca^{2+} の筋肉を収縮させる働きが原因だと考えられる。 Ca^{2+} が咽頭の筋細胞に働きかけることで弛緩できなくなり、咽頭が伸ばせなくなったと考えられる。また、 $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ 内での体を捻じる動きもこの働きによるものだと考察できる。

また水溶液中のイオン濃度が同じとき、 NaCl aq と $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ の生存時間がほぼ一致した。このことより、 Cl^- が生存に与える影響もまた小さいと考えられる。同時に、 Na^+ と Ca^{2+} はプラナリアの生存に特徴的な変化をもたらさないと考えられる。

これと比較して、 KCl aq ではこれら二つの水溶液と比べて低いモル濃度で死亡した。これは、 K^+ のイオンが Na^+ に比べて十分に大きく、イオンチャネルの細かな溝に引っかかって詰まることがなく体内に流れ込み、影響を及ぼしやすいからだと考えられる。

5. 結論

咽頭の伸長は、

- ①高濃度の水溶液でのみ確認されたため、イオンを調節する機能を持つため、生存に影響している
- ②咽頭の伸長が見られた $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ では、咽頭の伸長が見られなかった KCl aq より長く生存していたため、単なる危機のサインであり、生存に影響しないの二つのどちらかであると考えられる。

6. 今後の展望

咽頭の伸長についての理解を深め、また $\text{CaCl}_2 \text{ aq}$ のみで体がねじれ運動を示した理由を探る必要がある。実験回数を増やし、より精度の高い実験結果を得る。

7. 参考文献

- ・プラナリアに対する紫外線の致死効果,大阪府立公衆衛生研究所研究報告,環境衛生編,大阪府立公衆衛生研究所編
- ・プラナリアに対する紫外線の致死効果-2-,プラナリア個体からの Na の損失,大阪府立公衆衛生研究所研究報告. 公衆衛生編, 大阪府立公衆衛生研究所編(10), 大阪府立公衆衛生研究所
- ・カリウムチャネルのナトリウム選択性はナトリウムが曲がりくねった経路に引っかかることによる,福井大学高エネルギー医学研究センター,金沢大学ナノ生命科学研究所

ケラチンが燃料電池に与える影響 The Effect of Keratin on Fuel Cells

脇ノ上陽菜 加藤優季 辻歩乃果 東山優希
Hina Wakinoue Yuki Kato Honoka Tsuji Yuki Higashiyama

要約

現在の燃料電池の電解質は、発電効率が高いもののコストがかかる。そこで、日常的に廃棄されているケラチンを電解質とした燃料電池の研究を知り、さらに研究をしようと考えた。実験の結果、ケラチンの使用に燃料電池を持続させる効果があると分かった。またそれはケラチンを充電時に用いる場合、放電時に用いる場合両方に効果があり、充電時には、ケラチン由来の白い固体が影響を与えていることが分かった。

ABSTRACT

Currently, phosphoric acid solution and alkali aqueous solution are mainly used as electrolytes in fuel cells. Therefore, when we learned about a fuel cell using keratin, which is routinely discarded, as an electrolyte, we decided to investigate further. Experimental results showed that the use of keratin had the effect of sustaining the fuel cell. The keratin was found to be effective both when used for charging and when used for discharging, and the white solid derived from keratin was found to have an effect when charging.

1. はじめに

まず、現在の燃料電池には主にリン酸水溶液やアルカリ性水溶液が使われている。しかし、発電効率は高いものの、コストがかかるという問題点がある。

また、哺乳類の体毛や鳥類の羽毛は、日常的に大量に廃棄されているにも関わらず、それらの中に含まれているケラチンの構造が複雑なため、自然界で分解されにくく、ほとんどが焼却処分されている。

ここで、ケラチンを電解質とした燃料電池に関する研究を知り、これが確立されたならば、燃料電池のコストを抑えられ、かつ体毛や羽毛を再利用できるため環境にも優しいのではないかと考えた。

上記の理由から、ケラチンが燃料電池にどのような影響を与えるかを調べることにした。

図1は、燃料電池の仕組みを表したものである。また、アルカリ型燃料電池における各電極での反応式は、以下のとおりである。

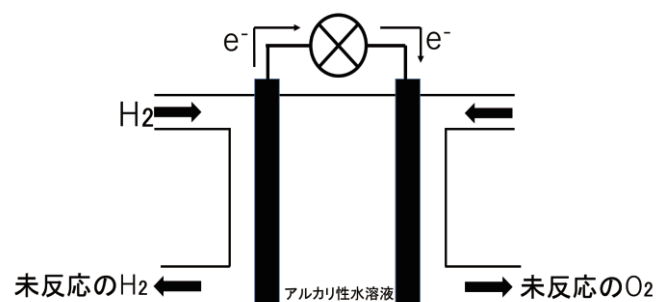
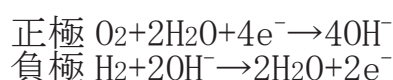


図1:燃料電池の仕組み

2. 事前準備

まず、実験に使用するケラチンを抽出した。羊毛 0.5g を水酸化カリウム水溶液 100mL (1mol/L) に2時間常温で浸しておき(加水分解)、2時間後それをろ過した。加水分解に使用した水酸化カリウム水溶液に含まれる水酸化イオンが実験の反応に影響を与える可能性があり、もし反応を起こせばケラチンによる反応が分かりにくくなってしまいかもしれないという点から、硫酸を用いて中和を行った。また、一部の溶液を用いてニンヒドリン試薬で反応を確認したところ、滴下した箇所が紫色に変色したことからケラチンが抽出されていることが確認された。

3. 予備実験

(内容と目的)

まず、本校の環境で実験可能な燃料電池の検討を行った。電解液は、水酸化カリウム水溶液を用いることにした。また、本来燃料電池は、水素と酸素を外部から供給して発電するものであるが、実験上外部からの安定した供給は困難だと判断した。そこで、まず電解質を含んだ水溶液を電気分解し、炭素棒に気体を附着させた後、電源装置につないでいた導線をプロペラにつなぎかえ、流れる電流量やプロペラの回転時間を調べることで燃料電池と同様の構造で実験が行えるようにした。

(準備物)

- ・水酸化カリウム水溶液 (1mol/L, 100mL)
- ・炭素棒(電極)
- ・電源装置
- ・電流計
- ・電圧計
- ・抵抗 (66.7Ω のプロペラを用いる)



写真1: 実験の様子

(方法)

溶液を 3 分間 3V の電圧をかけて電気分解する．その後、回路をつなぎなおして電圧、電流、プロペラが回った秒数を測定する．

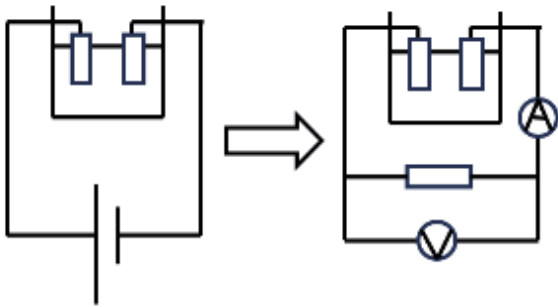


図 2：回路図

(結果)

結果は表 1 の通りになった．

表 1：水酸化カリウム水溶液を用いた燃料電池の電圧、電流、プロペラの回転時間

水酸化カリウム	電圧 (V)	電流 (mA)	秒数 (s)
1 回目	1.18	21.9	34.90
2 回目	1.18	20.6	36.17
3 回目	1.22	20.7	46.73
4 回目	1.29	21.0	49.33
5 回目	1.46	23.0	51.60
平均	1.27	21.4	43.75

(考察)

この実験方法で、水溶液を電気分解した後にそれを燃料電池として使用できることが確認できた．

4. 実験 1

(内容と目的)

ケラチンを電解質として用いた燃料電池と、硫酸カリウムを電解質として用いた燃料電池を作成し、結果を比較して性能を確認した．ケラチンは水酸化カリウム水溶液で加水分解した後、硫酸で中和したため、ケラチンを含んだ水溶液中にはカリウムイオンと硫化物イオンが存在する．よって、実験の結果がケラチンによるものであることを調べるため、カリウムイオンと硫化物イオンが存在する硫酸カリウム水溶液を使用した．

(方法・準備物)

予備実験と同じ回路、方法で、水溶液中の電解質を、硫酸カリウム、ケラチンにして実験を行った．

なお、どちらの水溶液についても、硫酸カリウムのモル濃度は、中和処理をしたケラチンの抽出液にそろえる．溶液は 0.417mol/L の濃度のものを使用する．

(結果)

結果は、表 2、表 3 の通りになった．ただし、表中の秒数は、プロペラの回転時間を示している．

表 2：ケラチンと硫酸カリウムを電解質として用いた燃料電池

ケラチン	電圧 (V)	電流 (mA)	秒数 (s)
1 回目	1.52	24.11	38.23
2 回目	1.58	24.59	49.08
3 回目	1.60	27.82	68.40
4 回目	1.78	25.70	78.00
5 回目	1.60	25.29	74.75
平均	1.62	25.50	61.69

表 3：硫酸カリウムを電解質として用いた燃料電池

硫酸カリウム	電圧 (V)	電流 (mA)	秒数 (s)
1 回目	1.52	23.58	31.50
2 回目	1.55	23.72	33.80
3 回目	1.52	23.72	35.67
4 回目	1.58	23.62	38.63
5 回目	1.59	24.08	40.45
平均	1.55	23.74	36.01

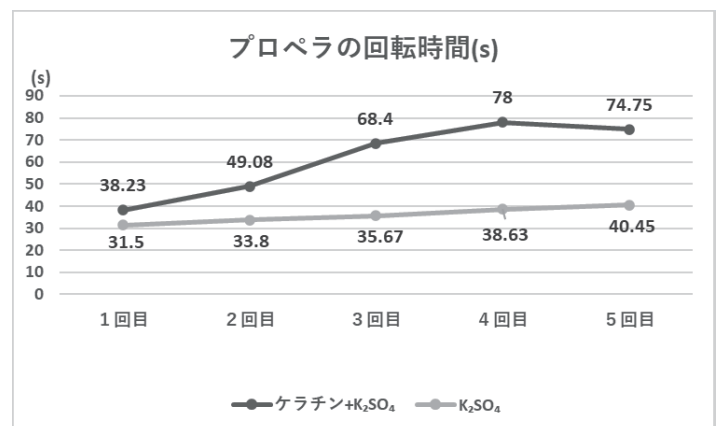


図 3：プロペラの回転時間

(考察)

どちらも電流と電圧に大きな差はなかった．ケラチンを用いた燃料電池の方が 20 秒ほど長くプロペラが回ったが、これはケラチンが水溶液中に含まれていたことが要因であると思われる．

また、ケラチンを含む水溶液を電気分解した最中、陽極側の炭素棒から白い固体が発生した．私たちは、この固体がタンパク質であると考えた．炭素棒上に付着したこの固体が、陽極で発生した酸素を炭素棒上に

とどめたことで、放電中に長時間酸素を使用でき、長時間プロペラが回ったという仮説を立てた．これについて、次のような実験を行った．

5. 実験 2

(内容と目的)

実験 1 でプロペラが長く回転したことは白い固体の形成が原因だと考えた．そこでこの白い固体がケラチン由来の物質であることを確認するために、実験 1 で確認された固体の同定を行う．(写真 2 参照)



写真 2：白い個体

(方法)

まず、H 字管を用いてケラチンを含んだ水溶液を電気分解して白い固体を採取した．採取した固体を蒸留水に溶かし、キサントプロテイン反応、ビウレット反応を用いて水溶液がタンパク質を含んでいるかを調べた．

(結果)

キサントプロテイン反応では濃い黄色を示し、ビウレット反応では濃い紫色を示した．写真 3 が、キサントプロテイン反応の実験を行った結果で、写真 4 がビウレット反応の実験を行った結果である．



写真 3：キサントプロテイン反応

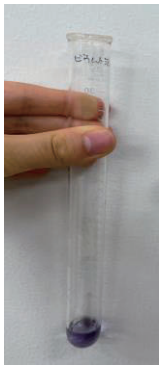


写真 4：ビウレット反応

(考察)

キサントプロテイン反応の結果から、ベンゼン環を持つアミノ酸、ビウレット反応の結果から、3 つ以上のアミノ酸が連なるペプチドが水溶液中に含まれていたことが分かった．実験 1 で確認された固体は、ケラチンもしくはケラチンが分解されてできたアミノ酸が 3 つ以上連なったペプチドである可能性が高いと言える．

6. 実験 3

(内容と目的)

実験 1 よりケラチンが燃料電池におけるプロペラの回転時間の増加に寄与することが分かったため、それが蓄電時に作用するものか、放電時に作用するものかを明らかにする．また、ケラチンが電解質として水溶液に含まれていることで効率よく作用するのか、ケラチンが固体となって炭素棒に付着することで効率よく作用するのかを調べる．

(方法)

電気分解用の水溶液を用いて 3V で 3 分間電気分解を行い(写真 3)，その後、放電時用の水溶液の入ったビーカーにセロハン膜のついた炭素棒を移し替え、回路をつなぎ変えた．その際、気体を逃げにくくするために電極周りをセロハン膜で区切り、セロハン膜内とビーカーの中で用いる水溶液を変えた．また、蓄電時と放電時でも水溶液を変えて各 5 回実験を行った．条件は表 4 の通りである．

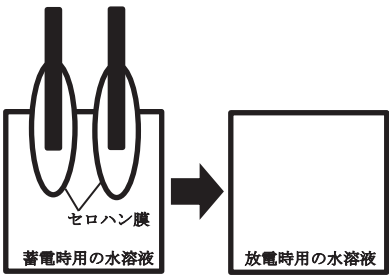


図 4：実験方法



写真 5：実験装置

表 4：蓄電時、放電時、セロハン膜内における水溶液の条件

	セロハン膜の中	セロハン膜の外	
		移し替え前	移し替え後
条件 1	KOHaq	KOHaq	KOHaq
条件 2	KOHaq	KOHaq+ケラチン	KOHaq
条件 3	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン	KOHaq
条件 4	KOHaq	KOHaq	KOHaq+ケラチン
条件 5	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン

各条件において、調べることは以下の通りである．

- 条件 1：基準値
- 条件 2：充電時の水溶液中にケラチンが含まれることが発電に与える影響
- 条件 3：充電時の水溶液中にケラチンが含まれることが発電に与える影響
- 条件 4：放電時の水溶液中にケラチンが含まれることが発電に与える影響

条件 5:充電時と放電時、両方の水溶液中にケラチンが含まれることが、発電に与える影響

(結果)

結果は表 5 の通りになった。

表 5 : プロペラの回転時間 (s)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平均
条件 1	—	2.71	2.89	4.02	3.33	3.24
条件 2	3.85	3.73	4	4.27	3.94	3.96
条件 3	4.79	5.37	—	—	—	5.08
条件 4	—	4.53	6.3	5.03	—	5.29
条件 5	—	5.72	5.27	4.89	5.62	5.38

条件 3 については 3 回目でセロハン膜が破損したため再実験を行った。結果は表 6 の通りであった。

表 6 : 条件 3 のプロペラの回転時間 (s)

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平均
条件 3	—	10.82	15.34	11.18	8.98	11.58

(考察)

条件 3, 4, 5 はプロペラの回転時間が条件 1, 2 よりも長かった。条件 3 では蓄電時にのみ、条件 4 では放電時にのみケラチンが用いられている。したがって、ケラチンは、蓄電時と放電時の両方で、「プロペラの回転時間を増加させる」つまり「燃料電池を長持ちさせる」効果があると考えられる。

その原理としては、充電時には、電気分解時に炭素棒の周りに白い固体が発生したことによって陽極で発生させた酸素をとどめたと考えられる。また、放電時にもケラチンが水溶液中で何らかの反応を促進しているのではないかと推測できる。

条件 3 のみ再実験を行ったが、この再実験では、羊毛を 2 時間加水分解し、ろ過してから実験を行うまでの時間が短かった。条件 1, 2, 4, 5 の実験を行った際は、羊毛を水酸化カリウムで 2 時間加水分解してろ過をした後、1 週間を過ぎて実験を行ったものもあり、その水溶液ではさらにケラチンの加水分解が進んでいたと思われるため、ケラチンが過剰に分解され、再実験したもの比べて白い固体が発生しにくい状態であったと考えられる。よって再実験では白い固体がより発生しやすくなり、結果としてプロペラの回転時間も長くなったと考えられる。

7. 結論

実験より、ケラチンを用いた燃料電池を作製することは可能であることが分かった。特に、充電時に水溶液中にケラチンが含まれているとき、発生した白い固体が、プロペラの回転時間の増加、すなわち燃料電池の持続時間の増加に寄与したと考えられる。

また、放電時においても、充電時に白い固体が発生することによって効果は劣るが、水溶液中にケラチンが含まれていることで、燃料電池の持続時間が増加した。これについては、メカニズムは不明である。

8. 今後の展望

実験 4 から、充電時だけでなく、放電時にも水溶液中にケラチンが含まれていることが、燃料電池におけるプロペラの回転時間の増加に寄与していると分かった。しかし、そのメカニズムを解明することはできなかったため、それを解明したい。

具体的なメカニズムとして、白い固体が発電時に触媒のように酸素と水素の反応を促進している、または白い固体自体が化学反応を起こすことで発電している、という仮説を立てた。前者は、現在一般的に使用されている燃料電池が、酸素と水素の反応を促進するための触媒として、白金を使用していることから、同様のはたらきがケラチンにもあるのではないかと考えた。後者の仮説が正しいなら、どのような反応式で書き表すことができるのかも明らかにしたい。

9. 参考文献

矢野太一、松尾康光 “バイオポリマー “ケラチン” を電解質とした燃料電池のプロトン輸送”

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.2/0/71.2_1248/_pdf
(参照 2023-7-1)

関西電力株式会社 “燃料電池を使って発電しよう！”

https://www.kepco.co.jp/brand/for_kids/ecolabo/01.html
(参照 2023-7-1)

宮本武明 “羊毛ケラチンの分解とその利用”

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kobunshi1952/29/9/29_9_694/_pdf (参照 2023-7-1)

紙の乾燥時間としわの高さの関係

The Relationship between Paper Drying Time and Wrinkle Height

石光禮大 小松尚輝 宗ゆうみ 成田真菜 股野洵生
Ishimitsu Reo Komatsu Naoki So Yumi Narita Mana Matano Junsei

要約

我々は、先行研究より紙のしわの高さはその濡れた紙が乾燥するまでの時間と関係があるのではないかと考え、紙の乾燥時間を変えてできるしわの高さを比較する実験を行った。その結果、紙の乾燥時間が長くなるほどしわの高さは減少し、長くなりすぎると増加するということがわかった。

ABSTRACT

Based on previous research, we thought that the height of wrinkles on paper might be related to the time it takes for the wet paper to dry, so we conducted an experiment to compare the height of wrinkles by changing the drying time of paper. The results showed that the longer the paper drying time is, the lower wrinkle height becomes, and the height becomes higher if the drying time was too long.

1. はじめに

紙は水に濡れて乾燥するとしわが形成される。これは、水分が滴下されることで、紙のセルロース繊維同士の水素結合が切断され、乾燥して再結合するときに無作為に結合するため、セルロース繊維の構造が変化するからであると考えられている。このことを踏まえ、先行研究ではしわを直すことを目的として、水でしわを作った紙に対して滴下するエタノール水溶液の濃度を変化させて加圧乾燥した時の紙の復元率を比較する実験を行い、濃度 25% のとき最も復元率が高くなるという結果を得ていた。そこで我々は、エタノールの揮発性に注目して先行研究を考察し、紙のしわの高さは、紙の乾燥時間と関係があるのではないかと考えた。

※復元率の定義

$$\text{復元率}[\%] = (B - C) / (B - A) \times 100$$

A: 元の状態の紙片 1 組の高さ

B: しわを作った状態の紙片 1 組の高さ

C: 加圧乾燥後の紙片 1 組の高さ

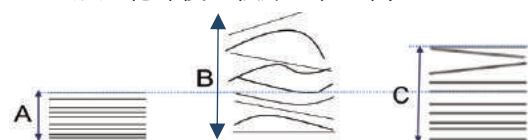


図 紙の状態のモデル図

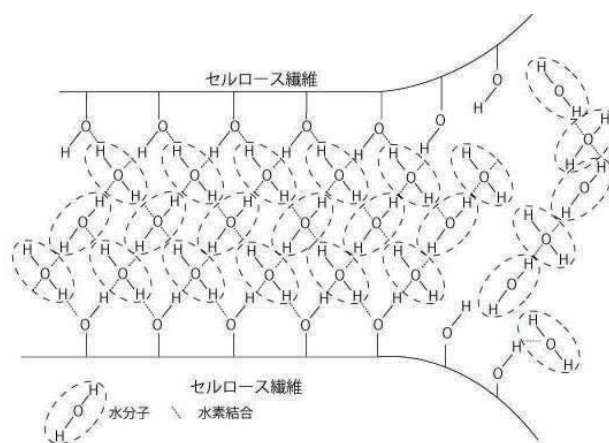


図 セルロース繊維の模式図

先行研究ではしわを直すことを目的としていたが、本研究では紙の乾燥時間としわの関係を調べるため、紙の乾燥時間を変えやすくする目的で、加圧乾燥は行わず、それに伴い復元率ではなくしわの高さという指標を用いることとした。また、エタノールは揮発性が高いため、エタノール濃度が高くなるほど紙の乾燥時間は短くなると考えられる。このことから我々は、先行研究のグラフ(図1)を基に、紙の乾燥時間が長くなるほどしわの高さは減少し、長くなりすぎるとしわの高さは増加するという仮説を立てた。仮説が正しいとするならば、次のようなグラフ(図2)が書け、逆に図2のようなグラフが書けるならば、仮説は正しいはずであると考えた。仮説の真偽を明らかにし、乾燥時間としわの高さの関係を探

ることが本研究の目的である。

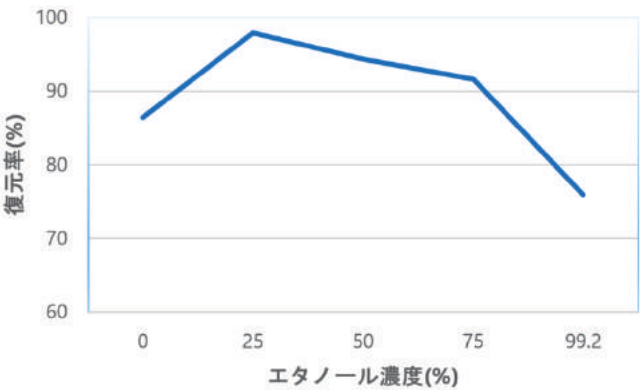


図1 エタノール濃度による復元率の変化(参考文献[1]より改変)

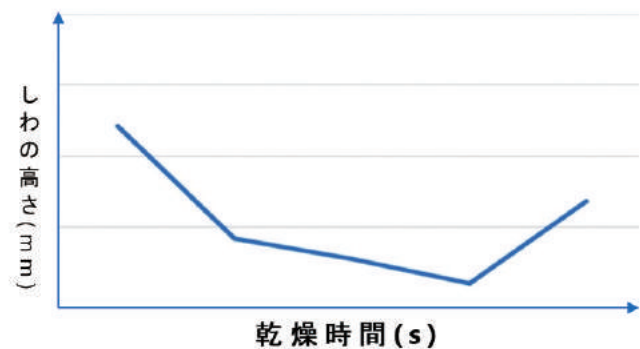


図2 乾燥時間によるしわの高さの変化(仮説)

2. 実験 1

2.1 目的

乾燥時間を変化させる要因を探る.様々な要因が考えられるが,ここでは温度,湿度の要素に絞り実験を行う.

2.2 方法

① 準備物

上質紙 (化学パルプ 100%)
温湿度計,ストップウォッチ,水

② 操作

3 cm 四方の紙 20 枚を 3 秒間水に浸して十分に水をしみこませ,乾燥時間(※1)を計測しながら温度と湿度を一定に保った室内の机の上で紙を乾かす.以上をいくつかの温度と湿度のもとで行い,結果をグラフに表す.

(※1) 乾燥時間

20 枚の紙を濡らし,設置した瞬間から 20 枚すべての紙が乾く(※2)までの時間

(※2) 紙の状態

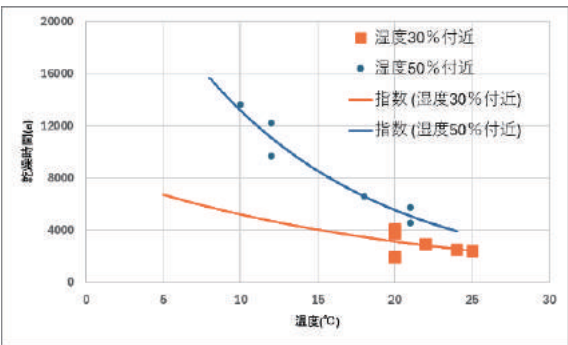
乾いたと予想される紙を指で軽く触り,スムーズに紙が動かならば「乾いている」,机にはりついていて動かないならば「濡れている」と判断した.

※以下すべてのデータにおいて外れ値の定義を以下のように設定する.

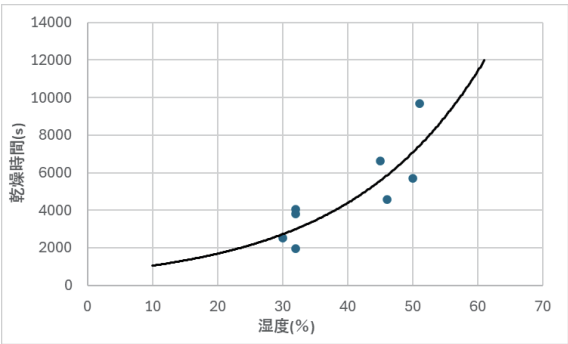
「 $X \leq (\text{平均値}) - 2(\text{標準偏差})$, $(\text{平均値}) + 2(\text{標準偏差}) \leq X$ 」

2.3 結果

紙の乾燥時間は,温度が高いほど短くなり,湿度が高いほど長くなるという傾向が見られた.



グラフ[1] 温度と乾燥時間



グラフ[2] 湿度と乾燥時間 (温度 20°C付近)

2.4 考察

実験より温度と湿度は紙の乾燥時間を変える要因であると考えられる。

3. 実験 2

3.1 目的

紙の乾燥時間とできるしわの高さの関係を調べる。実験 1 から温度と湿度は紙の乾燥時間に影響を与えることが分かったので、温度と湿度の変化によって乾燥時間を変えながら乾燥後にできるしわの高さとの関係を調べる。

3.2 方法

① 準備物

上質紙(化学パルプ 100%)

温湿度計,ストップウォッチ,定規,水

③ 操作

実験 1 と同様に,20 枚の紙を 3 秒間水に浸し,温度と湿度を一定に保った状態で乾燥時間を計測しながら紙を乾かした。紙が乾いたらしわができた紙 20 枚の中から無作為に 10 枚取り出して重ね,以下の定義に基づいて「しわの高さ」を測定した。重ね方によって生まれる誤差の影響を少なくするために,同条件で乾かした同じ紙を用いてこの操作を 4 回行いその平均をとった。

※「しわの高さ」の定義

$$\text{しわの高さ}[\text{mm}] = \{(A+B)/2\} / 10 - 0.2$$

A : 10 枚重ねた時の最も高い角の高さ [mm]

B : 10 枚重ねた時の最も低い角の高さ [mm]

0.2 : 濡らす前のもとの紙 1 枚の厚さ [mm]

3.3 結果

乾燥時間としわの高さのデータから,次の二次曲線のグラフを書くことができた。

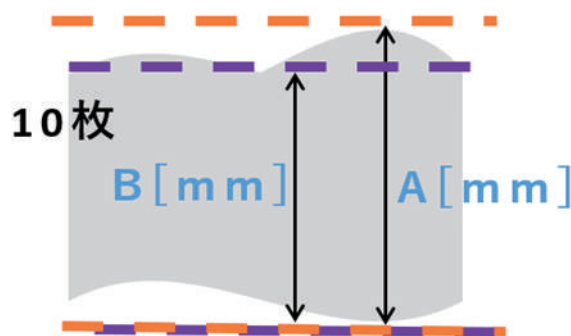
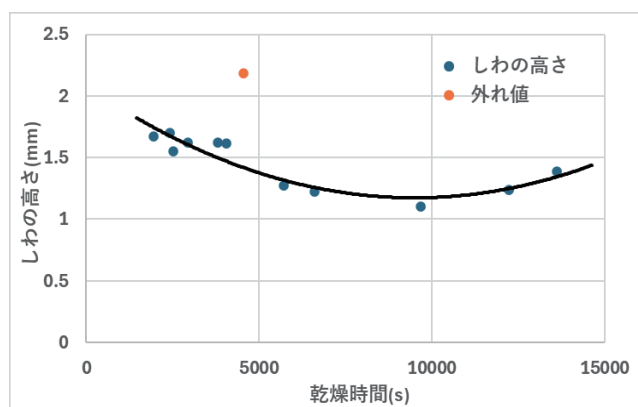


図 紙の皺の高さのモデル図



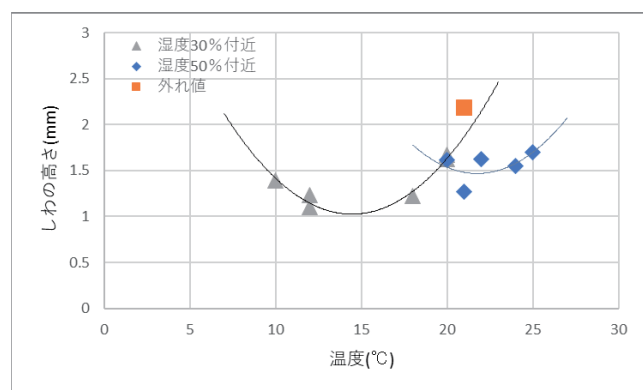
グラフ[3] 乾燥時間としわの高さ

3.4 考察

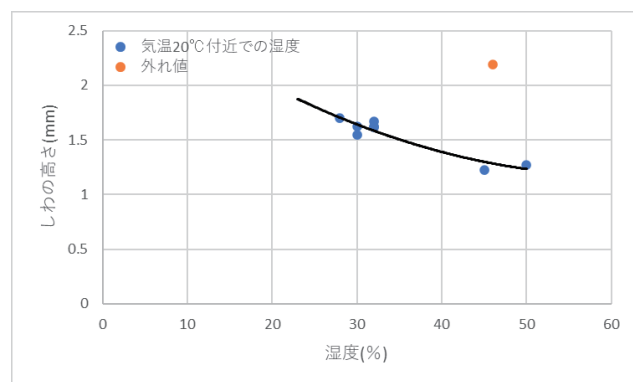
グラフ[3]を見る限り,乾燥時間が長くなるとしわの高さが減少し,逆に長すぎるとしわの高さが増加する傾向があることが明らかである。この結果から,乾燥時間としわの高さの関係についての仮説は正しかったと考えられる。ただし,グラフ作成時のデータが限られており,はっきりとした相関があるとは言い切れない。同様に,本実験のデータを用いて「温度としわの高さの関係」(グラフ[4]),および「湿度としわの高さの関係」(グラフ[5])のグラフを作成した結果,どちらも相関が見られた。そのため,乾燥時間だけが紙のしわの高さに影響を与えているかどうかは断定できず,温度や湿度の変化が紙のしわに影響を与える可能性も考えられる。

また本研究の結果が,乾燥時間が長くなるほどしわの高さが低くなるというようなものになったことに対する理論的な考察としては,時間をかけて紙の水分が蒸発することでセルロース分子と水分子の結合がわずかなはあるが大気圧などで加圧されながらゆっくりとはずれていくことで,短い時間で水分子が外れていく場合に

比べて,もとのしわができる前の平らな状態に近い状態で乾くためだと考えられる.しかしこの考え方では,より乾燥時間を長くしていくとしわの高さが高くなっていくということに対する説明ができないので改善していく必要がある.



グラフ[4] 温度としわの高さ



グラフ[5] 湿度としわの高さ

4 今後の展望

- ・実験中,完全に温度・湿度を一定に保つなど実験の正確性を高めたり,実験の試行回数を増やしたりして,より多くの正確なデータを得る.
- ・紙のしわの高さに影響を与えるのは乾燥時間だけなのかを特定するため,温度や湿度などの条件を統一して対照実験を行う.
- ・紙の種類や大きさ,形状等によって紙の乾燥時間としわの高さの相関関係が変化するかを調べる.
- ・本研究では紙が乾いたかどうかの判別があくまで主観になってしまっているので,電子天秤を用いるなど

して質量の観点などから乾いたかどうかの判別ができないかどうかを検討していく.

- ・先行研究の結論を参考に本研究の蒸発時間と紙のしわの高さの関係に関する仮説を考えた際に,エタノールの揮発性の高さを考慮してエタノール濃度が高いほど蒸発時間が短いと仮定して考えていたので,実際に先行研究の結果と本研究の結果には矛盾がないことを確かめるため,エタノール濃度が高いほど蒸発時間が短くなるということを実験で確かめる.

5 まとめ

紙の乾燥時間はしわの高さに影響を与えており,紙の乾燥時間としわの高さには関係があると示すことが出来た.

6 参考文献

- [1] 膳所高校課題研究班. 「紙のしわを直すためのエタノールの至適濃度」 2020
- [2] QuizKnock. "濡れた紙がしわしわになるのはなぜ" 2019
<https://web.quizknock.com/kamishiwa>
- [3] 温度と湿度の基本
<https://www.apiste.co.jp/contents/precision-air-conditioning-navi/library/humidity-about/>
- [4] イトウさんのちょっとためになる農業情報第 22 回「湿度と温度」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive22/>
- [5] イトウさんのちょっとためになる農業情報第 23 回「飽和水蒸気圧」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive23/>
- [6] ぬれた物のかわき方 Part 3 ー蒸発と気化熱ー
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/041007.pdf>

ブライニクル現象による氷柱とブラインの濃度・流入速度の関係 Relations between icicles and inflow/concentration due to brinicle phenomenon

保井 勇吾 菊池 倫羽 丸岡 知行 那須 健太郎 山路 純也

Yasui Yugo Kikuchi Riu Maruoka Tomoyuki Nasu Kentaro Yamaji Junya

要約

テレビにてブライニクル現象の映像を見て興味を持ち、模式的な実験装置を自作し塩分濃度や流入速度の条件を変化させながら、実験を行った。その結果、流入する塩水の濃度と速度の値が一定の範囲内にあるときに氷柱が形成されることが確認でき、その範囲の概形をグラフとして表せた。今後は実験装置を改良し、より細かく流入速度を変更できるようにして実験を行い、より正確なデータを求めるとともに、新たな氷柱の形成に関わる条件を求めたい。

ABSTRACT

After watching a video of the brinicle phenomenon on TV, I became interested in the phenomenon, so I built a schematic experimental apparatus and conducted experiments while changing the weight percent and inflow velocity. As a result, we were able to confirm that icicles are formed when the mass percent concentration and inflow velocity of brine are within a certain range, and we were able to determine the approximate shape of this range as a graph. In the future, we would like to improve the experimental apparatus so that we can change the inflow rate more precisely and conduct experiments to obtain more accurate data and find new conditions related to the formation of icicle forming.

0. キーワード

- ・wt%…質量パーセント濃度のことを指す。
- ・ブライン…自然界で生成される海水よりも濃度の高い塩水のことであり、本研究では、3.40 wt%よりも高濃度の塩水のことを指す。
- ・氷柱…ブライニクル現象によって発生する中空状になっている氷のことを指す。
- ・流入速度…海水内に流れこむブラインの単位時間当たりの量のことを指す。

1. 1. はじめに

2011年、イギリスのテレビ局・BBCの撮影クルーが南極付近にて、自然現象「ブライニクル現象」の一部始終の撮影に成功した。撮影された映像を見た私たちは、この現象を実験室で再現できないか、と興味を持った。

本研究では、ブライニクル、すなわち氷柱の形成において、ブラインの濃度と流入速度がどのような影響を与えるのかを調査した。また、その影響を実験の各条件から考察し、その影響を与える要素の値に特定の範囲は存在するかどうかについても調査した。

1. 2. ブライニクル現象とは

ブライニクル現象とは、北極や南極付近の比較的冷たい海域で見られる、海中に氷柱ができる現象のことである。

- ① 極地の海域などでは海水温が低く、海水が凍って海氷が生成される。海氷が生成される際、塩分を含む海水よりも先に塩分を含まない水だけの部分が先に凍るため、海氷になった海水の中に含まれていた塩分は海中に押し出されていく。このとき通常の海水よりも濃度の濃いブラインが生成され、このブラインは海氷中に閉じ込められるそして閉

じ込められたブラインは海氷中のブラインチャンネルという通路をたどって海水中に流れ込んでい

く。[3, 4] (図1 参照)



図 1

- ② 生成されたブラインが海中に流れ込み、海水と混ざり合う。(図2 参照)

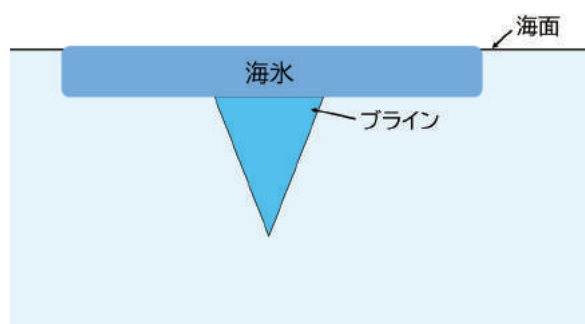


図 2

- ③ ブラインと海水は濃度の差があるため、混ざり合うことによってブラインと海水の中間の濃度の塩分を含む水が生成される。ここで、塩化ナトリウム水溶液は凝固点降下の影響により、その濃度が濃くなれば濃くなるほど、その凝固点が純粋な水よりもより低くなっていく性質を持つことから、溶質の主成分が塩化ナトリウムである海水やブライ

ンについても同様のことがいえる. このため, その凝固点はⅠ. 海水Ⅱ. ブラインⅢ. 海水が混ざり合った液, ブラインの順に低くなっていく. また, この現象が起こるのは冷たい海域であるため, いずれの液体も凝固点付近の温度を保っており, より凝固点の低いブラインはその混ざり合った液体や海水より温度が低いため, それらの液体を冷却す

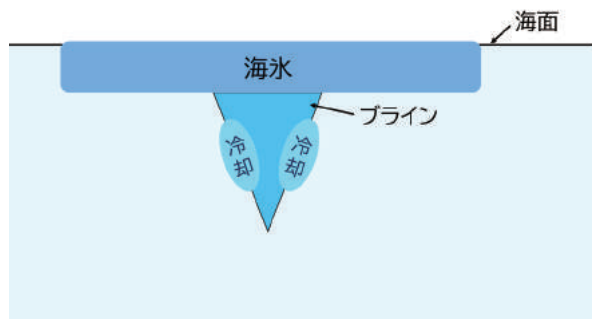


図 3
る. [2] (図3 参照)

- ④ 冷却されたブラインは海水の一点から海水に流れ込んでいくため, 液体は内側からブライン, 混ざり合った液 (海水とブラインの接している部分にある液), 海水の順に位置している. したがってブラインによって冷やされる液は主に混ざり合った液となり, ブライン自体が凍ることは無く, 海水とブラインの間に位置する混ざり合った液が冷やされ, 凝固点を下回って凍ることによって氷柱が形成され, その中は空洞となっている. こうして形成される氷柱が「ブライニクル」である. また, ブラインは海水よりも高濃度の液体であることから海水よりも重いのでこの氷柱は海底に向けて伸びていく. [2] (図4 参照)

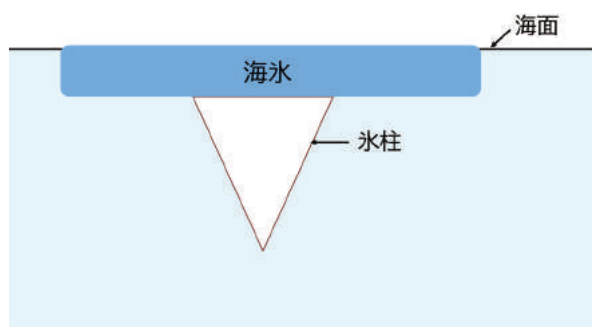


図 4
1. 3. 先行研究について

- ・「ブライニクルの発生条件」(2018, 本校) では, 「ブラインの濃度が 9.00 wt% 以上で, -6.30°C まで冷やされている」と「一定量のブラインが流れ出続けている」ことが, 氷柱の形成の条件であることが示されている.
- ・そこで, 私たちは, この先行研究を参考にし, ブライニクルの流入速度, 濃度による氷柱形成の影響についての実験を計画した. [1]

2. 本研究の目的・仮説

私たちは, ブラインの濃度と流入速度が氷柱の形成に与える影響を調べ, その具体的な数値を実験から調べ, その数値から氷柱が形成される条件をより細かく調査することを本研究の目的とした. そして, ブラインの濃度と流入速度が一定の範囲内にあるとき, 氷柱が形成されることが本研究の仮説となる.

3. 実験 1

3. 1. 目的

ブラインの濃度と流入速度を様々に変えて実験を行うことで, 2 つの条件が氷柱の形成に関係があるかどうかを確かめる.

3. 2. 方法

1. 3.40 wt% の海水とブライン (海水とくらべて濃度の高い塩水) を純水と塩化ナトリウム NaCl で作成し, 用意する.
2. 海水とブラインを, 冷凍庫を用いてそれぞれの凝固点付近まで冷却する. このときそれぞれの液体の凝固点は凝固点降下の影響で異なるため, 冷却するタイミングをずらして液が凍ってしまわないようにする.
3. 実験装置の容器に冷却した海水 1.10 L を注ぎ, 冷凍庫内に装置を設置する.
4. 容器内の海水に冷却したブラインを注ぎ込む.
5. 冷凍庫内の温度を約 -20.0°C に保ち, 装置ごと 15 分間冷凍庫内で放置する.
6. 冷凍庫を開けて氷柱が形成されたかどうかを確認する.

3. 3. 条件

- ・ブラインの流入速度を一定に保ち, ブラインの濃度を変化させる. * 1
- ・ブラインの濃度を一定にし (15.0 wt%), ブラインの流入速度を変化させる. * 2

3. 4. 装置

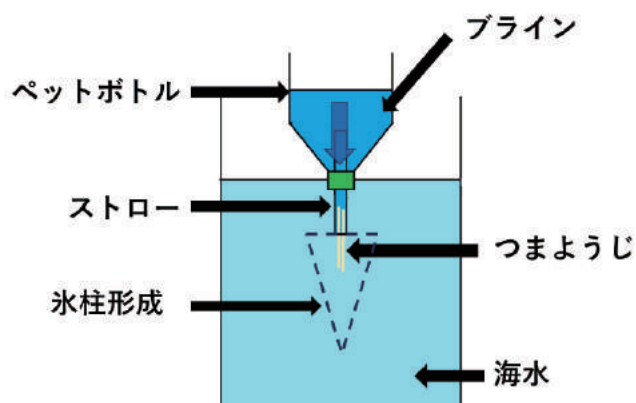


図 5

- ・ストロー部分に差し込む爪楊枝の本数を変えることで流入速度を調整している.

- ・ペットボトル部分にブラインを, 下の容器に海水を 1.10 L 入れる.
- ・ペットボトル部分に注いだブラインがストローを通して海水に流れ込むようになっている. (図 5 参照)

3. 5. 流入速度の測り方

1. つまようじの本数でストローの開き具合を調節する.
2. 装置のペットボトルにブライン 100 mL を入れる.
3. 流入口からブラインが流れきるまでの時間をはかる.
4. $100 \text{ (mL)} / \text{ブラインが流れきるまでの時間 (s)}$ を計算してこの値を流入速度とする.

3. 6. 結果

* 1 結果

表 1

濃度 (wt%)	10.0	15.0	20.0	26.5
氷柱の有無	×	○	○	×

表 1 より、0.900 mL/s の条件下で 15.0 wt%, 20.0 wt% のとき形成された.

* 2 結果

表 2

流入速度 (mL/s)	0.510	0.900	1.07	1.67
氷柱の有無	×	○	○	×

表 2 より、15.0 wt% の条件下で 0.900 mL/s, 1.07 mL/s のとき形成された.

3. 7. 考察

- ・ブラインの流入速度及びブラインの濃度が一定の範囲内にある時, 氷柱が形成される.
- ・流入速度を爪楊枝の本数でしか調整できないのでデータの幅が大きく, 正確な範囲を特定できていない.

4. 実験 2

4. 1. 目的

実験 1 では氷柱の形成について流入速度の条件を調節する方法を装置のストローに差し込む爪楊枝の本数にのみ依存していたため, より流入速度を細かく調節して実験を行い, さらに詳しい氷柱形成の条件を調査することを目的とする.

4. 2. 方法

1. 3.40 wt% の海水と 15.0 wt% のブライン (海水と比べて濃度の高い塩水) を純水と塩化ナトリウム NaCl で作成し, 用意する.
2. 海水とブラインを, 冷凍庫を用いてそれぞれの凝固点付近まで冷却する. このときそれぞれの液の凝固点は凝固点降下の影響で異なるため, 液が凍らないように冷却するタイミングをずらす.
3. 実験 1 の実験装置でのストロー, 爪楊枝の部分

コックに取り換え, このコックの口の締め具合を調節することでブラインの流入速度を調節する.

4. 実験装置の容器に冷却した海水 1.10 L を注ぎ, 冷凍庫内に装置を設置する.
5. 容器内の海水に冷却したブラインを注ぎ込む.
6. 冷凍庫内の温度を約 -20.0°C に保ち, 装置ごとに 15 分間放置する.
7. 冷凍庫を開けて氷柱が形成されたかどうかを確認する.

4. 3. 装置

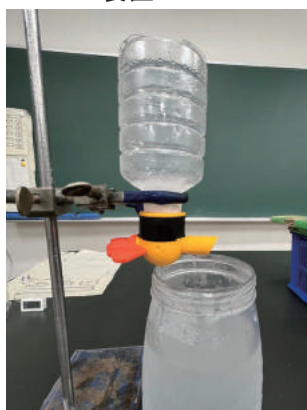


図 6

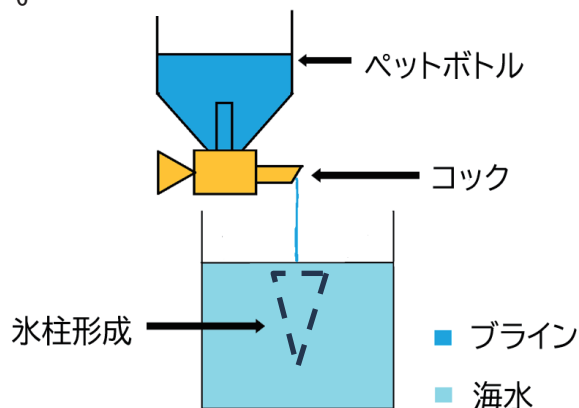


図 7

- ・実験 1 で用いた装置のペットボトルの先にコックを取り付ける.
- ・流入口にコックを用いることによってブラインの流入速度をより調節しやすくしようとした.
- ・実験 1 のときとは異なり, 流入口に爪楊枝は用いなかった. (図 6 および 7 参照)

4. 4. 流入速度の測り方

1. 装置のコックの開き具合を調節する.
2. 装置のペットボトルにブライン 100mL を入れる.
3. 流入口からブラインが流れきるまでの時間をはかる.
4. $100 \text{ (mL)} / \text{ブラインが流れきるまでの時間 (s)}$ を計算してこの値を流入速度とする.

4. 5. 結果

表 3

流入速度 (mL/s)	0.670	0.840
氷柱の有無	×	×

- ・表 3 より、流入速度が 0.670 , 0.840 mL/s のとき、氷柱は形成されなかった。

4. 6. 考察

- ・ブラインが流入口から海水に対して垂直に流れ込まなかったために、いずれの条件下でも氷柱は形成されなかったのではないかと考えた。
- ・ブラインが安定して流れ込まなかったことも氷柱が形成されなかった原因だったのではないかと考えた。そのため、支えを実験装置に取り付けることが重要だと考えた。
- ・コックではとても細かい流入速度の調整が不可能だったため、実験装置を改善する必要があると考えた。

5. 実験 3

5. 1. 目的

実験 1 で大まかな氷柱が形成される範囲を特定したが、それをより細かく調べ、より具体的なブラインの濃度・流入速度と氷柱の形成の関係を見つけ出し、数値的にとらえることを目的とする。

5. 2. 方法

1. 3.40 wt%の海水と 10.0 wt%・15.0 wt%・20.0 wt%のブライン(海水とくらべて濃度の高い塩水)を純水と塩化ナトリウム NaCl で作成し、用意する。
2. 海水とブラインを、冷凍庫を用いてそれぞれの凝固点付近まで冷却する。このときそれぞれの液体の凝固点は凝固点降下の影響で異なるため、冷却するタイミングをずらして液が凍ってしまわないようにする。
3. 実験装置のシリンジと重りを用いて、ブラインの流入速度を調節する。
4. 実験装置の容器に冷却した海水 1.10 L を注ぎ、冷凍庫内に装置を設置する。
5. シリンジを用いて容器内の海水に冷却したブラインを注ぎ込む。
6. 冷凍庫内の温度を約-20.0 °Cに保ち、装置ごと 15 分間冷凍庫内に放置する。
7. 冷凍庫を開けて氷柱が形成されたかどうかを確認する。

5. 3. 装置

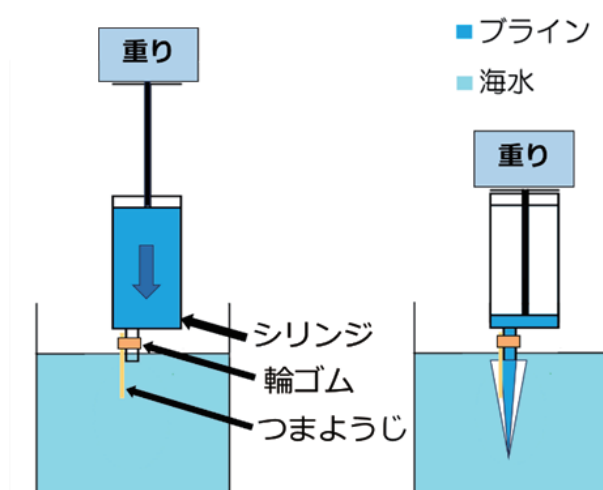


図 9

- ・シリンジの中にブラインを 45.0 mL 入れ、下の容器に海水を 1.10 L 入れる。
- ・輪ゴムで爪楊枝を安定させ、シリンジからブラインを安定して流すことが可能となっている。
- ・シリンジの上に乗せる重り（水を入れた容器）の重さを変え、ブラインの流入速度をより細かく調節する。
- ・シリンジから海水へブラインが流れ込むことで氷柱が形成される。（図 9 参照）

5. 4. 流入速度の測り方

1. 容器に適当な水をはかりとりこれを重りとする。
2. シリンジにブライン 45.0 mL をはかりとる。
3. シリンジの上に重りを乗せて、ブラインが流れきるまでの時間をはかる。
4. 45.0 (mL)/ブラインが流れきるまでの時間(s)を計算してこの値を流入速度とする。

5. 5. 結果

濃度 10.0 wt%

表 4

流入速度(mL/s)	0.820	0.850	1.00
氷柱の有無	×	○	○

- ・表 4 より、流入速度が 0.820 mL/s のとき氷柱は形成されなかった。
- ・流入速度が 0.850 mL/s, 1.00 mL/s のとき氷柱は形成された。

濃度 15.0 wt%

表 5

流入速度 (mL/s)	0.750	0.820	0.870	
氷柱の有無	×	○	○	
0.920	1.07	1.25	1.30	1.67
○	○	○	○	×

- ・表5より、流入速度が 0.750 mL/s, 1.67 mL/s のとき氷柱は形成されなかった。
- ・流入速度が 0.820 ~1.30 mL/s のとき氷柱は形成された。

濃度 20.0 wt%

表 6

流入速度(mL/s)	0.800	0.840	1.00
氷柱の有無	○	×	○

- ・表6より、流入速度が 0.800 mL/s のとき氷柱は形成されなかった。
- ・流入速度が 0.840 mL/s, 1.00 mL/s のとき氷柱は成された。

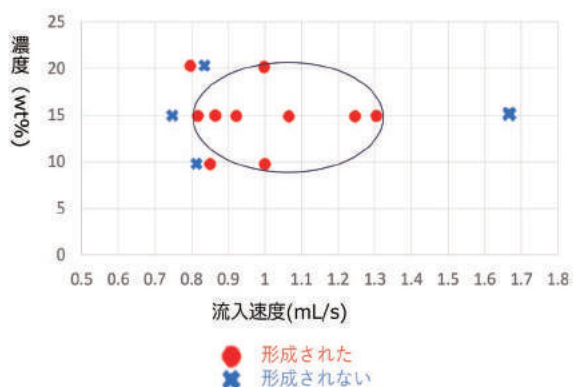


図 10

- ・上記の三個の表をもとに上図の図 10 のグラフを作成した。
- ・流入速度と濃度が特定の範囲内で値をとる条件において氷柱が形成されることが確認できた。

5. 6. 考察

- ・グラフより、楕円の内部とその周上では、少なくとも氷柱が形成されるのではないかと考えた。
- ・グラフより、ブラインの濃度が 20.0 wt%, 流入速度が 0.840 mL/s のとき、氷柱が形成されなかった。これは、海水とブラインが十分に凝固点付近まで冷却されていなかったことが原因だったと考えられる。

- ・先行研究とグラフから、ブラインの濃度が 9.00 wt% 以上のとき、流入速度についてブラインの濃度に関わらず氷柱が形成される特定の値の範囲が存在するのではないかと考えた。[1]

5. 7. 実験 1~3 の結論

- ・氷柱の形成とブラインの濃度、流入速度には一定の関係があることが分かった。
- ・ブラインの濃度については低すぎると氷柱ができないことがわかった。
- ・流入速度については遅すぎても速すぎても氷柱ができないことが分かった。
- ・実験の不備や実験装置の不安定さにより結果が性格に得られなかった部分があったと考える。

6. 今後の展望

- ・今回の実験は試行回数が少なく、データの正確性があまり保障できない。このため、実験回数を増やし、より正確性の高いデータを得る。
- ・各実験開始時のブラインや海水の温度について凝固点付近としているのを、事前に具体的な温度の値を設定して実験を行う。
- ・支えの爪楊枝の補強など、実験装置の改良を行う。
- ・氷柱の形成を確認するだけでなくその長さを測定して、氷柱ができたかどうかを数値的に調査する。
- ・まだわかっていない氷柱の形成条件の調査をする。

7. 参考文献

1. 北聖大, 桐畑嵩哉, 瀬尾亜夢瑠, 中村蒔夫, 「ブライニクルの発生条件」 2018
2. パルモ, 「海棲生物たちを襲う『死のつらら』, 触れるものを一瞬に凍らせる驚異の自然現象『Brinicle』(南極)
<https://karapaia.com/archives/52050749.html> (参照 2023-3-11)
3. Sergio Testón-Martínez, Laura M. Barge, Jan Eichler, C. Ignacio Sainz-Díaz, Julyan H. E. Cartwright
Experimental modelling of the growth of tubular ice brinicles from brine flows under sea ice
<https://tc.copernicus.org/preprints/tc-2023-100/> (参照 2023-3-11)
4. 流水(海水)がもたらす恵み 2011 年 4 月 13 日 生物産業学部
アクアバイオ学科 准教授 西野 康人
<https://www.nodai.ac.jp/research/teacher-column/0263/> (参照 2023-3-11)

液入容器の回転運動と液体の粘性の関連

The relation between rolling motion of container with liquid and viscosity of liquid

物理五班 高間一葉 福田涼真 南大輝 山川晃太郎 渡邊雄天

Takama Kazuha/Fukuda Ryoma/Minami Daiki/Yamakawa Kotaro/Watanabe Yuma

要約

今回の研究では、グリセリンなどの液体の粘性の大きい物質を容器の中に入れて回転させると、容器の側面に張り付いた状態で回転がする挙動があると発見し、この現象が生じる粘性の範囲、および生じることによる回転する距離を特定することを目的として実験を行い、この現象が起こることによって、粘性が大きくなることで本来ならば移動距離が小さくなっていくが、大きくなっていくということを発見した。また、この挙動が生じるときには、ある程度の初速が必要であることも発見した。

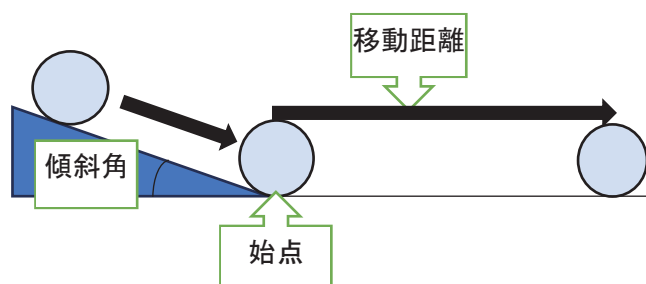
Abstract

In this research, we found the rolling motion with liquids inside container sticking to the side of the container when we roll the container with high-viscosity liquids such as glycerin, so experiments were conducted with the aim of identifying the range of viscosities over which this phenomenon occurs, and the distances over which it is caused to roll. We found that when this phenomenon occurs, the viscosity increases, which would normally result in a smaller rotational distance, but it increases. We also found that when this behavior occurs, a certain amount of initial speed is required.

キーワード：粘性、移動距離

1. はじめに

私たちは、液体の入った容器が水平な床の上を転がる様子に興味を持った。それに関する先行研究を調べると、液体の粘性と容器が回転して進む距離には何らかの関係があることが示されていた。そこで私たちは、液入容器の回転運動と液体の粘性の関連について、容器が回転して進む距離に着目して調べた。



【図 1：用語設定】

2. 実験1

(a)目的

大きく粘性が異なる場合の液入容器の移動距離を調べて比較することで、粘性の差が大きいとき、移動距離の変化にはどのような関連性があるのかを明らかにする。

(b)実験方法

1.エタノール・水・グリセリンの3種類の液入容器の移動距離を調べる。用いた容器は右の写真のものであり、以下の条件をそろえた環境下で行う。

揃えた条件：傾斜角、離す位置

液体の体積(容量の半分)

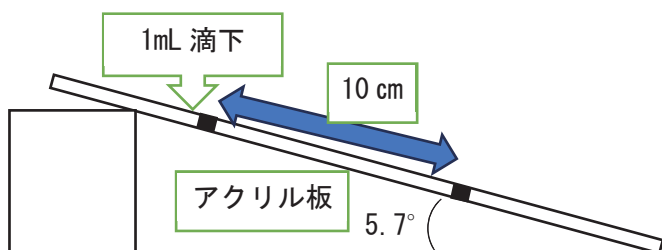
2.各液体の粘性を独自に定義する。

3.3種類の液体の粘性と移動距離を比較し、粘性の差と移動距離の変化の関係性を見出す。

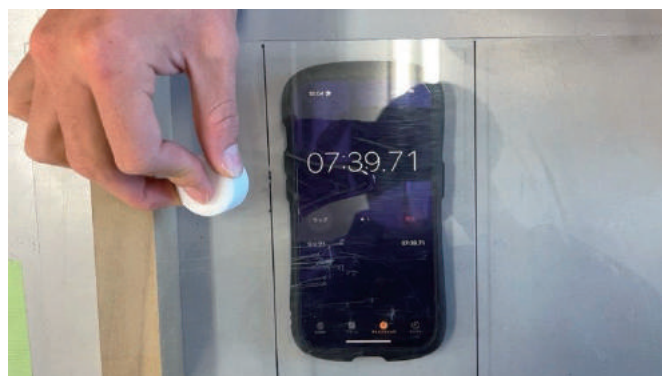


【図 2：用いた容器】

【図 3】のように、傾斜をつけたアクリル板にエタノール、水、グリセリンを 1mL 滴下し、その液体が 10 cm 流れるまでにかかる時間を「粘性」と定義する。このとき、10 cm の区間を流れる時間が長いほど、粘性が大きいといえる。



【図 3：粘性の定義方法】



【図 4：粘性測定の様子】

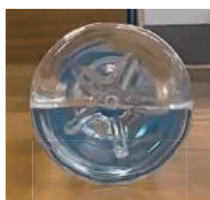
(c)結果

液体	粘性(s)	移動距離(cm)
エタノール	3.73	180
水	10.5	165
グリセリン	373	91.3

(d)考察

粘性が大きくなることによって移動距離が小さくなっていた。

また、水やエタノールは、容器の下半分に溜まった状態で回転していた(【図 5】参照)。それに対して、グリセリンは容器の回転が停止する直前まで、側面に張り付くという挙動を示していた(【図 6】参照)。液体が下



【図 5:容器の回転の際の様子】

に溜まった状態になった際に急減速していることから、この状態が移動距離に影響していると考えられる。



【図 6：液体が側面に張り付く様子】

3. 実験 2

(1) 粘性による移動距離の増減

(a)目的

液体の体積を揃えた**本実験 1**とは違い、液体と容器の合計質量を揃えて力学的エネルギーを統一した際に、移動距離がどのように変化するかを調べる。それによって、他の液体に比べて極めて粘性の大きいグリセリンを入れた容器の回転運動と粘性との関係を調べる。

(b)実験方法

グリセリンとエタノールの 2 種類の液体が入った容器の移動距離を調べた。液体と容器の合計質量を 250g、傾斜角を 14° とし、力学的エネルギーが等しくなるように容器を同一点から転がした。

(c)結果と考察

グリセリン、およびエタノールの表の値は、いずれも各液入容器の移動距離 [cm] を示している。

回数	1	2	3	4	5
グリセリン	127	118	136	125	133
エタノール	380	376	359	371	371

6	7	8	9	10	平均
127	131	136	137	137	129.8
373	372	372	370	364	370.8

粘性がより大きいグリセリンのほうがエタノールより転がっている距離が小さい。このことから、液体の粘性が大きいと、回転により大きなエネルギーが使われ、その結果移動距離が小さくなると考えられる。

(2) 粘性による容器挙動の変化

(a)目的

粘性の異なる 3 種類の液体を使った液入容器の移動距離を調べた**実験 1**よりも、液体の粘性を細かく調整し、粘性の違いによる容器の挙動の変化をさらに具体的に調べる。

(b)実験方法

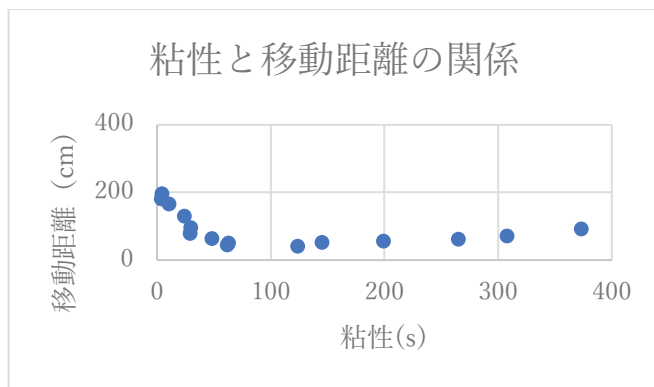
予備実験と同様にして移動距離を計測する。

- 1.エタノールとグリセリンの混合液 180mL を用意し、斜面から転がす。
- 2.回転運動を観察し、グリセリン入り容器特有の運動と比べる。
- 3.混合液を 1mL 取り出し、定義に従って粘性を計測する。
- 4.体積を 180mL に保ったまま、混合比だけを変えて繰り返す。
- 5.グリセリン入り容器と同じ挙動になる粘性を調べる。

(c)結果

粘性(s)	3.73	4.18	24.0	29.1	29.2	47.9
移動距離 (cm)	180	196	130	79.5	95.3	62.8

61.9	62.5	124	145	199	265	265	373
44.3	50.5	41.3	52.5	56.3	61.6	70.6	91.3

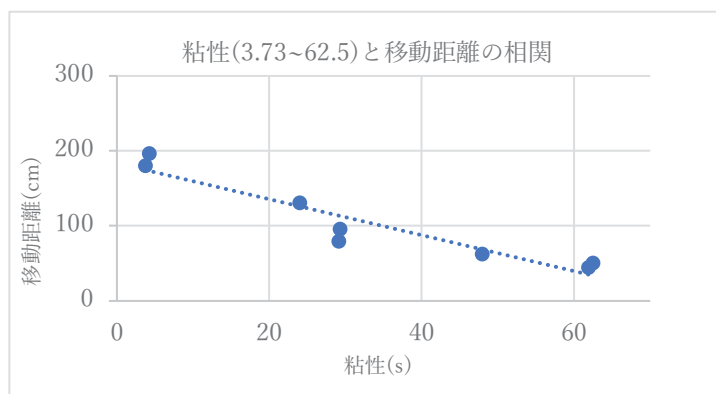


上のグラフより、粘性が 62.5 秒のものまでは、粘性の増大につれ移動距離は減少傾向を示し、粘性が 124 秒

のものからは、逆に移動距離は増加傾向を示している
と分かる。

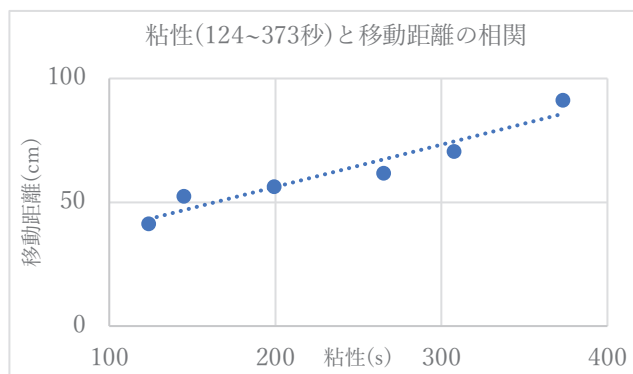
粘性が 124 秒以上のものは、容器を回転させたときに側面に張り付く挙動(【図 6】参照)が生じており、粘性
が大きいものほどこの挙動が継続する時間が長かつ
た。

この点を境界として、グラフを二つに分割し相関係数
及び近似曲線を調査した。



相関係数：-0.9468

近似直線の方程式： $y = -2.396x + 183.54$



相関係数：0.96019

近似直線の方程式： $y = 0.1705x + 22.104$

この条件下において、二つのデータにおいて差異があることを確かめるためにエクセルにおいて t 検定を行った。この時、母分散が等しいと仮定できるかを調査するために、f 検定を行った結果は以下。有意水準は 5 %で検定を行うため、以下においては帰無仮説を棄却することができ、分散が等しいと仮定できないとわかる。

	粘性(~62.5)	粘性(124~)
移動距離の平均	53.9	134
分散	101	221×10
観測数	7	7
自由度	6	6
観測された分散比	4.57×10^{-2}	
P (F ≤ f) 片側	7.82×10^{-4}	
F 境界値片側	0.118	

よって、t 検定を非等分散で対応がないと仮定して行った結果は以下のとおりである。有意水準は 5 % としている。

	粘性(~62.5)	粘性(124~)
移動距離平均	53.9	134
分散	101	222×10
観測数	7	7
仮説平均との差	0	
自由度	7	
t	-4.40	
P (T ≤ t) 片側	1.56×10^{-4}	
t 境界値片側	1.89	
P (T ≤ t) 両側	3.13×10^{-3}	
t 境界値両側	2.36	

以上の検定において P 値が片側、両側において 0.05 を下回っていることから、これら 2 集団には有意な差がみられていると考えられる。

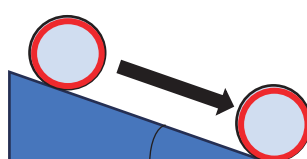
(d) 考察

散布図から読み取れるように、62.5s 以下のデータには負の相関があり、グリセリン同様の液体が容器の側面に張り付く挙動がみられず、124s 以上のデータについては正の相関があり、液体が容器の側面に張り付く挙動がみられた。また、有意水準 1% における検定において、挙動が変化しているという結果が出ており、この

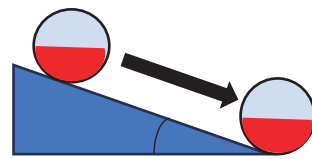
境界において挙動の変化が生じていると判断できる。

ここから 62.5~124 の範囲において、この挙動が生じるか生じないかの分岐点が存在すると読み取れる。

また、この状況において、モーメントを用いて考察すると、側面に張り付いている状況（【図 7】参照）と重心が下にあり、重心が下によっているとき（【図 8】参照）を比較すると、明らかにモーメントの値が異なることから、回転の際に用いられるエネルギーが大きくなり、移動距離が小さくなると考えられる。



【図 7: 側面に張り付いている状況】



【図 8: 下にたまっている状況】

4. 結論

粘性が高い液体を容器の中に入れると、同容量、あるいは同重量のより粘性の小さい液体を容器内に入れたものと比較して移動距離が小さくなる。ここから、粘性のより大きい液体を入れた容器は回転自体に大きなエネルギーが必要となっていることが考えられる。また、粘性が大きくなることで容器の側面に液体が張り付くという挙動が生じる。これによって慣性モーメントの値が小さくなり、回転しやすくなり、移動距離が大きくなる。この挙動が生じるのはある一定以上の粘性である必要がある。

5. 今後の展望

- ・さらなる粘性を細かく変更することによって容器の挙動が変わる粘性の大きさを特定する
- ・底面の半径が異なる容器を用いることによって、どのような移動距離の変化が生じるのかを調べる

6. 参考文献

第 39 回全国高等学校総合文化祭

池田学園池田高等学校の科学思考班

『斜面落下のポリボトルはなぜ逆転するのか—液入容器の回転運動の研究』

[【物理】慣性モーメントの計算の基礎を 5 種類の物体でわかりやすく解説 \(study-satellite.com\)](#)

アクセス日時：2024 年 1 月 19 日

[t 検定 \(nikkei-r.co.jp\)](#)

アクセス日時：2024 年 2 月 8 日

講談社基礎物理学シリーズ 1 力学・講談社

[エクセルを使った t 検定のやり方 \(関数と分析ツール\) | Office Hack \(office-hack.com\)](#)

[F 検定とは Excel で分析を行う方法とともに解説 – 中小企業のデータ分析・活用支援なら KUROCO](#)

「平瀬川・多摩川間におけるバックウォーター現象のモデル化と減災への工夫」

Modeling of Backwater Phenomena and Disaster Mitigation Between The Tama River and The Hirase River

安食順正 柿添みく 谷口華穂 三浦由季乃 山田詩葉

Ajiki Junsei Kakizoe Miku Taniguchi Kaho Miura Yukino Yamada Utaha

要約

近年、局地的豪雨により各地で河川の氾濫が多発している。その原因の一つとしてバックウォーター現象があげられる。バックウォーター現象を再現するモデルを作成し、合流部に仕切りを設置することで、仕切りの種類や設置の仕方によっては支流が本流に流れこみやすくなり、被害を減らすことができることがわかった。

ABSTRACT

In recent years, localized heavy rains have caused flooding in many places. One of the causes of this is the backwater phenomenon. We built a model that reproduces the backwater phenomenon. It was found that by placing a partition at the confluence that makes it easier for sub stream to flow in, it is possible to reduce the damage caused by the backwater phenomenon.

キーワード: バックウォーター現象, 本流, 支流, 水位の上昇

1. はじめに

近年、大雨による河川の氾濫が頻発している。氾濫の原因を調べると、要因の一つとしてバックウォーター現象というものがあることが分かった。バックウォーター現象とは、河川に流れる水流の勢いが増したときに、支流を流れる水が本流に流れ込めず、支流の合流部より少し上流で氾濫が起きる現象である(図1)。現在は、この対策として主に堤防の拡張が行われているが、氾濫が起きるたびに堤防の増築を繰り返しており、根本的な解決に至っていないという問題がある。そのため、堤防以外に河川内部に工夫を施すことによって、河川の氾濫を防ぐことができれば、より有効であると考えられる。そこで、バックウォーター現象が起る河川をモデル化した上で、河川の合流部の内部に工夫をし、氾濫を防ぐ手立てを発見するための研究を行った。



図2

3. 事前準備

国土地理院地図を用いて断面図(図3)の画像解析を行った。合流部分の多摩川の幅は約120m、水深3m、平瀬川の幅は17m、水深3m、合流角度は45°である。この比率をもとに、本流の幅を65cm、深さを1.5cm、支流の幅を8cm、深さを1.5cm、合流角度を45°、傾斜は本流を3°、支流を6°としてモデルを製作した。

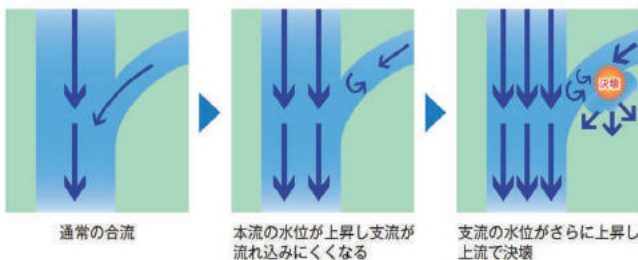


図1

2. 実験にあたって

バックウォーター現象が発生するモデルを製作し、そのモデルで実験を行う。関東地方を流れる多摩川(本流)と平瀬川(支流)(図2)を参考にし、モデルを作成した。これらの河川では2019年10月12日、台風19号の影響でバックウォーター現象による氾濫が起っている。

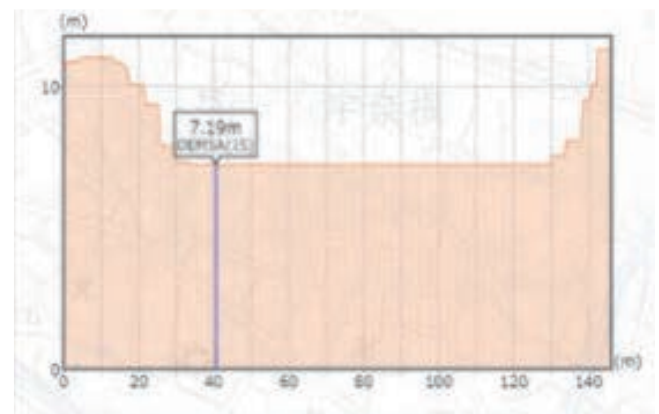


図3

4. 実験1

①目的

製作した模型で実験を行い、バックウォーター現象が発生するかを確認する。

②方法

模型の岸は牛乳パックで製作し、川底にはプラスチック段ボールを使用した。そして牛乳パックとプラスチック段ボールをガムテープで固定した

(図4)．本流と支流のそれぞれの流れや、氾濫により溢れた量を把握しやすくするため、水の代わりにBB弾を用いて実験を行った。本流からはオレンジ色のBB弾を4800個、支流からは銀色のBB弾を1800個流し、本流からのBB弾の流れに影響されて支流からのBB弾が詰まって溢れるかを確認する。



図4

③結果・考察・課題

銀色のBB弾が合流部から10粒溢れた。しかし、本流のBB弾が流れ切った後も支流で詰まった銀色のBB弾が流れはじめなかったことから、本流のBB弾の影響ではなく、模型の端のガムテープの表面の凹凸によって支流のBB弾の流れが妨げられてしまったことが分かった。また、プラスチック段ボールの表面にも凹凸があり、BB弾がそれに沿って流れてしまうことによって均一に流れないという問題もある。模型の傾斜を変えて実験を何度か行ったが、BB弾がプラスチック段ボールではねるなどもあった。このため、BB弾の流れがガムテープに影響されない模型を製作する必要がある。

5. 実験2

①目的

BB弾の流れがガムテープやプラスチック段ボールの凹凸の影響を受けなくなるように改良した。その模型でバックウォーター現象が発生するかどうかを確認する。

②方法

BB弾の数、支流は実験1のまま用い、本流には物理教室の机を用いた。机の表面はなめらかで流れが妨げられない。本流の川幅を縮尺通りにして実験をする。BB弾が川幅目一杯広がって均一に流れなかったため、本流の川幅を35cmに狭めた(図5)。支流とのそれぞれの傾斜を変え、複数回実験を行った。



図5

③結果・考察・課題

机の一方を5cm上げ支流は合流部から110cmのところを8.5cm上げ、本流の幅を35cmとした。この条件の時、支流からのBB弾が合流部で詰まり本流に流れ込まなかったことで、支流の上流部でBB弾が溢れた。よって、バックウォーター現象が起こったと考えられたが、同条件下で複数回実験を行ったところ、同じ状況が再現できなかった。この原因として、実験をする度に支流の左右のわずかな傾きが変わり、BB弾の流れが毎回変化してしまうことや、BB弾では球が表面に広がり、一層になって流れるために、水位の上昇が再現できていなかったことが考えられる。そこで、より本来の河川に近づけるためにBB弾の代わりに水を使用することにした。

6. 実験3

①目的

水を用いた模型でバックウォーター現象が起こるかを確認し、再現性を確かめる。

②方法

実験1で用いた、川底にプラスチック段ボールを用いた模型を使用した。水を用いて実験が行えるよう模型の一部に防水加工を施した。本流と支流それぞれから水を流して、合流部で水が溢れるかを確認した。実験1の模型でつけていた傾斜は、BB弾を流すためにつけたものであるため、この実験では傾斜を微小な角度にして行う。多量の水を本流に継続的に流すために水槽に水を溜め、それをアクリル板で蓋をし、水槽を立て、水を一気に流した。支流では蛇口からつないだホースから一定の量で水を流した。支流には水と同時に葉を流し、支流の水がどのように流れているかを分かるようにした。水槽の容量は23.5Lだが、水を貯める際のアクリル板と水槽の接地面からの水漏れによって水量が多少減っている(図6)。

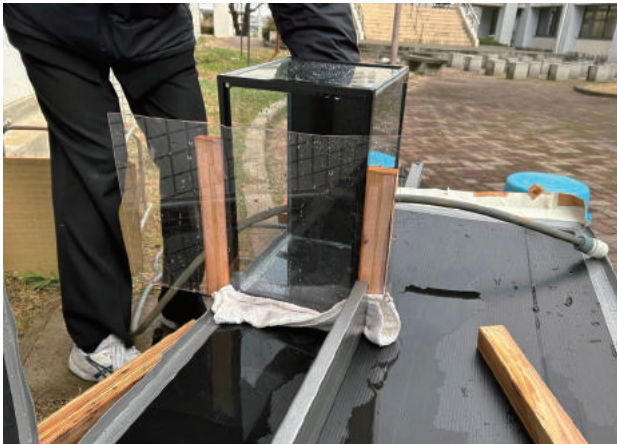


図 6

③ 結果・考察・課題

支流と本流の合流部の水位が他の部分と比べて一時的に上昇した。さらに、支流の水と一緒に流した葉が、本流との合流部付近から支流の上流に戻るよう動いた様子が見られたことから、この条件でバックウォーター現象が発生することが確認できた。この模型の状態を維持することができたらバックウォーター現象による氾濫を再現できると考えられる。今回の実験で水位が上がった川の状態を再現できたのは数秒間だったため、実際の河川に近づけるためには、水位が上がった状態をより長時間保つ必要がある。

7. 実験 4

①目的

水を用いた模型で、支流の水が合流部で逆流しない方法を発見する。

②方法

河川合流部に仕切りをつけて実験3と同じ方法で模型に水を流す。仕切りの高さは河川の水深よりも高くなるようにし、牛乳パックで作成した。仕切りの付け方は以下の3通り（図7）。（支流と平行な角度を 0° とし、時計周りを正とする。）

1. 長さ7 cmの直線型で角度 0° のもの
2. 長さ7 cmの直線型で角度 30° のもの
3. 長さ21 cmで支流側から7 cmのところまで角度をつけたもの

この3通りの場合で葉の動きや水位の上昇の具合を比較する。



仕切り 1



仕切り 2



仕切り 3

図 7

③ 結果・考察・課題

1. 葉の逆流は無かった。本流からの水が仕切りに当たって水位が上昇し溢れた。
2. 葉の逆流は無かった。水位の上昇は小さく、溢れた量も少なかった。
3. 葉の逆流は無かった。水位の上昇が大きく、溢れた

量も多かった。

以上より、すべての仕切りにおいて支流での水の逆流を防ぐことができた。しかし、いずれの場合も、本流の水位が上昇してしまったことが確認でき、仕切り1と仕切り3では、本来溢れることのない水が相当量溢れるという結果につながった。合流部で溢れた水の量は仕切り2を設置したときが最も少なかったことから、三つの仕切りのうち仕切り2がバックウォーター現象の減災に最も役立ち、本流の氾濫も防ぐことができると考えられる。

9. 今後の展望

本流の水の流し方の改善をすることで、合流部の水位上昇時間を増やし、よりバックウォーター現象の再現性が高い模型を製作する。また、実験4の結果より、仕切りによって本流の氾濫が起これと考えられるため、本流で氾濫が起きないように仕切りを改善する。そして試行回数を増やして一般性を確かめる。さらに仕切りを取り付ける以外にも合流部の角度を変更するなどの様々な工夫を試してみる。目的は、バックウォーター現象を防ぎ、氾濫を防ぐシステムをモデル化することである。

10. 参考文献

- ・河川事業概要
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/ka-sen/gaiyou/panf/gaiyou2007/pdf/c2.pdf
- ・越水による河川堤防の壊れ方に関する考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/28/0/28_85/_pdf/-char/ja
- ・模擬河川堤防の決壊プロセスに与える堤体材料
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/75/2/75_I_949/_pdf/-char/ja
- ・幻冬舎ゴールドライフオンライン
<https://life.gentosha-go.com/articles/-/1107>
- ・2018年西日本豪雨における災害の発生要因の考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/2019a/0/2019a_164/_article/-char/ja/
- ・国土地理院地図
<https://www.gsi.go.jp>
- ・国土崩壊 - 「土堤原則」の大罪 - 第2章 株式会社技研製作所
https://www.giken.com/ja/aboutus/land_collapse/chapter02/

辺の長さと面積がともに整数の円に内接する四角形

A quadrangle with side lengths and area that are integers and inscribed in a circle

姉崎樹
Anezaki Itsuki

小坂唯木
Kosaka Yuiki

小林奨真
Kobayashi Shoma

渡邊絢太
Watanabe Ayata

概要

四辺の長さと面積がともに整数である円に内接する四角形をブラーマグプタの四角形として定義し、その性質について調べた。

ブラーマグプタの四角形のうち、四辺の長さが等差数列であるものは存在しないことを原始ピタゴラス数の性質などを用いて、無限降下法で示した。

また、任意のブラーマグプタの四角形を構成する辺の長さの一般式を三辺と面積がともに整数である三角形の辺の長さの一般式から導いた。

ABSTRACT

We defined a quadrangle inscribed in a circle whose four side lengths and areas are both integers as a Brahmagupta quadrangle and investigated its properties.

We showed by the infinite descent method, using properties such as the primitive Pythagorean numbers, that there is no such quadrangle of Brahmagupta whose four side lengths are isometric.

We derived the general formula for the lengths of the sides constituting any Brahmagupta quadrangle from the general formula for the lengths of the sides of a triangle whose three sides and area are both integers.

1 はじめに

辺の長さが整数となっており、なおかつ面積も整数となっている三角形は一般の表記がなされている。では四角形で辺の長さ、面積が整数の場合にはどのような規則性があるのか気になったのでこの研究を始めた。幾何の世界と整数の世界のつながりを発見するのがこの研究の狙いである。四角形では辺の長さとその順序のみを決定しても四角形は一つに定まらないので円に内接するものに限って考察する。この場合、面積を求めるにあたりブラーマグプタの公式を用いることが可能である。

定義

定義 1.1. ヘロンの三角形

辺の長さと面積がともに整数となる三角形。

定義 1.2. ブラーマグプタの四角形

円に内接しており、四辺の長さ、面積がともに整数となる四角形。

定義 1.3. 原始ピタゴラス数

(a, b, c) が原始ピタゴラス数の組であるとは、 a, b, c が互いに素な自然数であり、 $a^2 + b^2 = c^2$ が成り立つことである。

公式, 前提知識

公式, 前提知識 1.4. ブラーマグプタの公式

四辺の長さが a, b, c, d である円に内接する四角形において, $t = \frac{a+b+c+d}{2}$ とすると, 四角形の面積 S は,

$$S = \sqrt{(t-a)(t-b)(t-c)(t-d)}$$

である.

公式, 前提知識 1.5. 原始ピタゴラス数の性質

以下 a, b の偶奇は異なることと a, b の対称性より, b は偶数とする.

任意の原始ピタゴラス数の組 (a, b, c) に対し, 以下の式を満たす, ある m, n (m, n は互いに素な自然数, $m > n$, m, n の偶奇は異なる) が存在する.

$$\begin{cases} a = m^2 - n^2 \\ b = 2mn \\ c = m^2 + n^2 \end{cases}$$

2 研究内容

補題 2.1. a が偶数であるとき, $\begin{cases} a^2 + b^2 = c^2 \\ (3a)^2 + d^2 = c^2 \end{cases}$ を満たす自然数 a, b, c, d (a, b, c は互いに素, $3a, c, d$ は互いに素) は存在しない.

(証明)

上記の組が存在すると仮定し, そのうち c が最小となるものについて考察する.

原始ピタゴラス数の性質から,

$$\begin{cases} a = 2KL \\ b = K^2 - L^2 \\ c = K^2 + L^2 \end{cases} \quad \text{そして,} \quad \begin{cases} 3a = 2MN \\ d = M^2 - N^2 \\ c = M^2 + N^2 \end{cases} \quad \text{となる } K, L, M, N \text{ が存在することが必要.}$$

(ただし, K, L, M, N は自然数, K と L, M と N は互いに素, K と L, M と N の偶奇は異なる.)

よって, $\begin{cases} 3KL = MN \cdots \cdots ③ \\ K^2 + L^2 = M^2 + N^2 \cdots \cdots ④ \end{cases}$ が成立することが必要. ここで M, N の対称性より M が 3 の倍数と仮定する.

③より, $K = AB, L = CD, M = 3AC, N = BD$ (A, B, C, D は自然数, B, D は 3 の倍数でない) ($\because M, N$ は互いに素) とおく.

ここで, A, B, C, D のいずれか 2 つが互いに素でないと仮定すると, K と L, M と N が互いに素に反するので, A, B, C, D のうちどの 2 つも互いに素である. また, K と L, M と N の偶奇は異なるので, A, B, C, D のうち, いずれか 1 つのみが偶数である.

④より, $(AB)^2 + (CD)^2 = (3AC)^2 + (BD)^2$ であるから, $A^2(B^2 - 9C^2) = D^2(B^2 - C^2)$ であり,

A, B は互いに素であるから, $\begin{cases} B^2 - C^2 = tA^2 \cdots \cdots ⑤ \\ B^2 - 9C^2 = tD^2 \cdots \cdots ⑥ \end{cases}$ (t は整数) とおける.

$t = \pm(B^2 - C^2, B^2 - 9C^2) = \pm(B^2 - C^2, 8) \cdots \cdots ⑦$ ($\because B, C$ は互いに素) であるから, t は 8 の約数である.

⑥より, $B^2 \equiv tD^2 \pmod{3}$ であり,

B, D は 3 の倍数でないから $B^2 \equiv D^2 \equiv 1 \pmod{3}$ より, $t \equiv 1 \pmod{3}$ である.

また, $t = -2, 4$ のとき, A, D のどちらかが偶数と仮定すると, ⑤, ⑥より $B^2 - C^2, B^2 - 9C^2$ はどちらも 8 の倍数より, A, D がどちらも偶数となり, A, D が互いに素に矛盾.

よって, A, D はともに奇数であるが, $B^2 - C^2 = (\text{偶数})$ より, B, C の偶奇は一致し,

B, C がともに偶数ならば B, C が互いに素に矛盾し,

B, C が奇数ならば A, B, C, D のうち、いずれか 1 つが偶数に矛盾する.

よって $t \neq -2, t \neq 4$ である.

以上より, $t = 1, -8$ である. B, D が 3 の倍数でないことに留意すると,

$t = 1$ のとき, $\begin{cases} B^2 = A^2 + C^2 \\ B^2 = D^2 + (3C)^2 \end{cases}$ (B と C, B と $3C$ は互いに素) が成り立ち, ⑦より, $B^2 - C^2$ と 8 の最大公約数は 1 で,

⑤より A は奇数だから, C は偶数 (上式で mod4 より).

また, $B \leq AB = K < K^2 + L^2 = c$.

$t = -8$ のとき, $\begin{cases} D^2 = C^2 + A^2 \\ D^2 = B^2 + (3A)^2 \end{cases}$ (A と $D, 3A$ と D は互いに素) が成り立ち, ⑦より, $B^2 - C^2$ は偶数より,

B, C は奇数だから, A は偶数 (上式で mod4 より).

また, $D \leq CD = L < K^2 + L^2 = c$.

よって, どちらの場合においても c の最小性に矛盾し、無限降下法によって示された. □

定理 2.2. ブラーマグプタの四角形であって辺の長さが等差数列をなすものは存在しない.

(証明)

以降, (a, b) で a と b の最大公約数を表すこととする.

辺の長さを $d(n-a), dn, d(n+a), d(n+2a)$ (n, a, d は整数, n と a は互いに素) とおく.

ブラーマグプタの公式より,

$S = d^2 \sqrt{(n-a)n(n+a)(n+2a)} = d^2 \sqrt{((n^2+an)(n^2+an-2a^2))}$ となり, S が整数であるかは d によらない.

よって, $d = 1$ として考えてよい.

S が整数であるとき,

$(n^2+an, n^2+an-2a^2) = (n^2+an, -2a^2) = (n^2+an, 2)$ ($\because n, a$ は互いに素) である.

(i) 公差 a が偶数のとき

n は奇数 ($\because n$ と a は互いに素) より, n^2+an は奇数.

よって $n^2+an-2a^2$ は n^2+an と互いに素な奇数であるから,

S が整数であることより, $\begin{cases} n^2+an = k^2 \dots\dots ① \\ n^2+an-2a^2 = l^2 \dots\dots ② \end{cases}$ となる奇数の組 (k, l) が存在する.

a は偶数より, $a = 2b$ (b は整数) とおき, また $x = (n+b)^2$ とおくと,

①より, $k^2+b^2 = x^2 \dots\dots ①'$, ②より, $l^2+(3b)^2 = x^2 \dots\dots ②'$ であって,

①' で x, b が互いに素であることを踏まえると, x が 3 の倍数であることはあり得ない.

よって, $x, 3b$ も互いに素であるから, 整数の組 $(b, k, x), (3b, l, x)$ は 3 つの数のうち 2 つが互いに素である.

k は奇数より, ①で mod4 から b は偶数であるので, これは補題 2.1 に矛盾する.

(ii) a が奇数のとき

$n^2+an = n(n+a)$ は偶数.

よって, n^2+an と $n^2+an-2a^2$ の最大公約数は 2 であるから, S が整数なので,

$\begin{cases} n^2+an = 2k^2 \dots ① \\ n^2+an-2a^2 = 2l^2 \dots ② \end{cases}$ となる k, l (k, l は自然数) が存在する.

ここで, n, a は互いに素より, ②から a, l は互いに素である.

また, ②を n についての二次方程式とみなして, その判別式を D とすると, D は平方数であることが必要なので, $D = a^2 - 4(-a^2 + l^2) = 9a^2 + 8l^2$ より,

平方数を 3 で割った余りが 0 または 1 であることをふまえると, l は 3 の倍数である事がわかる.

① + ② $\div 2$, ① - ② $\div 2$ より,

$\begin{cases} n^2+an-a^2 = k^2+l^2 \dots ③ \\ n^2+an-2a^2 = 2l^2 \dots ② \end{cases}$ ④より, $a^2+l^2 = k^2$ であり, a, l は互いに素であるから, (a, l, k) は原始ピタゴラス数

である.

よって a が奇数であることから,

$$\begin{cases} a = M^2 - N^2 \\ l = 2MN \\ k = M^2 + N^2 \end{cases} \quad (M, N \text{ は自然数}, M, N \text{ は互いに素}, M, N \text{ の偶奇は異なる.})$$

とおける. l は 3 の倍数より, M, N のどちらか一方のみが 3 の倍数である.

$$\textcircled{3} \text{ に代入して, } n^2 + (M^2 - N^2)n - (M^2 - N^2)^2 = (M^2 + N^2)^2 + 4M^2N^2$$

$$\text{整理して, } n^2 + (M^2 - N^2)n - 2(M^4 + 2M^2N^2 + N^4) = 0$$

この判別式を D' とする.

$$D' = (M^2 - N^2)^2 + 8(M^4 + 2M^2N^2 + N^4) = (3M^2 + 2MN + 3N^2)(3M^2 - 2MN + 3N^2)$$

ここで, $A = 3M^2 + 2MN + 3N^2, B = 3M^2 - 2MN + 3N^2 (> 0)$ とおくと,

$A - B = 4MN$ で, A, B は, $2, M, N$ と互いに素より, A, B は互いに素である.

D' が平方数であることをふまえると, $A = s^2, B = t^2 (s, t \text{ は自然数})$ とおける. つまり,

$$\begin{cases} 3M^2 + 2MN + 3N^2 = s^2 \dots \textcircled{5} \\ 3M^2 - 2MN + 3N^2 = t^2 \dots \textcircled{6} \end{cases} \quad \text{である.}$$

M, N の対称性から, M が 3 の倍数, N が 3 の倍数でないとする. $M = 3m (m \text{ は整数})$ とおくと,

$\textcircled{5}, \textcircled{6}$ より,

$$\begin{cases} 27m^2 + 6mN + 3N^2 = s^2 \\ 27m^2 - 6mN + 3N^2 = t^2 \end{cases} \quad \text{だから, } s, t \text{ は 3 の倍数で, } s = 3s', t = 3t' (s', t' \text{ は整数}) \text{ とおける.}$$

$\textcircled{5} + \textcircled{6}$ より, $3 \times 2(M^2 + N^2) = 3^2(s'^2 + t'^2)$ で, $M^2 + N^2$ は 3 の倍数でないので矛盾.

(i), (ii) より, 示された. □

また, 我々は当初以下の系を考えていた.

系 2.3. 辺の長さが連続 4 整数となるブラーマグプタの四角形は存在しない.

(証明)

辺の長さを $n-1, n, n+1, n+2$ とおく.

$\frac{(n-1)+n+(n+1)+(n+2)}{2} = 2n+1$ より, ブラーマグプタの公式から, 面積 S は,

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{[(2n+1) - (n-1)][(2n+1) - n][(2n+1) - (n+1)][(2n+1) - (n+2)]} \\ &= \sqrt{(n-1)n(n+1)(n+2)} \\ &= \sqrt{(n^2 + n + 1)^2 - 1} \end{aligned}$$

より, $S^2 = (\text{平方数}) - 1$ となり, このような (n, S) は存在しないことがわかる. □

定理 2.4. 辺の長さがすべて整数の長方形はすべてブラーマグプタの四角形である.

すべての長方形でないブラーマグプタの四角形の辺の長さは以下の有理数の組のいずれか全体を適切に有理数倍することで得られる.

$$\begin{aligned} &(n(m^2 + h^2), rm(n^2 + h^2) - (m+n)(mn - h^2), r(m+n)(mn - h^2) - m(n^2 + h^2), rn(m^2 + h^2)), \\ &(m(n^2 + h^2), rn(m^2 + h^2) - (m+n)(mn - h^2), r(m+n)(mn - h^2) - n(m^2 + h^2), rm(n^2 + h^2)), \\ &((m+n)(mn - h^2), rm(n^2 + h^2) - n(m^2 + h^2), rn(m^2 + h^2) - m(n^2 + h^2), r(m+n)(mn - h^2)) \\ &(mn > h^2 \geq \frac{m^2n}{2m+n}, m \geq n, m, n, h \text{ は互いに素な自然数}, r \text{ は有理数}) \end{aligned}$$

(証明)

4 辺の長さが a, a, b, b の長方形の面積は ab で与えられるので, a, b が整数ならば ab も整数である.

長方形でないブラーマグプタの四角形 $ABCD$ に対して, 鋭角は少なくとも一つ存在することから,

対称性より $\angle B$ が鋭角であるとする.

円に内接する四角形の性質から, $\angle A + \angle C = 180^\circ$ であり,

$\angle A, \angle C$ のどちらかは 90° 以下であるから対称性よりそれを $\angle C$ とする.

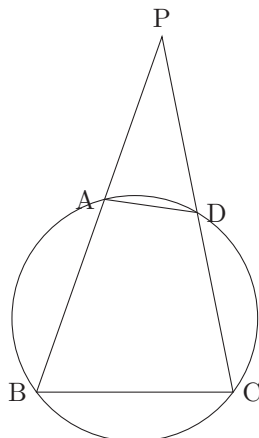
$AD : BC = 1 : r$ (r は有理数) として, 直線 AB, CD の交点を P とすると, $\triangle PAD \sim \triangle PCB$ であり, 相似比は $1 : r$ である.

したがって, AB, CD , 四角形 $ABCD$ の面積が整数であることから, $\triangle PAD$ は辺の長さ, 面積が有理数の三角形である.

ヘロンの三角形の性質から $\triangle PAD$ の辺の長さは有理数 s を用いて $(sn(m^2 + h^2), sm(n^2 + h^2), s(m+n)(mn - h^2))$ と書けて,

$AD = sn(m^2 + h^2), sm(n^2 + h^2), s(m+n)(mn - h^2)$ のそれぞれの場合に対して四角形 $ABCD$ の辺の長さを表すと,

示したい式の s 倍が得られる. □



3 今後の展望

- ・一般化した方法で再度ブラーマグプタの四角形を見つめなおし, コンピュータ等を用いて他の性質について考察する.
- ・なぜこの証明方法が適用できたのかについて考察する.

4 謝辞

本研究を進めるにあたり, ご指導, ご助言いただいた龍谷大学先端理工学部数理・情報科学課程の大西俊弘教授, 長崎バイオ大学フロンティアバイオサイエンス学科の西郷甲矢人教授に, 厚く感謝を申し上げます.

参考文献

- [1] 有名問題・定理から学ぶ数学 ヘロンの三角形, <https://wkmath.org/heron-f.html>
- [2] Joyce, D.E, <https://mathcs.clarku.edu/~djoyce/java/elements/bookX/propX29.html>

協力が必要なタスクを解決するための Q学習を用いた独立AIの環境設定について

Study on Environmental Setting for Independent AI Using Q Learning to Solve Tasks that Require Cooperation

大辻繁俊 坂井悠希子 田内智哉 田中志樹 原颯太郎 若林眞悟
Otsuji Shigetoshi Sakai Yukiko Tauchi Tomoya Tanaka Motoki Hara Sotaro Wakabayashi Shingo

要約

Q学習は状態の数が増えるにしたがって学習が困難になるため、複数のエージェントの学習はDQNなどの高度な手法が用いられるが、ゲームの一部分に注目して学習を行い、人間が環境の設定を適切に設定することで、協力を必要とするタスクをクリアすることができるのではないかと考えた。実験の結果、Q学習を用いて味方プレイヤーの行動を考慮しない2つのエージェントに、環境設定や報酬設定によって協力が必要なタスクを効率的に解決させる例を示すことができた。

ABSTRACT

Since Q-learning becomes more difficult as the number of states increases, advanced methods such as DQN are used for learning multiple agents. We hypothesized that even without using advanced methods, agents could complete tasks that require cooperation by learning to focus on one part of the game and allowing humans to set up the environment appropriately. As a result of the experiment, we were able to show an example in which two agents, which do not consider the actions of their allied players, were able to efficiently solve a task that requires cooperation by setting the environment and rewards.

キーワード: 協力, Q学習, AI, 環境設定, 追いつめマウス

1. はじめに

AIのコミュニケーションに関する研究^[1]から、AI同士の協力について興味を持ち、研究を始めた。

マルコフ決定過程でのQ学習は、全ての行動が全ての状態で繰り返しサンプリングされる限り、確率1で最適解に収束することが示されている^[2]。ところが複数のエージェントでの強化学習（マルチエージェント強化学習, MARL）は、一般に環境がマルコフ決定過程でないため学習が不安定である。^[3]

さらに、AI同士が協力したタスクの効率化に成功したことを示唆する研究の多くはDQNなどの高度な手法が使われている。

そこで、マルチエージェントで直接的にタスクを解決するよう学習するのではなく、環境の一部分だけに注目して、少ない状態数でシングルエージェントの安定したQ学習を行えば、間接的にタスクを解決できるのではないかと考えた。

Q学習での環境設定を工夫することで、高度な手法を用いることなく、複数のエージェントが協力を必要とするタスクを解決できるようになるという仮説を立てた。

2. 研究手法・環境

協力が不可欠なタスクとして、Nintendoから発売されたWii Partyのミニゲームの中の1つである追いつめマウス^[4]をモデルとして用いる。これは2人のプレイヤーがうまく障害物を利用して、逃げ回る1匹のマウス

スを捕まえることを目指すゲームである。それぞれのプレイヤーは1ターンにつき上下左右のいずれかに1マス移動する。一方でマウスはプレイヤーと基準以下の距離になったときに、1ターンにつき2マス逃げる。このように、マウスのほうがプレイヤーよりも移動速度が速いため、追いつめマウスは決して1人のプレイヤーだけではクリアすることができない。

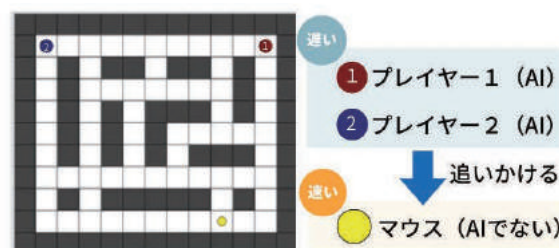


図1 追いつめマウスのプログラムの概要

本研究では、図1のように、二人のプレイヤーはそれぞれが独立したAIであり部分的にQ学習という手法を用いた。Q学習では、AIは盤面（正確には盤面を数字に対応させた配列）を入力として受け取り、自分が取れる行動の選択肢それぞれについてどのくらい良い行動かを計算(1)をもとに予測し、最も報酬の期待値の大きい行動を選択する。1回行動するごとに人間があらかじめ設定した基準（報酬設定）に基づいて評価である報酬が与えられる。行動とそれに対する報

酬の経験から学習し、もらえる報酬を最大化するように行動を選ぶ。（この2章での解説は概要理解のわかりやすさを優先しているため厳密性に欠ける．そのためQ学習についてのより厳密な解説は8章の用語解説を参照していただきたい．）

プレイヤーやマウスなど自分以外が不確定な動きをする環境ではQ学習による学習は難しい．そこでマウスを捕まえるまでのゲーム全体を通してではなく、1ターンごとに学習するようにした．つまり、1ターンごとにQテーブルをリセットしている．そのため、それぞれのプレイヤーを操作するエージェントは、図2のイメージのように味方の位置を考慮することができない．

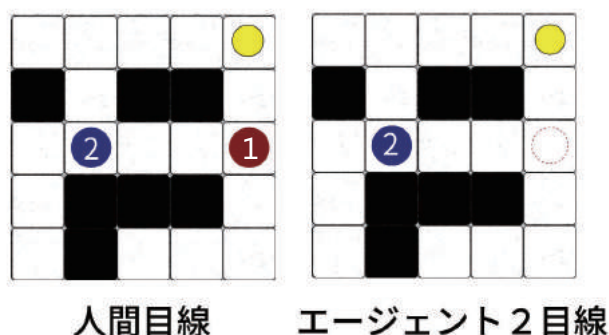


図2 人間、エージェントからのマウスの見え方

マウスはAIではなく、プレイヤーと基準以下の距離になったとき、1ターンにつき現在地から2マス以内で2人のプレイヤーから最も遠くなるマスへ、2人のプレイヤーの両方から遠ざかることができるマスがない場合は、2マス以内でマウスとの距離が近い方のプレイヤーから一番遠くなるマスへ逃げる．

また、プレイヤーとマウスと距離の計算にはダイクストラ法を用いており、障害物を考慮して計算される．

以上の設定でPythonを用いて図1のようにプログラムを作成した．黒色のマスは障害物を、白色のマスは通路を表す．障害物の配置は実際の追いつめマウスの盤面の1つを再現した．加えて、図1のように、赤色と青色の●、●はそれぞれのプレイヤーを、黄色の●はターゲットであるマウスを表している．マウスを1回捕まえるか100ターンが経過すると1ゲームが終了し、マウスとプレイヤーは初期位置にリセットされる．プレイヤーの初期位置は固定で、マウスの初期位置は白いマスの中からランダムに決定される．

ただし、ランダムにマウスの初期位置を決める関数のシード値(再現性のある乱数を得るための値)は全ての実験で共通の値を用いているため、実験ごとのマウスの初期位置の条件は同じである．つまり、ある実験でマウスの初期位置がプレイヤーの初期位置の近くになることが他の実験よりも偶然多くなる、そしてその

ために他の実験よりも速くクリアできることが多くなる、といったことは起こらない．

以後行動1ターン分を1ステップと表す．ゲームごとのステップ数や盤面の様子をどれだけタスクを効率よくクリアできたかの指標として用いる．（よりクリアにかかったステップ数が少ないほど、タスクを効率よくクリアできたといえる．）

3. 実験

3.1 実験1

(a) 目的

Q学習のAIに追いつめマウスをプレイさせるとどのように行動するのかを調べる．

(b) 方法

マウスが、どちらかのプレイヤーとの距離が2マス以下となった場合、移動距離2マス以内でプレイヤーから逃げる仕様の下で1000ゲームのテストを行う．可視化した盤面の様子から、プレイヤーの動きを観察することに加え、1ゲームあたりでマウスを捕まえるためにかかった平均のステップ数を調べ、完全にランダムで行動したときと比較する．マウスを捕まえた時の報酬は5点に設定する．

(c) 結果と考察

Q学習を用いた場合の平均ステップ数は52.72回、ランダム行動時は98.65回であった．1000ゲーム中447ゲームは100ステップ以内にクリアできていない．盤面では、プレイヤー1と2が最短ルートでマウスを追いかけた．時折挟み撃ちの挙動によりマウスを捕まえることもあったが、2つのプレイヤーが同じマスに重なった後全く同じルートで移動することもあり効率的ではない様子も見られた．

この実験では、2人のプレイヤーが同じルートで移動することがあり、非効率的であるため、それぞれのルートを分けてマウスの逃げ道を塞ぎたいと考えたが、味方プレイヤーの動きを考慮させ直接的に問題を解決するのは、今回のQ学習の手法上では困難である．そのため、図3のように、味方を障害物と認識させることで、味方プレイヤーのルートを通れなくして挟み撃ちをさせるという方法で間接的に問題を解決しようと考えた．

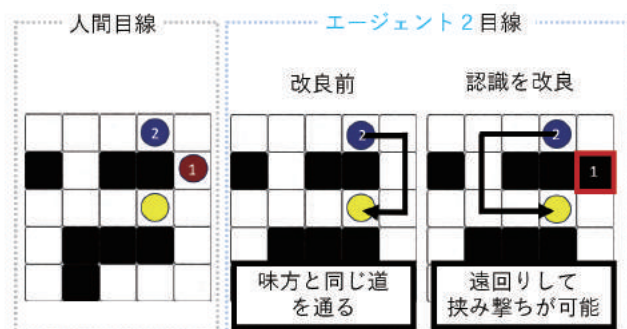


図3 エージェントの味方プレイヤーの認識方法の工夫

3.2 実験2

(a)目的

実験1では2つのプレイヤーが重なり同じ行動をしておりマウスを捕まえるための効率性を低下させていた。そこで味方を障害物と認識させ、この手法の有効性を調べる。

(b)方法

プレイヤー同士を障害物と認識させ、同じマスに入れない設定にして実験1と同様に行う。

(c)結果と考察

2人のプレイヤーが同一のルートでマウスを追いかけることがなくなり、挟み撃ち行動が促進され、すべてのゲームで100ステップ以内にマウスを捕まえることができた。かかった平均ステップ数は16.67回であった。平均ステップ数が52.72回であった実験1と比較して平均ステップ数が約7割も減少した。この結果から味方を障害物と認識させる手法はこのゲームにおいてかなり有効だといえる。

3.3 参考値測定

(a)目的

Q学習を用いたAIがこの追いつめマウスをクリアするのに必要な最短手数を測定し、その値と各実験のステップ数を比較することによって行った実験で用いた手法の有効性を確かめる。

(b)方法

プレイヤーを操作するアルゴリズムをQ学習からダイクストラアルゴリズムに変更した。プレイヤーは、味方を障害物として、ダイクストラアルゴリズムにより距離を計算し、最短距離のルートでマウスを追いかける。他の実験と同様に、1000ゲームの平均ステップ数を求め、これを参考値とする。

(c)結果と考察

1ゲームにかかった平均ステップ数は15.28回であった。

3.4 実験3-1

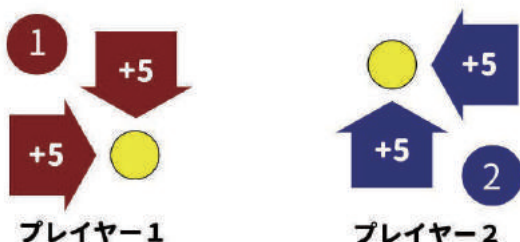


図4 実験3-1で用いた報酬設定

<プレイヤー1>左方向・上方向: 5点
<プレイヤー2>右方向・下方向: 5点

(a)目的

報酬設定を変更することによりプレイヤーがマウスを追いかける方向が変化して役割分担が生じるか、役割分担によりゲームの結果が向上するのか調べる。

(b)方法

マウスを捕まえる報酬を、図4のようにプレイヤー1は左方向と上方向から捕まえた場合にのみ5点、プレイヤー2は右方向と下方向から捕まえた場合にのみ5点与える仕様に変更した。味方プレイヤーは障害物として認識する。

(c)結果と考察

かかったステップ数の平均が20.50回となり、実験2の16.67回と比べて大きく劣る結果となった。また、1000ゲーム中100ステップ以内でマウスを捕まえることができなかったゲームが72ゲームあった。完全に方向により役割を分担してしまったため、報酬が得られない方向にマウスがいた場合、マウスを捕まえることができなかったと考えられる。

3.5 実験3-2

(a)目的

完全な方向の役割分担が効率を低下させていた実験3-1を受け、報酬の与え方を変更することでマウスの捕獲を効率化できるのか調べる。

(b)方法

それぞれのプレイヤーの担当する方向以外からマウスを捕まえた場合にも図5のように担当する方向から捕まえた場合より少ない報酬を与え、マウスの捕獲の促進を図る。

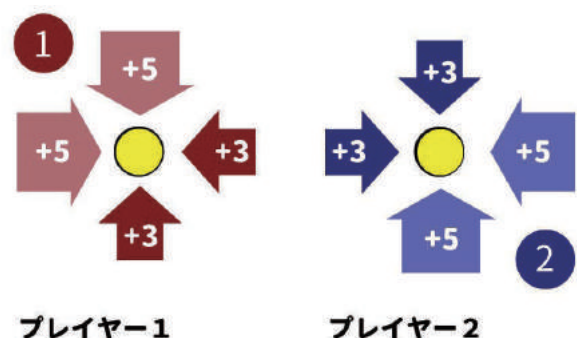


図5 実験3-2で用いた報酬設定

<プレイヤー1>左方向・上方向: 5点、
右方向・下方向: 3点
<プレイヤー2>右方向・下方向: 5点、
左方向・上方向: 3点

(c)結果と考察

1000ゲーム中で1ゲームにかかった平均ステップ数は16.10回であり、全て100ステップ以内でクリアした。今までの実験で一番平均ステップ数が少

なく、つまり効率よくクリアできるようになったといえる。5点と3点という報酬の組み合わせが一番良いのかについては追加で実験を行い検討する必要がある。

4. 全実験の結果・考察

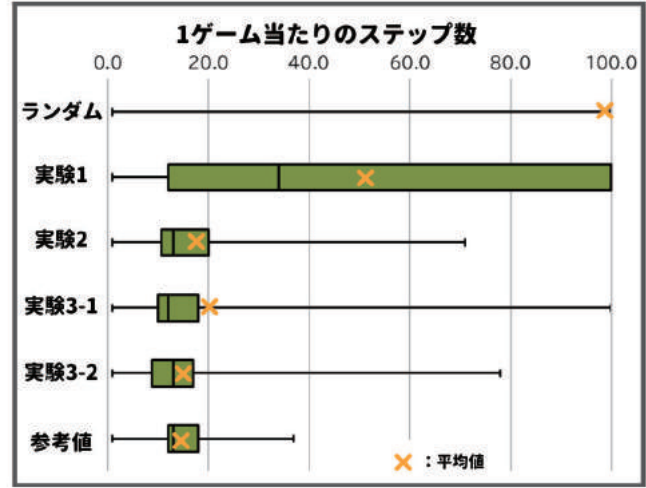


図6 1ゲーム当たりのステップ数の箱ひげ図

表 1 全実験結果の一覧表

	ランダム	実験1	実験2	実験3-1	実験3-2	参考値
最大値	100	100	71	100	78	37
第3四分位数	100	100	20	18	17	18
中央値	100	34	13	12	13	13
第1四分位数	100	12	10.75	10	8.75	12
最小値	1	1	1	1	1	1
平均値	98.654	52.719	16.686	20.503	16.096	15.284
100の個数	983	447	0	72	0	0

表1を箱ひげ図に表したものが図6である。表1より参考値の平均ステップ数が15.28回、実験3-2の平均ステップ数が16.10回であることから味方を障害物として認識させる手法と、役割分担を反映させた報酬設定によってただ協力が必要なタスクをクリアさせるだけでなく、大幅に効率化させることに成功したといえる。

実験1、実験3-1は最大値が100ステップ、つまりクリアできなかったゲームがあり、このことから互いに壁と認識する設定、マウスを追いつめる方向を決定しているものは非効率であると考えられる。

有意水準1%での対応のあるt検定より実験2と参考値、実験3-1と参考値は同じ傾向にあるとは言えないが、実験3-2と参考値は同じ傾向にあると判断できたことから、実験3-2は行った工夫の中で最も有用であると考えられる。

5. 結論

DQNのような高度なAIを用いずともQ学習のよ

うな単純なAIを用いて、味方プレイヤーの行動を考慮しない2つのエージェントに、環境設定や報酬設定によって協力が必要なタスクを効率的に解決させる例を示すことができた。

6. 展望

実験3-2と参考値を比較すると、平均ステップ数はほとんど同じであるが、最大ステップ数は参考値よりも約40ステップ大きくなっているため、その差の原因を見つけ改善策の模索を行う。今回実験した以外にも、エージェントが協力が必要なタスクをより効率よく解決できるようにするための環境の改善点を探す。また、今回使用したゲーム以外の環境、特に実社会への応用をめざす。

7. 参考文献

[1]Yu,H (Zeze H.S.) *et al.* A Study in the Effects of Communication between AI, 2022

[2]CHRISTOPHER J.C.H. WATKINS, PETER DAYAN 「Technical Note Q-Learning」 1992

[3]荒井幸代, *et al.* 「マルチエージェント強化学習の方法論 -Q-Learning と Profit Sharing による接近-」 人工知能学会誌, 1997, Vol. 13, No. 4, p609-610

[4]Wii Party 追いつめマウス (Chasing mouse) IOHD0002
https://youtu.be/z0y9F2arpmk?si=iTMlDftZKF9p9_8E

[5]Wikipedia “マルコフ決定過程”,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9E%E3%83%A%E3%82%B3%E3%83%95%E6%B1%BA%E5%AE%9A%E9%81%8E%E7%A8%8B>, (参照 2024/3/11)

[6]Wikipedia “強化学習”,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%BC%B7%E5%8C%96%E5%AD%A6%E7%BF%92>, (参照 2024/3/11)

[7]Wikipedia “Q学習”,
<https://ja.wikipedia.org/wiki/Q%E5%AD%A6%E7%BF%92>, (参照 2024/3/11)

[8]Wikipedia “DQN (コンピュータ)”,
[https://ja.wikipedia.org/wiki/DQN_\(%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF\)#cite_note-impress690271-1](https://ja.wikipedia.org/wiki/DQN_(%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%BF)#cite_note-impress690271-1), (参照 2024/3/11)

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり多大なご助言を賜った龍谷大学先端理工学部教授大西俊弘先生、京都大学大学院情報学研究科教授伊藤孝行先生に深謝致します。

9. 補足・用語解説

・マルコフ決定過程^[5]

マルコフ決定過程 (MDP) は、不確実性を伴う意思決定問題をモデル化するための数学的な枠組みである。MDP は、状態空間、行動空間、遷移確率、報酬関数によって定義される。遷移後の状態および得られる報酬の値は現在の状態と行動のみに依存し、状態と行動が与えられたもとでそれより過去の状態および行動と条件付き独立となる。

・強化学習^[6]

強化学習は、ある環境内における知的エージェントが、現在の状態を観測し、得られる収益（累積報酬）を最大化するために、どのような行動をとるべきかを決定する機械学習の一分野である。強化学習は、教師あり学習、教師なし学習と並んで、3つの基本的な機械学習パラダイムの一つである。

強化学習が教師あり学習と異なる点は、ラベル付きの入力/出力の組を提示する必要がなく、最適でない行動を明示的に修正する必要もない。その代わり、未知の領域の探索と、現在の知識の活用との間のバランスを見つけることに重点が置かれる。

・Q学習^[7]

Q学習は、エージェントが環境と対話しながら最適な行動を学習する強化学習アルゴリズムである。Q値と呼ばれる価値関数を用いて、状態と行動のペアに対する価値を評価する。

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha(r + \gamma \max_{a'} Q(s', a') - Q(s, a))$$

α : 割引率, γ : 学習率 ... (1)

・DQN^[8]

DQN (Deep Q-Network) とは、DeepMind が 2015 年に発表した、電子ゲームをプレイする、Q学習と畳み込みニューラルネットワークを組み合わせた強化学習のエージェントである。

Q学習のQテーブルをニューラルネットワークで関数近似している。Q学習が離散的な状態しか扱えないのに対して、DQNは連続的な状態を扱うことができる。



班の Google Drive にソースコード、
詳細な実験データを載せています

発表ポスター集（日本語）

水溶液中の金属イオンとプラナリアの生存時間の関係



膳所高等学校 生物班

奥居知生 片岡良太 近藤弘隆 林瑞葵 宮本咲

要約

プラナリアをNaCl水溶液、KCl水溶液、CaCl₂水溶液に投入すると、モル濃度が高くなるほど生存時間は短くなる。また、KCl水溶液では生存時間が短いことが分かった。

目的・仮説

- ・ 扁形動物：プラナリアが含まれている
→ 拡散による栄養補給
- ・ 先行研究：
プラナリアが死ぬと、Na⁺が失われる。
⇒ 飼育液の物質又はそのモル濃度が
プラナリアの生存に影響？

プラナリアに対する飼育液中の金属イオンの影響について研究する。

準備

使用したプラナリア：
Platyhelminthes, Rhabditophora,
Tricladida, Dugesidae,
Girarda tigrina



実験

？ 金属イオンの種類と溶液のモル濃度が与える影響
プラナリアについて。

- ◆ 溶質の種類
 - 塩化ナトリウム (NaCl)
 - 塩化カリウム (KCl)
 - 塩化カルシウム (CaCl₂)
 }
 - ・ 入手が簡単
 - ・ 海に存在
 - ⇒ 生存に関連？

- ◆ モル濃度の種類
0.05 , 0.10 , 0.15 , 0.20 [mol/L]

◆ 実験方法

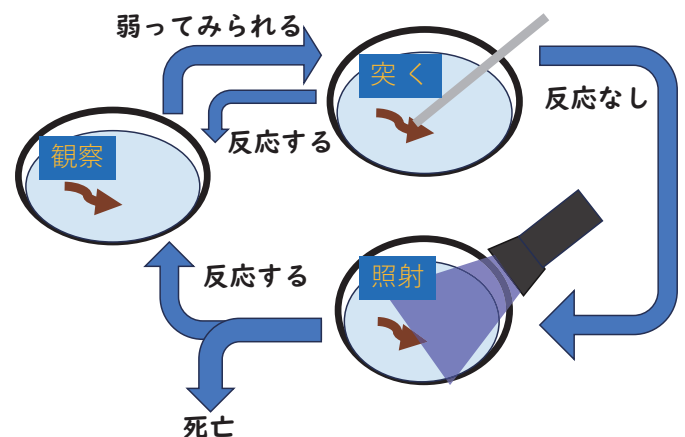
水溶液6mlをピペットで計りとり。
それをプラナリアが1匹入った小型シャーレに入れ、
観察する。
動きが見られなくなったら死亡判定を行う。
死ぬ、もしくは観察開始から2時間経過すると観察
を終了する。

◆ 用語の定義

死亡	生存
ガラス棒でプラナリアを 3回突く(物理刺激) ↓ 反応なし ↓ 紫外線を照射する ↓ 反応なし ↓ 死亡	プラナリアが2時間 動き続ける (死んだと判断できない)

*なぜ紫外線を使うのか？

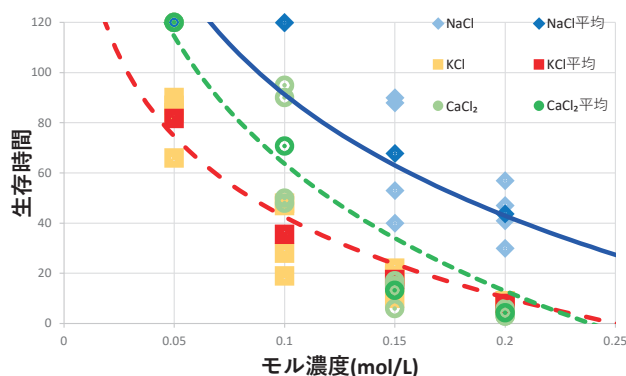
プラナリアは光、特に紫外線に対して強い
忌避反応を示す。
紫外線下での行動を避けない
⇒ プラナリアが弱っている。
(実験では波長365nmのブラックライトを使用した。)



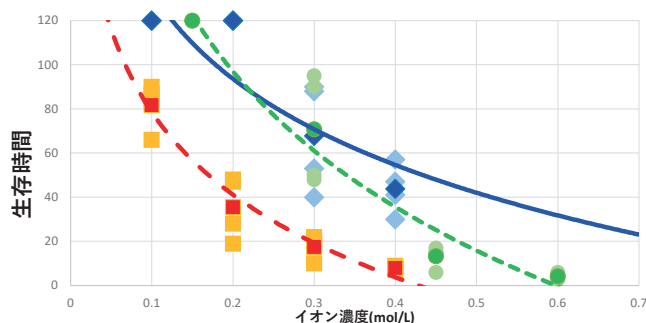
結果

*数値は4匹の平均、単位は分

mol/L	NaCl aq	KCl aq	CaCl ₂ aq
0.05	生存	81.75	生存
0.10	生存	35.5	62.7
0.15	67.75	19.8	12.7
0.20	43.75	8.0	4.25



浸透圧をそろえるため
↓イオン数を統一すると…



《気づき》

- ・CaCl₂ aqでは、プラナリアが体をねじった。
- ・KCl aqでは、体を縮こまらせた。
- ・高濃度のNaCl aqとKCl aqでは、咽頭が伸長した。

咽頭：
通常、食物を取り込む働きをもつ



考察

- ・高濃度の水溶液で咽頭伸長
⇒咽頭が体内外の濃度を調節？
 { 普段は体表面で溶液交換
 { 過度な環境濃度変化の際に咽頭利用
- ・咽頭の伸長⇒危機的状況のサイン？
- ・CaCl₂ aqでは咽頭の伸長見られず
⇒Ca²⁺の筋肉を収縮させる働きが原因か
 咽頭の筋細胞に働きかけて弛緩できなくなり、
 咽頭を伸ばせなくなった？
- ・NaCl aqとCaCl₂ aqの生存時間がほぼ一致
⇒ナトリウムとカルシウムは生育に大きな影響を及ぼさない
⇒Cl⁻が生育に与える影響は小さい
- ・KCl aqは他の2つの水溶液と比べて低モル濃度で死亡する
⇒カリウム・ナトリウムチャンネルが関係？
 K⁺はイオンの形が大きく、体内に詰まることなく流れ込む
⇒影響を及ぼしやすい

結論

咽頭の伸長は…

- ①高濃度の水溶液で確認
⇒咽頭によるイオン調節
⇒生育に影響？
- ②CaCl₂ aq(咽頭伸長なし)ではKCl aq(咽頭伸長)より長く生存
⇒咽頭は生育に影響なし？
 (単なる危機のサイン)

今後の課題

- ・CaCl₂ aqのみで体がねじれ運動を示した理由を探る。
- ・実験回数を増やし、より正確な実験結果を得る。

参照

- ・プラナリアに対する紫外線の致死効果-2-
 プラナリア個体からのNaの損失
 大阪府立公衆衛生研究所研究報告。公衆衛生編 / 大阪府立公衆衛生研究所 編 (10), 大阪府立公衆衛生研究所
- ・プラナリアに対する紫外線の致死効果
 掲載誌 大阪府立公衆衛生研究所研究報告。環境衛生編 大阪府立公衆衛生研究所 編

ケラチンが燃料電池に与える影響



加藤優季 辻歩乃果 東山優希 脇ノ上陽菜

要約

現在の燃料電池の電解質は発電効率は高いもののコストがかかる。そこで、日常的に廃棄されているケラチンを電解質とした燃料電池の研究を知り、さらに研究をしようと考えた。

実験の結果、ケラチンの使用に燃料電池を持続させる効果があると分かった。またそれはケラチンを充電時に用いる場合、放電時に用いる場合両方に効果があり、充電時には、ケラチン由来の白い固体が影響を与えていることが分かった。

実験1

目的：

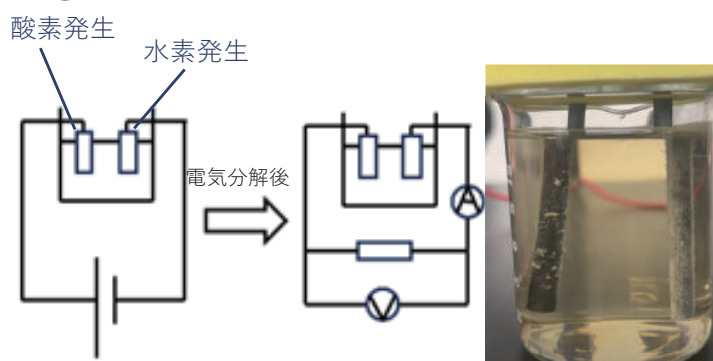
ケラチンを用いた燃料電池を作製して、ケラチンを用いていない燃料電池と比較する。

方法：

①電解質を含んだ水溶液を3Vで3分間電気分解し、炭素棒に気体を付着させる。

電解質として、・ケラチン+K₂SO₄
・K₂SO₄を使用。

②電源装置につないでいた導線をプロペラにつなぎかえ、流れる電流量やプロペラの回転時間を調べる。



▲図1 回路図

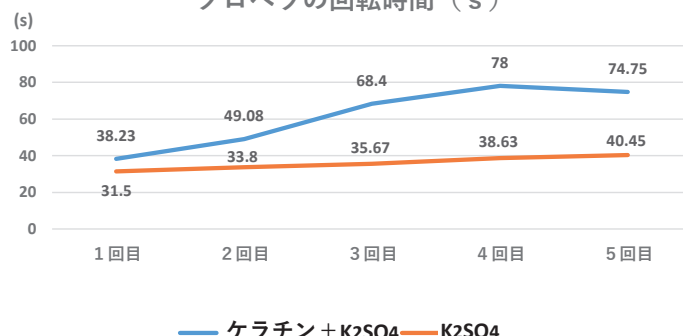
▲写真1

結果：

ケラチンを用いた燃料電池の方が20秒ほど長くプロペラが回った。

また、ケラチンを含む水溶液を電気分解している最中、陽極から白い固体が発生した。

プロペラの回転時間 (s)



考察：

・ケラチンを用いることで燃料電池を持続させる効果が高まった。

・また、発生した白い固体は、ケラチンもしくはケラチン由来のペプチドであり、陽極で発生した酸素を炭素棒上にとどめたことで、長時間酸素を使用でき、長時間プロペラが回ったのではないかと推察される。

実験2

目的：白い固体の正体の同定

方法：

H字管を用いて水溶液を電気分解し、白い固体を採取

↓
キサントプロテイン反応、
ビウレット反応でタンパク質の有無を確認

結果・考察：

両方に反応が見られた

固体は、ケラチンもしくはケラチンが分解されたアミノ酸が3つ以上連なったペプチドである可能性が高い

▼写真2



実験3

目的：

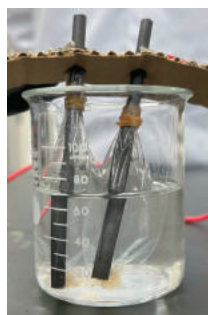
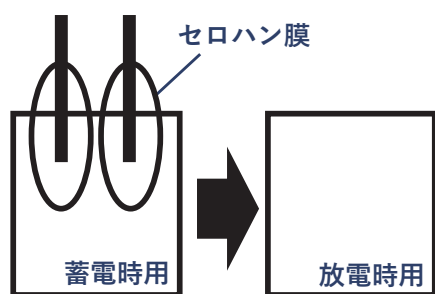
ケラチンが燃料電池におけるプロペラの回転時間の増加に寄与することが分かったため、それが蓄電時に作用するものか、放電時に作用するものかを明らかにする。

方法：

電極周りをセロハン膜で区切り、図2のような実験装置を用意する。

①炭素棒を蓄電時用の水溶液が入ったビーカーに入れ、3分間電気分解を行う。

②炭素棒を放電時用のビーカーに移し替え、回路をつなぎ変え、電池として作用させる。
このとき、プロペラの回転時間を測定する。

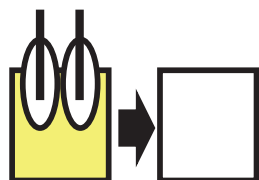


▲写真2

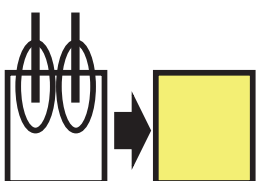
条件は以下の通りで、各5回実験する。

条件
黄色：ケラチンあり
白色：ケラチンなし

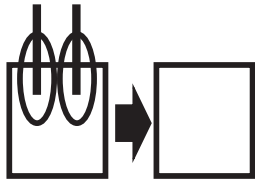
条件2



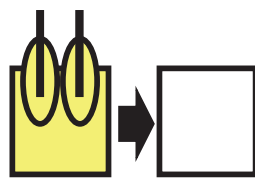
条件4



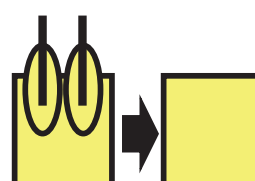
条件1



条件3



条件5



結果：

プロペラの回転時間の平均（s）

条件1	3.24
条件2	3.96
条件3	5.08
条件4	5.29
条件5	5.38

※条件3については、実験装置不備のため再実験したところ、11.58 s を記録
またその際、白い固体がこれまでの実験で最も多く発生した。

考察：

- 条件3・4・5はプロペラの回転時間が条件1・2よりも長い
→蓄電時に白い固体を発生させてプロペラの回転時間の増加に寄与
→放電時もプロペラの回転時間の増加に寄与
→何らかの反応を促進している？

- 再実験の条件3
→羊毛の加水分解をしてから時間が短い
→白い固体が発生しやすかった？

結論

ケラチンを用いた燃料電池の作製可能

- 充電時に白い固体を発生させてプロペラの回転時間の増加に寄与
- 放電時もプロペラの回転時間の増加に寄与
→何らかの反応を促進している？

今後の展望

- ケラチンが放電時にどのように働いているかの解明

参考文献

燃料電池を使って発電しよう！

https://www.kepco.co.jp/brand/for_kids/ecolabo/01.html

矢野太一、松尾康光 2016年

バイオポリマー“ケラチン”を電解質とした燃料電池のプロトン輸送

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.2/0/71.2_1248/_pdf

宮本武明 1980年

羊毛ケラチンの分解とその利用

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kobunshi1952/29/9/29_9_694/_pdf

紙の乾燥時間としわの高さの関係について



石光禮大 小松尚輝 宗ゆうみ 成田真菜 股野洵生

0,要約

我々は紙のしわのできやすさは乾燥時間に関係があると考えて、乾燥時間を変えてしわの高さを比較する実験を行った。その結果乾燥時間が長くなるほどしわの高さは減少し、長くなりすぎると増加するということが分かった。

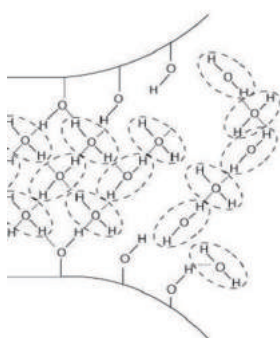
1,はじめに

①水滴下

セルロース分子同士の水素結合の間に水分子が入り込む

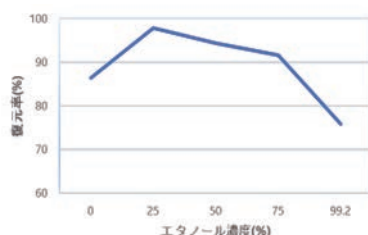
②乾燥

水分子が除去され、セルロース分子同士が再び水素結合でつながるとき、元々の結合の仕方からずれる



2,先行研究より

しわのできた紙に濃度の異なるエタノールを滴下して加圧乾燥し、復元率を比較すると、復元率に差ができた。グラフより濃度25%のとき最も復元率が高くなるということが分かる。



※復元率[%]

$$= \{b - c\} / \{b - a\} \times 100$$

a:元の状態の紙片1組の高さ

b:しわを作った状態の紙片1組の高さ

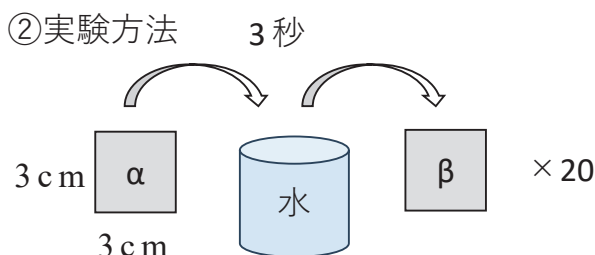
c:加圧乾燥後の紙片1組の高さ

3,実験①

①目的

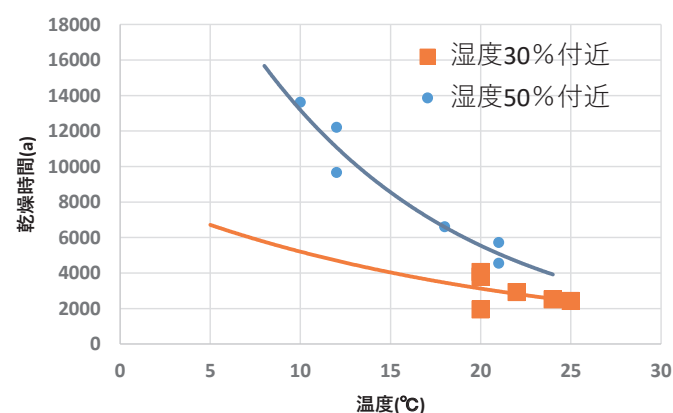
乾燥時間を変える要因を調べる。

②実験方法

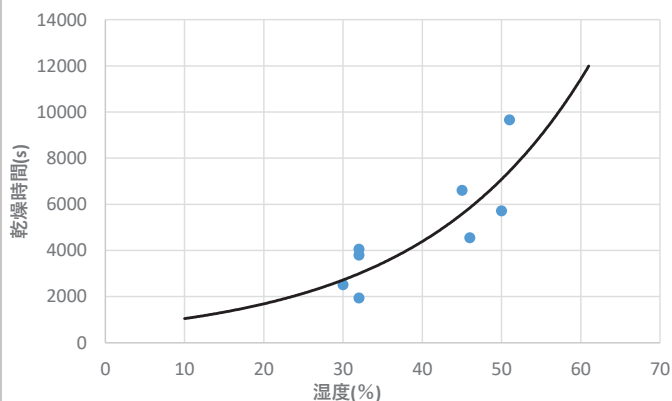


4,結果①

グラフ[1]温度と乾燥時間の関係



グラフ[2]湿度と乾燥時間の関係

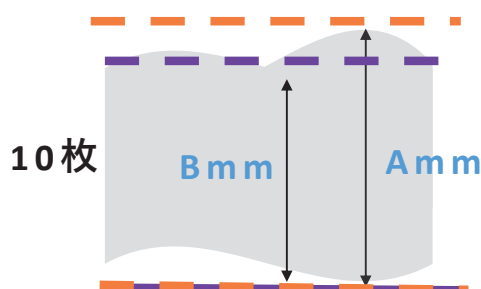


実験②

目的

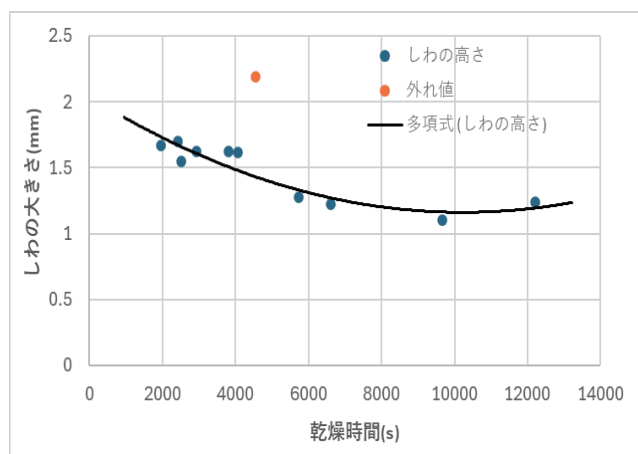
紙の乾燥時間としわの高さの関係を調べる。

しわの高さの測定：
$$\frac{A+B}{2} \times \frac{1}{10} - 0.2$$



結果②

グラフ[3]乾燥時間としわの高さの関係



参考文献

・紙のしわを直すためのエタノールの至適濃度2020 膳所高校課題研究班
・濡れた紙がしわしわになるのはなぜ
2019QuizKnock <https://web.quizknock.com/kamishiwa>
・温度と湿度の基本
<https://www.apiste.co.jp/contents/precision-air-conditioning-navi/library/humidity-about/>

考察

グラフ[3]より、乾燥時間が長くなるとしわの高さが減少することが明らかである。ただし、グラフ作成時のデータが限られており、はっきりとした相関があるとは言い切れない。同様に、本実験のデータを用いて「温度としわの高さの関係」、および「湿度としわの高さの関係」のグラフを作成した結果、どちらも相関が見られた。そのため、乾燥時間だけが紙のしわの高さに影響を与えているかどうかは断定できず、温度や湿度の変化が紙のしわに影響を与える可能性も考えられる。

結論

乾燥時間が長くなるほどしわの高さは減少し、長くなりすぎると増加する

今後の展望

- ・より条件がそろった多くの正確なデータを得る。
- ・紙の大きさ、種類によって変化はあるのかを確かめる。
- ・先行研究にある結論と本研究の結論が矛盾していないことを確かめる為に、エタノール濃度と蒸発時間との関係を調べる。

・イトウさんのちょっとためになる農業情報第22回「湿度と温度」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive22/>
・イトウさんのちょっとためになる農業情報第23回「飽和水蒸気圧」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive23/>
・ぬれた物のかき方 Part 3 —蒸発と気化熱—
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/041007.pdf>

ブライニクル現象による氷柱とブラインの濃度・流入速度の関係

菊池 倫羽 那須 健太郎 丸岡 知行 保井 勇吾 山路 純也

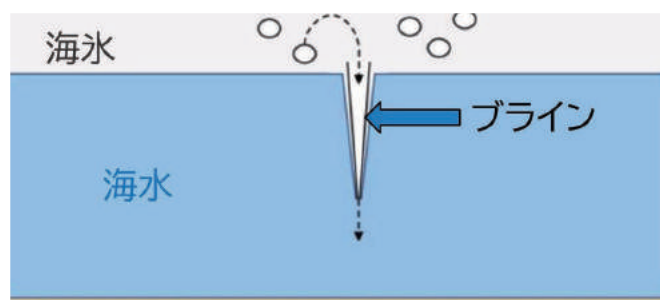


要約

テレビでブライニクル現象の映像を見て感動を覚え、自分たちで再現できないかと考えた。ブラインの濃度及び流入速度と氷柱の形成には関係があると考え実験を行ったところ、ブラインの濃度と流入速度が一定の範囲内にあるとき氷柱が形成されることが分かった。

ブライニクル現象について

ブライニクル現象とは北極や南極で見られる海中で氷柱ができる現象のこと。海水が生成される際に生じるブラインが海中に流れ込み、海水がブラインによって冷やされる。これにより海水が凝固点を下回り、氷柱が形成される。



Testón-Martínez et al, The Cryosphere (2023)
<https://doi.org/10.5194/tc-2023-100>

実験①

目的

ブラインの流入速度及びブラインの濃度と氷柱の形成には関係があるかを確かめる。

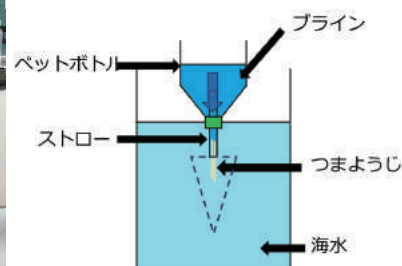
方法

1. 海水（濃度3.4%）とブラインをそれぞれ凝固点まで冷却する。
2. 用意した容器に海水を注ぎ、冷凍庫内に装置を設置する。
3. 装置に海水とブラインを注ぎ込み、冷凍庫内で15分放置し氷柱の形成を待つ。
4. その後、氷柱が形成されたかどうか確認する。

条件

- ・ブラインの流入速度を一定に保ち、ブラインの濃度を変化させる。*1
- ・ブラインの濃度を一定にし、ブラインの流入速度を変化させる。*2

実験に用いた装置



結果

*1結果

濃度(wt%)	10.0	15.0	20.0	26.5
氷柱の有無	×	○	○	×

15～20 wt%の時に形成された

*2結果

ブラインの流入速度 (mL/s)	0.51	0.90	1.07	1.67
氷柱の有無	×	○	○	×

0.9～1.07 mL/sの時に形成された

考察

ブラインの流入速度及びブラインの濃度が一定の範囲内にある時、氷柱が形成される。

実験②

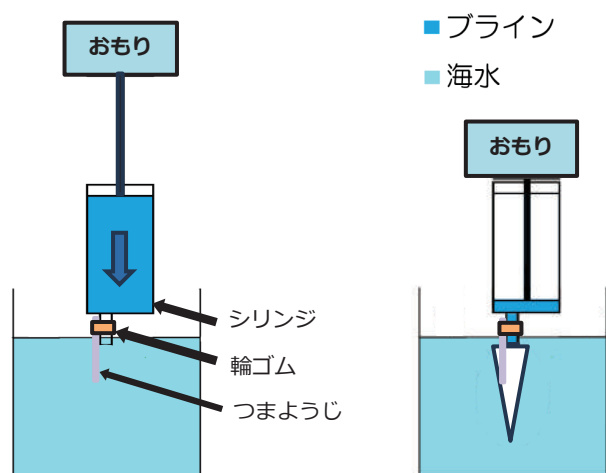
目的

氷柱ができる条件(流入速度、濃度)のより詳細な範囲を調べる。

方法

1. 海水(3.40 wt%)とブライン(10.0・15.0・20.0 wt%)を用意
2. それぞれ凝固点付近まで冷却
3. 容器に海水を注ぎ、冷凍庫内に装置を設置
4. 海水にブラインを注ぎ込み、冷凍庫内で15分間放置
5. 氷柱が形成されたかどうかを確認する

装置



結果

10.0 wt%

流入速度(mL/s)	0.82	0.85	1.00
氷柱の有無	×	○	○

15.0 wt%

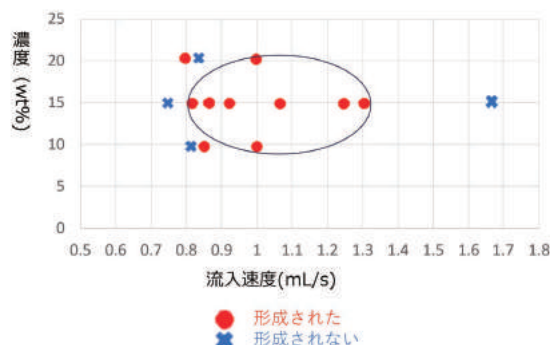
流入速度(mL/s)		0.75	0.82	0.87
氷柱の有無		×	○	○
0.92	1.07	1.25	1.30	1.67
○	○	○	○	×

20.0 wt%

流入速度(mL/s)	0.80	0.84	1.00
氷柱の有無	○	×	○

考察

20.0wt%、0.84mL/sのとき、海水やブラインの冷却が不十分であったため氷柱が形成されなかった可能性が考えられる。また、先行研究とグラフから、9.0wt%以上のとき流入速度についてブラインの濃度に関わらず氷柱が形成されない特定の値の範囲が存在するのではないかと考える。



結論

ブラインの濃度と流入速度が一定の範囲内にあるとき氷柱が形成される。

今後の展望

- ・より安定してブラインが流れるように実験装置を改良する。
- ・根拠となるデータが十分ではないため実験回数を増やす。
- ・氷柱の形成条件となる流入量や濃度の範囲をより正確に検証する。
- ・氷柱ができたかどうかを数値的にとらえる。
- ・まだわかっていない氷柱の形成条件を調査する。

参考文献

1. 「海棲生物たちを襲う『死のつらら』、触れるものを一瞬に凍らせる驚異の自然現象『Brinicle』(南極)
<https://karapaia.com/archives/52050749.html>
2. 北聖大, 桐畑嵩哉, 瀬尾亜夢瑠, 中村蒔夫, 2018年, 本校理数科課題研究「ブライニクルの発生条件」
3. Sergio Testón-Martínez, Laura M. Barge, Jan Eichler, C. Ignacio Sainz-Díaz, Julyan H. E. Cartwright, The Cryosphere (2023)
<https://doi.org/10.5194/tc-2023-100>
4. 流氷(海氷)がもたらす恵み 2011年4月13日 生物産業学部
アクアバイオ学科 准教授 西野 康人
<https://www.nodai.ac.jp/research/teacher-column/0263/>

液入容器の回転運動と 液体の粘性の関連

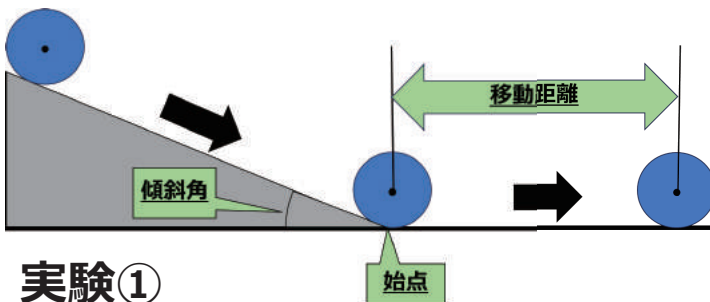


高間一葉 福田涼真 南 大輝 山川晃太郎 渡邊雄天

動機

私たちは、液体の入った容器が水平な床の上を転がる様子に興味を持った。先行研究を調べると、液体の粘性と容器が回転して進む距離には何らかの関係があることが示されていた。そこで私たちは、液入容器の回転運動と液体の粘性の関連について、容器が回転して進む距離に着目して調べることにした。

用語設定



実験①

[目的]

大きく粘性が異なる場合の液入容器の移動距離を調べて比較することで、粘性の差が大きいとき、移動距離の変化にはどのような関連性があるのかを明らかにする。

[方法]

①エタノール・水・グリセリンの3種類の液入容器を斜面から転がし、それぞれの移動距離を調べる。

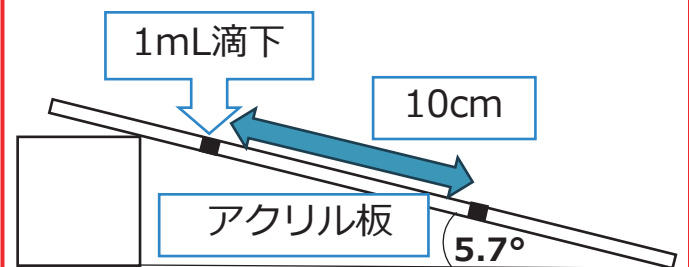
揃える条件: 傾斜角、離す位置、
液体の体積、用いる容器

②それぞれの液体の粘性を独自に定義する。

③3種類の液体の粘性と移動距離を比較し、粘性の差と移動距離の変化の関係性を見出す。

粘性の定義

液体 1 mL をアクリル板の斜面(傾斜角 5.7°)上に滴下し、10cm 流す。
その時、流れるのにかった時間を、その液体の「粘性」と定義する。
なお、単位は[秒]とする。

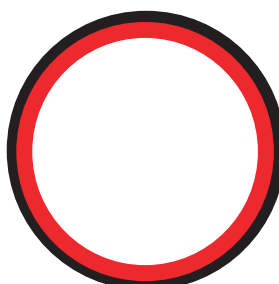


[結果]

液体	粘性 [s]	移動距離 [cm]
エタノール	3.73	180.2
水	10.52	165.4
グリセリン	373.13	91.31

[考察]

- ・粘性が大きいほど移動距離は短くなる。
- ・グリセリン入り容器が回転する際、液体に独特な様子が見られた。



停止直前まで内壁に張り付くグリセリン
⇒移動距離に影響している...?

実験②

[目的]

他の液体に比べて極めて粘性の高いグリセリンを入れた容器の回転運動と粘性との関係調べる。

(1)粘性による移動距離の増減

[方法]

グリセリンとエタノールの2種類の液体が入った容器の前方転がり距離を調べた。傾斜角度は14°とし、力学的エネルギーが等しくなるように同一点から転がした。

[結果]（数字は移動距離）

粘性がより高いほうが、移動距離は短くなる。⇒エネルギーをより消費する

	1	2	3	4
グリセリン(cm)	127	118	136	125
エタノール(cm)	380	376	359	371

5	6	7	8	9	10	AVG
133	127	131	136	137	137	129.8
371	373	372	372	370	364	370.8

(2)粘性による容器の挙動変化

[方法]

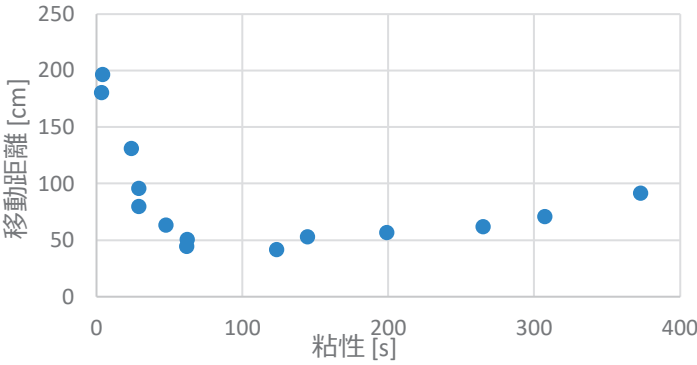
- 1. エタノールとグリセリンの混合液180mLを用意し、斜面から転がす。
- 2. 転がる動きを観察し、グリセリンの動きと比較する。
- 3. 混合比を変えて繰り返す。
- 4. 混合物の粘度を調べ、エタノールや水と同じ挙動を示すかどうかを確認する。

[結果]

粘性が62.46秒になるまでは、粘性が大きくなるにつれて移動距離が減少した。粘性が123.6秒を超えると、粘性が大きくなるにつれて移動距離が増加し始めた。

粘性 [s]		3.73	4.18	10.48	23.96
移動距離[cm]		180.2	196.3	165.4	130.6
29.1	29.2	47.9	61.85	62.46	123.6
79.5	95.3	62.8	44.3	50.5	41.3
144.7	199.0	265.0	307.5	372.9	
52.5	56.3	61.6	70.6	91.31	

結果の表を散布図にすると、次のようになった。(99%で片側検定の結果、移動距離の増減の関係は上記で正しい)



[考察]

- ・粘性123.6秒以降、移動距離が増加に転じた。
⇒粘性が十分に大きくなったため液体が内壁に張り付くようになった
⇒中身が満たされた容器の挙動に近づく
⇒粘性が大きいほど、内壁に張り付いた状態が長く続いた。
- ・容器の底面の中心の周りの慣性モーメントを比較すると、内壁に張り付いているときのほうが、通常時より慣性モーメントが小さい。
⇒内壁に張り付いているときのほうが回転しやすい。

[今後の展望]

- ・移動距離の増減が変化する粘性の具体的な値を特定する。
- ・傾斜角などを変えたとき、移動距離の増減の変化点はどうなるのかを調べる。
- ・移動距離が増加する粘性には限界値があることを確かめる。
- ・初速を変えながら実験を行うことで、液体が容器の内壁に張り付くことができる粘性の幅を特定する。

参考文献

第39回全国高等学校総合文化祭
池田学園池田高等学校 科学考証チーム(5)
斜面を落下するポリエチレンボトルは、なぜ向きが逆になるのか。
物理]「物理の計算の基礎「慣性モーメントの計算の基礎」(study-satellite.com)
2024年1月19日アクセス

多摩川・平瀬川間における

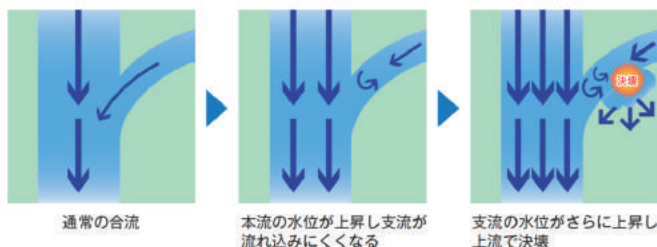
バックウォーター現象のモデル化と減災への工夫

安食順正 柿添みく 谷口華穂 三浦由季乃 山田詩葉

要約

近年、局地的豪雨により各地で河川の氾濫が多発している。その原因の一つとしてバックウォーター現象があげられる。バックウォーター現象を再現するモデルを製作し、減災につながるような手立てを研究した。

バックウォーター現象とは



事前準備

2019年10月、台風12号の大雨が原因でバックウォーター現象による氾濫が起こった多摩川（本流）、平瀬川（支流）を参考として情報収集。
多摩川、平瀬川の川幅や深さ、合流部の角度を国土地理院地図を用いて測定。

実験①

目的：

大雨時の河川のようなモデルを作成しバックウォーター現象による氾濫を確認する。

方法：

事前準備で測定した情報をもとに河川の概形を牛乳パックで制作。
支流と本流で色を区別できる、個数で評価できるなどの利点から水の代わりにBB弾を使用。
本流、支流、それぞれから同時にBB弾を流す。
支流と本流それぞれの傾斜を変えて、複数回実験を行う。



◀ 模型写真

考察：

机の一方を5cm上げ、支流は合流部から110cmのところを8.5cm上げた条件の時、支流が本流に流れ込めず、支流の上流部でBB弾が詰まってあふれた。

本流が流れ終わると詰まっていたBB弾が流れ始めたことから本流の流れによって支流が妨げられていたとわかる。

課題：

同条件（本流5cm、支流8.5cm）で実験を行ったところ、同様の結果が得られなかった。
あふれたBB弾の数が少なかったため、個数で評価できない。

BB弾では水位の上昇が再現できない。

→水を使用することに

実験②

目的：

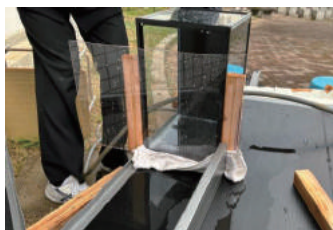
水を用いたときにバックウォーター現象を再現できるかどうか調べる。

方法：

本流は水位を上昇させるために水槽で水をためてから流す。

傾斜はBB弾を流すためにつけたものなので、水での実験ではほぼ傾斜無し。（実際の河川により近い）

支流はホースから直接流し続ける。



◀ 本流



◀ 全体像

結果・考察：

本流の水位が一時的に上昇した。支流から水と一緒に流した葉が合流部で本流に流れ込まずに支流を逆流したため、同様に水も支流を逆流していたと考えられる。

実験③

目的：

合流部に数種類の仕切りを設置した場合どれが減災に最も有効か調べる。

方法：

牛乳パックで仕切りを制作して合流部に設置する。

- 1, 長さ7cmの直線型で角度0度のもの
- 2, 長さ7cmの直線型で角度30度のもの
- 3, 長さ21cmの曲線型のもの



1



2



3

結果・考察：

1, 葉の逆流は無かった。本流からの水が仕切りに当たって水位が上昇し溢れた。

2, 葉の逆流は無かった。水位の上昇は小さく、溢れた量も少なかった。

3, 葉の逆流は無かった。水位の上昇が大きく、溢れた量も多かった。

以上より、仕切りを設置したときはすべて仕切りなしの場合より逆流時間が短くなった。

また、仕切り2のとき合流部からあふれた水の量をもっとも少なかった。

他の仕切りでは仕切りを設置したことによって水がより多く溢れる結果になった。

結論

バックウォーター現象を模型で再現することができた。合流部に仕切りを設置することで、仕切りの種類や設置の仕方によっては支流が本流に流れこみやすくなり、被害を減らすことができることがわかった。

今後の展望

本流の水の流し方の改善をすることで、合流部の水位上昇時間を増やし、よりバックウォーター現象の再現性が高い模型を製作する。

実験3の結果より、仕切りによって本流の氾濫が起こると考えられるため、本流で氾濫が起きないように仕切りを改善する。

試行回数を増やして一般性を確かめる。さらに仕切りを取り付ける以外にも合流部の角度を変更するなどの様々な工夫を試してみる。目的は、バックウォーター現象を防ぎ、氾濫を防ぐシステムをモデル化することである。

参考文献

- ・ 河川事業概要
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/gaiyou/panf/gaiyou2007/pdf/c2.pdf
- ・ 越水による河川堤防の壊れ方に関する考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/28/0/28_85/_pdf/-char/ja
- ・ 模擬河川堤防の決壊プロセスに与える堤体材料
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/75/2/75_1_949/_pdf/-char/ja
- ・ 幻冬舎ゴールドライフオンライン
<https://life.gentosha-go.com/articles/-/1107>
- ・ 2018年西日本豪雨における災害の発生要因の考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/aig/2019a/0/2019a_164/_article/-char/ja/
- ・ 国土地理院地図
<https://www.gsi.go.jp>



4 辺と面積がともに整数である円に内接する四角形

数学7班 小坂唯木 姉崎樹 渡邊絢太 小林奨真

要約

4 辺と面積がともに整数である円に内接する四角形のうち、各辺の長さが等差であるものは存在しない。
また、任意のこのような四角形を構成する方法がわかった。

目的

- 整数や有理数の問題を図形問題に帰着させる。
- ヘロンの三角形を四角形に拡張する。

定義

4 辺と面積がともに整数である円に内接する四角形をブラーマグプタの四角形とする。

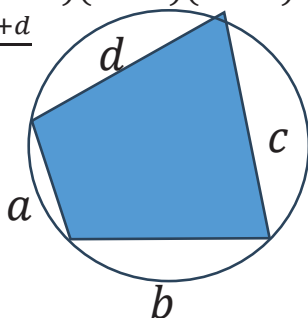
前提知識 1

[ブラーマグプタの公式]

円に内接する四角形の 4 辺の長さを a, b, c, d とおくと、面積 S は

$$S = \sqrt{(t-a)(t-b)(t-c)(t-d)}$$

ただし $t = \frac{a+b+c+d}{2}$



前提知識 2

[原始ピタゴラス数]

…ピタゴラス数のうち、3 つの数が互いに素であるもの

《性質》

$a^2 + b^2 = c^2$ をみたす原始ピタゴラス数 (a, b, c) で対称性より b を偶数とすれば

$$\begin{cases} a = m^2 - n^2 \\ b = 2mn \\ c = m^2 + n^2 \end{cases} \text{ と表せる.}$$

ただし、 $m > n > 0$ は整数、 m, n は互いに素、

m, n の偶奇は異なる。

前提知識 3

[無限降下法]

…自然数の集合には必ず最小値が存在することを利用した背理法。

条件 A を満たす任意の自然数 m に対し、 $m < n$ なる条件 A を満たす自然数 n が存在するとき、条件 A を満たす自然数の集合に最小値が存在しないことになるため矛盾する。

今後の展望

- ブラーマグプタの四角形を構成する方法で再度ブラーマグプタの四角形を見つめなおし、コンピュータ等を用いて他の性質について考察する。
- なぜこの証明方法が適用できたのかについて考察する。



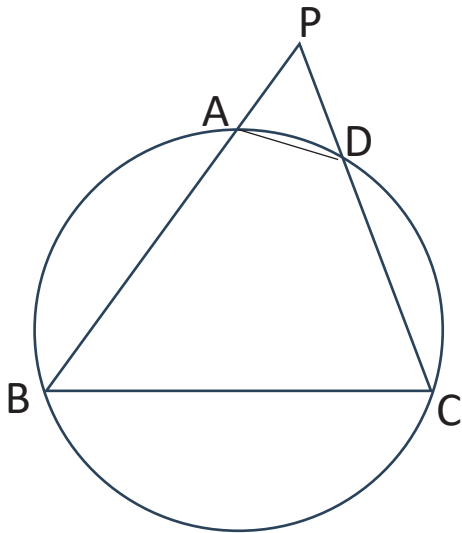
4 辺と面積がともに整数である円に内接する四角形

数学7班 小坂唯木 姉崎樹 渡邊絢太 小林奨真

4 辺が連続整数であるとき

[結論] 4 辺が連続整数となる
内接四角形は存在しない
[証明] 4 辺を $a-1, a, a+1, a+2$ とおく.
ブラーマグプタの公式より、
$$S = \sqrt{(a-1)a(a+1)(a+2)}$$
$$= \sqrt{(a^2+a-2)(a^2+a)}$$
$$= \sqrt{(a^2+a)^2 - 2(a^2+a)}$$
$$= \sqrt{(a^2+a-1)^2 - 1}$$
よって, S は自然数になりえない

ブラーマグプタの四角形の一般化



4 辺が等差数列をなすとき

[結論] 4 辺が等差な数となる
内接四角形は存在しない
[証明] 4 辺を $n-a, n, n+a, n+2a$
とおく.

$$S = \sqrt{(n-a)n(n+a)(n+2a)}$$
$$= \sqrt{(n^2+an)(n^2+an-2a^2)}$$

二数の最大公約数について考察する.
 $\gcd(n^2+an, n^2+an-2a^2)$
 $= \gcd(n^2+an, 2)$

n^2+an の偶奇で場合分けをする.

i) n^2+an が奇数の場合

* 無限降下法

→ 自然数の最小性に矛盾！！

ii) n^2+an が偶数の場合

* 判別式

→ n の整数条件に注目！！

左図で $\triangle PAD \sim \triangle PCB$ によって,
ブラーマグプタの四角形 $ABCD$ から,
各辺の長さ, 面積が有理数である
 $\triangle PAD$ を作成することができる.
このような三角形は一般化がなされて
いるので, ここから任意のブラーマ
グプタの四角形を構成できる.

参考文献

有名問題・定理から学ぶ数学 ヘロンの三角形

<https://wkmath.org/heron-f.html>

ウィキペディア 原始ピタゴラス数

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%A7%8B%E3%83%94%E3%82%BF%E3%82%B4%E3%83%A9%E3%82%B9%E6%95%B0>



協力が必要なタスクを解決するための Q学習を用いた独立AIの環境設定について



滋賀県立 膳所高校 2年9組 情報8班

大辻繁俊・坂井悠希子・田内智哉・田中志樹・原颯太郎・若林眞悟

1. 要約

Q学習を用いた初歩的なAIは仲間の行動を考慮することができないが、人間が環境の設定を適切に設定することで協力を必要とするタスクをクリアすることができるのではないかと考えた。実験の結果、味方プレイヤーの行動を考慮しない2つのエージェントに、環境設定や報酬設定によって協力が必要なタスクを効率的に解決させる例を示すことができた。

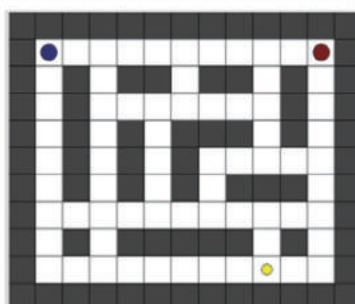
2. 動機・目的

AIのコミュニケーションに関する研究から、AI同士の協力について興味を持ち、研究を始めた。AI同士が協力したタスクの効率化に成功したことを示唆する研究があるが、多くはDQNという高度なAIが使われている。しかし、仲間の動きを考慮することができない単純なAI（Q学習）であっても環境設定を工夫することで協力が必要なタスクを解決することができるようにさせることができるのではないかと考えた。

3. 研究手法

環境 協力不可欠なタスク…追いつめマウス

(出典:Nintendo, Wii Party)



遅い

● プレイヤー 1 (AI)

● プレイヤー 2 (AI)

↓ 追いかける

速い

● マウス (×AI)

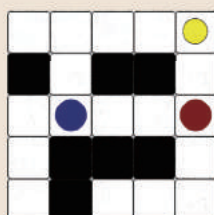
それぞれのプレイヤーは1ターンごとに
上下左右に1マス動く(1ステップ)

マウスを捕まえるor100ターン経過で
1ゲーム

少ないステップ数でクリアさせたい



それぞれのプレイヤーはQ学習で学習



人間目線



プレイヤー 2 目線

相手の動きを
考慮できない
↓
人間が適切に
環境を設定したら
協力が必要な
タスクをうまく
クリアできる？

4. 実験1

目的

Q学習のAIに追いつめマウスをプレイさせたらどのように行動するのかを調べる。

方法

ネズミがどちらかのプレイヤーとの距離が2マス以下となった場合、移動距離2マス以内でプレイヤーから逃げる仕様の下で1000ゲームのテストを行う。可視化した盤面の様子から、プレイヤーの動きを観察することに加え、1ゲームあたりでマウスを捕まえるためにかかったステップ数を調べ、完全にランダムで行動したときと比較する。報酬はマウスを捕まえると+5。

結果

平均ステップ数(1ゲームあたり) : 52.72回
ランダム行動時 : 98.65回

プレイヤー1と2が最短ルートでマウスを追いかけた。挟み撃ちの挙動によりマウスを捕まえることもあったが、2つのプレイヤーが同じマスに重なった後全く同じルートで移動することもあり約45%が100ステップ以内でクリアできなかった。

考察

相手の動きを考慮させるという
直接的な解決×

AIに仲間を障害物と認識させ、相手の上を通るルートを選択させないようにすればプレイヤーは挟み撃ちをするようになるのではないかな。



5. 実験2

目的

2つのプレイヤーが重なり同じ行動をとることが効率を低下させていた実験1を受け、相手を障害物と認識させる手法の有効性を調べる。

方法

お互いのプレイヤー同士を障害物と認識させ、同じマスに入れない設定にして実験1と同様に行う。

結果

平均ステップ数 : 16.67回

実験1から平均ステップ数が約7割も減少した。2人のプレイヤーが同一のルートでマウスを追うことがなくなり、挟み撃ち行動が促進され、全て100ステップ以内でマウスを捕まえた。

考察

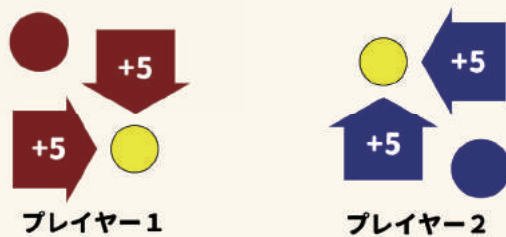
障害物として認識する手法はかなり有効だといえる。報酬設定など、他の環境設定を変更することでさらに効率よくクリアさせることができるようになるのではないかな。

6. 実験3-1

目的

報酬設定を変更することによりプレイヤーがマウスを追いかける方向が変化して役割分担が生じるか、役割分担によりゲームの結果が向上するのか調べる。

方法



マウスを捕まえる報酬を、プレイヤー1は左方向と上方向から捕まえた場合のみ5点、プレイヤー2は右方向と下方向から捕まえた場合のみ5点与える仕様に変更。

結果

平均ステップ数：20.50回

実験2と比べやや劣る結果となった。また、1000ゲーム中100ステップ以内でマウスが捕まらなかった回が72ゲームある。

考察

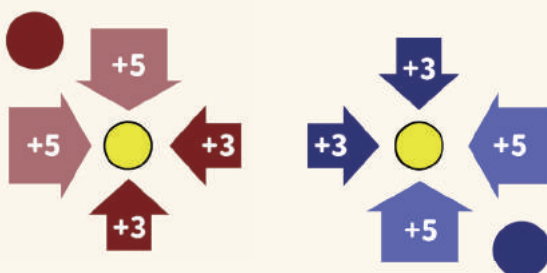
完全に方向によって役割を分担してしまったため、報酬が得られない方向にマウスがいる場合、プレイヤーはマウスを捕まえることができなかった。報酬の与え方にさらなる改良が必要。

7. 実験3-2

目的

報酬の与え方を変更し、その効果を調べる。

方法



プレイヤー1

左方向・下方向: 5点
右方向・上方向: 3点

プレイヤー2

右方向・上方向: 5点
左方向・下方向: 3点

それぞれのプレイヤーの担当する方向以外からネズミを捕まえた場合にも、担当する方向から捕まえた場合より少ない報酬を与えることで、マウスの捕獲の促進を図る。

結果

平均ステップ数：16.10回（全て100ステップ以内）

考察

今までで一番平均ステップ数が少なく、かなり効率よくクリアできるようになった。5点と3点という報酬の組み合わせが1番いいのかについては追加で実験を行って検討する必要がある。

8. 参考値測定

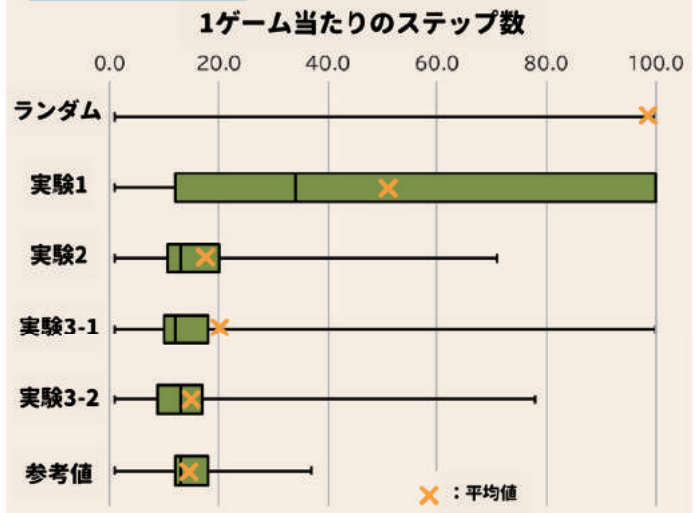
概要

Q学習を用いたAIがこの追いつめマウスをクリアするのに必要な最短手数を測定し、その値と各実験のステップ数と比較することによって行った実験で用いた手法の有効性を確かめる。

結果

平均ステップ数：15.28回（全て100ステップ以内）

9. 結果のまとめ



考察

仲間を障害物として認識させる手法と、役割分担を反映させた報酬設定によって、ただ協力が必要なタスクをクリアさせるだけでなく、大幅に効率化することに成功した。有意水準1%でのt検定より実験2と参考値、実験3-1と参考値は同じ傾向にあるとは言えないが、実験3-2と参考値は同じ傾向にあると判断できることから、実験3-2は行った工夫の中で最も有用であると考えられる。しかし実験3-2と参考値を比較すると、平均ステップ数はほぼ同じだが、最大ステップ数は参考値よりも約40大きいので、まだ改良すべき点があると考えられる。

10. 結論

味方プレイヤーの行動を考慮しない独立したエージェントに協力が必要なタスクを効率的に解決することができる例を示すことができた。

11. 今後の展望

- 協力を促す他の環境の改善点を探す
- 他の環境で応用する

12. 参考文献・謝辞

- 空間情報クラブ、三目並べで学ぶ強化学習 | Q学習と実装例を解説(1), <https://club.informatix.co.jp/?p=2009>, 2023/12/19
- 平山悠(膳所高校)他 2022年, A Study in the Effects of Communication between AI
- Wii Party 追いつめマウス (Chasing mouse) IOHD0002 <https://youtu.be/oYWawAZ-1AY?si=irm8RobKkXrvY2cr>

本研究を進めるにあたり多大なご助言を賜った龍谷大学先端理工学部教授大西俊弘先生、京都大学大学院情報学研究所教授伊藤孝行先生に深謝致します。

発表ポスター集（英語）

The Relationship between Metal Ions in Aqueous Solution and Survival Time of Planaria



Zeze High School , Biology

Tomoki Okui , Ryota Kataoka , Hirotaka Kondo,
Mizuki Hayashi, Saki Miyamoto

SUMMARY

When planaria was added to three types of sodium chloride aqueous solution, potassium chloride aqueous solution, and calcium chloride aqueous solution, the survival time became shorter as the molar concentration increased, and for each aqueous solution, the sodium aqueous solution was the most viable, and the potassium aqueous solution had a short survival time. Analysis based on the characteristics of each metal ion suggests that the survival time is related to the ease of uptake of ions into the body

PURPOSE • HYPOTHESIS

- Flatworm; planaria is included
→gains nutrition by diffusion
- Previous study;
When planaria died, they lost sodium ions.

↳ Diffusion has an apparent effect
→Substances of breeding liquid or its molarity influence planaria.

We've researched about the effect of metal ions on planaria

PREPARATION

Planaria we used :
Platyhelminthes, Rhabditophora,
Tricladida, Dugesidae,
Girarda tigrina



EXPERIMENT



How metal ions and molarity of solution influence on planaria.

◆ Type of solute

- Sodium Chloride (NaCl)
- Potassium Chloride (KCl)
- Calcium Chloride (CaCl₂)

• Easy to treat
• Relate to support life

◆ Type of molarity

0.05 , 0.10 , 0.15 , 0.20 [mol/L]

《Method》

- ① Measure aqueous solution 6ml with pipette and put into a small petri dish containing one planaria.
 - ② Observe it. When it stop their move, judge it by "death judging".
 - ③ When it die or pass two hours, the observation finish.
- * Experiment 4 planarias each aqueous solution

《Definition》

Dead	Alive
Poking planaria with glass rod 3 times	Planaria keep moving for 2 hours. (can't judge dead)
↓ No Reaction	
Irradiating it with UV rays	
↓ No Reaction	

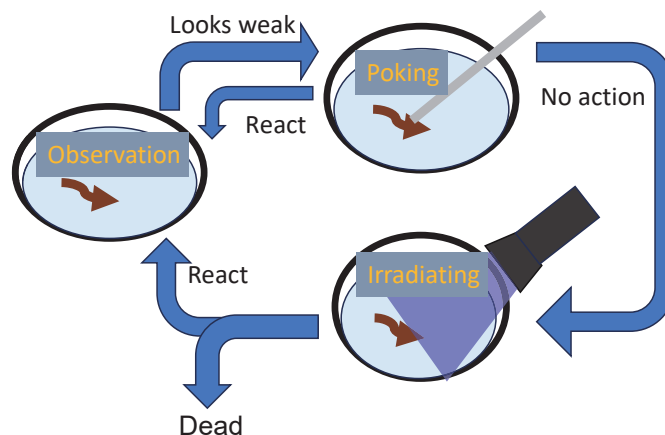
* Why use UV rays:

Planaria avoids light especially UV.

Don't show avoid act under the UV rays

⇒Planaria become weak.

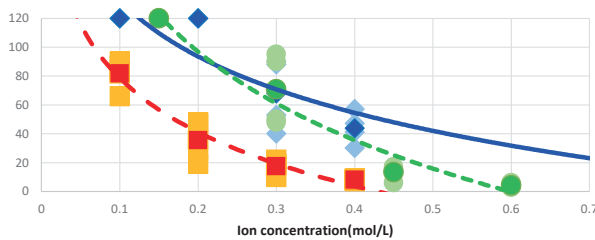
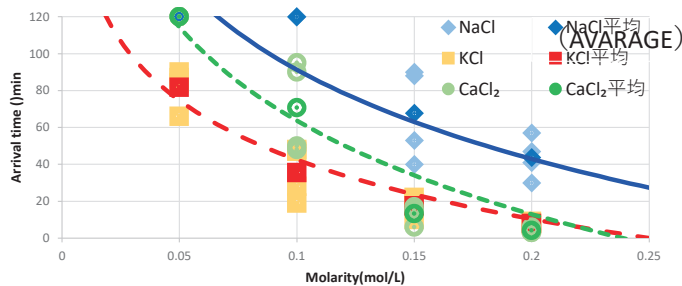
(We use blacklights which wavelengths is 365 nm.)



RESULT

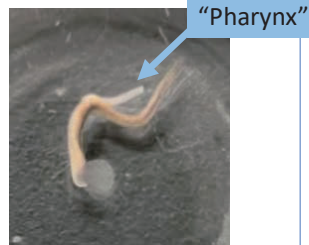
mol/L	NaCl aq	KCl aq	CaCl ₂ aq
0.05	All Alive	81.75	All Alive
0.10	All Alive	35.5	62.7
0.15	67.75	19.8	12.7
0.20	43.75	8.0	4.25

* The numbers are average of 4.



《visual discoveries》

- In CaCl₂ aq, planaria twisted its body.
- In KCl aq, it shrank itself.
- In high concentration of NaCl aq and KCl aq, its body part which is similar to our throat..



CONSIDERATIONS

- Planaria
→affected by changes in the type of metal ions in the aqueous solution and their concentration.
- the stretching of the pharynx
→observed in planaria in aqueous solutions at high concentrations
→ the pharynx is used to regulate the body when faced with excessive environmental changes ?
- the elongation of the pharynx can be a sign that you are in a critical situation.

- The survival time of NaCl and CaCl₂
→almost the same
→Na⁺ and Ca²⁺ are considered to have no significant effect on growth.
KCl had a clearly shorter survival time
→K⁺ = the function of causing the loss of important substances in individual planaria ?
- Calcium affects muscle relaxation.
→acts on muscle cells on the pharynx
→make weak the ability to stretch and maintain muscles.
- In the potassium aqueous solution
→the survival time was shorter than that of the other two aqueous solutions even at low molar concentrations,
→potassium ions were easily absorbed into the body.
- →Compared to sodium ions, it is thought that the size is larger, easier to flow and penetrate into the body.



when planaria is originally put into an aqueous solution of metal ions,
→pharynx stretching is observed
→a marker that planaria in the critical situation
→The survival time in the calcium solution
→ longer than in the potassium solution (can observe pharynx stretching)
➡concluded that pharyngeal elongation does not directly affect survival time

FUTURE TASKS

- Search reason why the body showed twisting movements only CaCl₂ aq.
- Increase the number of experiments to obtain more accurate experimental results.

REFERENCES

- プラナリアに対する紫外線の致死効果-2-
プラナリア個体からのNaの損失
大阪府立公衆衛生研究所研究報告. 公衆衛生編 / 大阪府立公衆衛生研究所 編 (10),大阪府立公衆衛生研究所
- プラナリアに対する紫外線の致死効果
掲載誌 大阪府立公衆衛生研究所研究報告. 環境衛生編 大阪府立公衆衛生研究所 編



The Effect of Keratin on Fuel Cells

Yuki Kato Honoka Tsuji Yuki Higashiyama Hina Wakinoue

Introduction

Currently, phosphoric acid solution and alkali aqueous solution are mainly used as electrolytes in fuel cells. Therefore, when we learned about a fuel cell using keratin, which is routinely discarded, as an electrolyte, we decided to investigate further. Experimental results showed that the use of keratin had the effect of sustaining the fuel cell. The keratin was found to be effective both when used for charging and when used for discharging, and the white solid derived from keratin was found to have an effect when charging.

Experiment 1

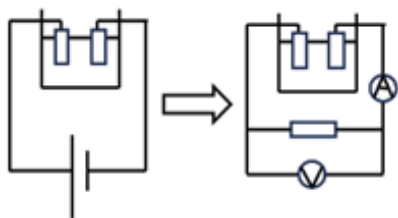
Purpose : A fuel cell using keratin as an electrolyte and a fuel cell using K_2SO_4 as an electrolyte will be created, and the results will be compared to confirm performance.

Method :

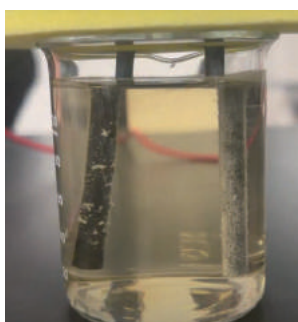
① We electrolyze the solution.

Electrolyte : keratin + K_2SO_4
 K_2SO_4

② After that, the circuit is reconnected and the voltage, current and number of seconds in which the propeller rotates are measured.
(As shown in Figure 1)



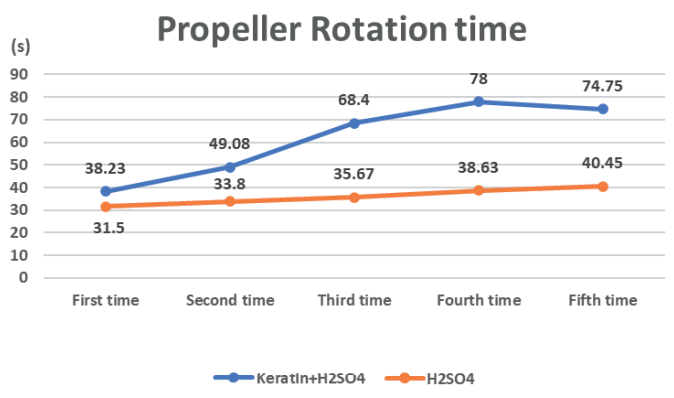
▲Figure 1



▲Picture 1

Result : The keratin-based fuel cell rotated the propeller for about 20 seconds.

Also, during the electrolysis of an aqueous solution containing keratin, a white solid was generated from the anode.



Consideration :

Keratin makes fuel cells last longer. Also, the white solid generated at the anode is keratin or a keratin-derived peptide. Since the oxygen generated at the anode was kept on the carbon rod by the white solid, oxygen could be used for a long time, and the propeller rotated for a long time.

Experiment 2

Purpose : Identification of white solids

Method : An aqueous solution is electrolyzed using an H-shaped tube to collect a white solid.

↓
Confirm the presence or absence of protein by xanthoprotein reaction and biuret reaction

Result • Consideration :

There was a reaction to both

The solid is likely to be keratin or a peptide consisting of three or more amino acids in which keratin is broken down



▲Picture 2

Experiment3

Purpose : Since it was found that keratin contributes to an increase in the rotation time of the propeller in a fuel cell, it is clarified whether it acts during storage or discharge.

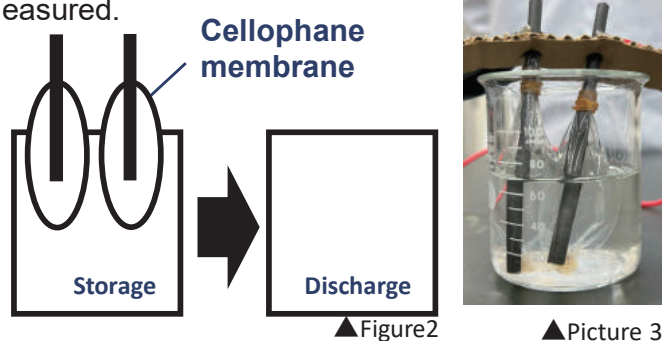
Method :

Separate the electrodes with a cellophane film and prepare an experimental apparatus as shown in Fig. 2

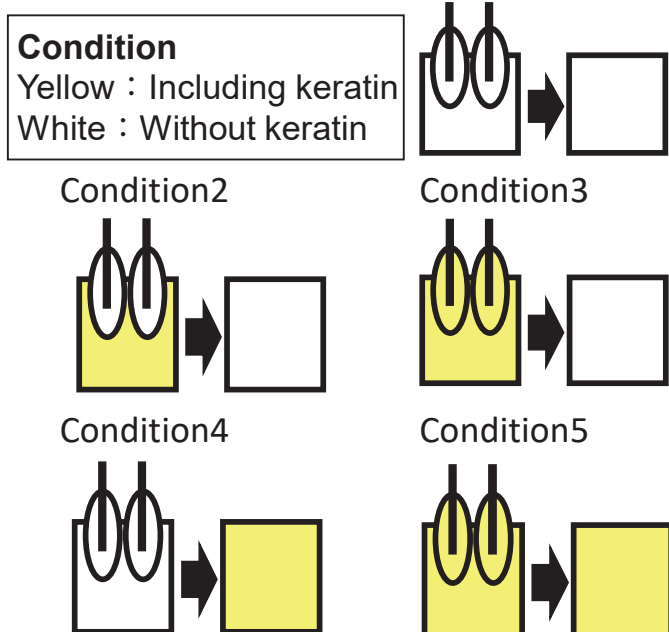
①The carbon rod is placed in a beaker containing an aqueous solution for energy storage, and electrolysis is performed for 3 minutes.

②The carbon rod is transferred to a beaker for discharge and the circuit is connected to act as a battery.

At this time, the rotation time of the propeller is measured.



The conditions are as follows
Try 5 times each



Result :

Average of propeller rotation time (s)

Condition1	3.24	※ For condition 3, when the experiment was re-tested due to the inadequacy of the experimental equipment, 11.58s was recorded
Condition2	3.96	
Condition3	5.08	
Condition4	5.29	
Condition5	5.38	

Consideration:

■ The rotation time of the propeller in conditions 3, 4, and 5 is longer than in conditions 1 and 2.

→Generates a white solid during charging, contributing to an increase in the rotation time of the propeller

→ There is also a positive effect on the increase in the rotation time of the propeller during discharging

↳It may promote some kind of response

Re-experiment condition 3

→ It has only been a short time since the wool was hydrolyzed

→ White solids might be easily generated.

Conclusion

- It is possible to fabricate a fuel cell using keratin
- The generation of a white solid during charging has a positive effect on the increase in the rotation time of the propeller
- There is also a positive effect on the increase in the rotation time of the propeller during discharging
- ↳It may promote some kind of response

Future Research

- Unravel how keratin works during discharge

References

燃料電池を使って発電しよう！

https://www.kepco.co.jp/brand/for_kids/ecolabo/01.html

矢野太一、松尾康光 2016年

バイオポリマー“ケラチン”を電解質とした燃料電池のプロトン輸送

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.2/0/71.2_1248/_pdf

宮本武明 1980年

羊毛ケラチンの分解とその利用

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kobunshi1952/29/9/29_9_694/_pdf

About the relationship between paper drying time and wrinkle height



Chemistry Group 3
Reo Ishimitsu Naoki Komatsu Yumi So Junsei Matano Mana Narita

Summary

We hypothesized a relationship between the ease of paper wrinkling and drying time, prompting us to conduct experiments comparing wrinkle height at various drying times. Our findings revealed an inverse correlation – longer drying times corresponded to lower wrinkle heights, whereas shorter drying times were associated with higher wrinkle heights.

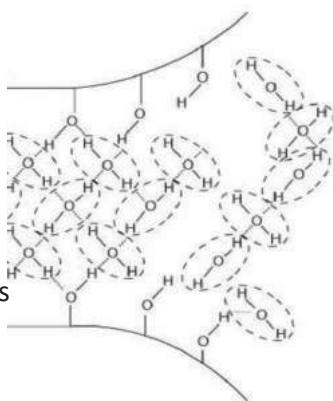
Introduction

① Water Drop:

Water molecules permeate the hydrogen bonds between cellulose molecules.

② Drying:

As water molecules are extracted, cellulose molecules re-establish connections through hydrogen bonds, causing a shift from their original bonding arrangement.

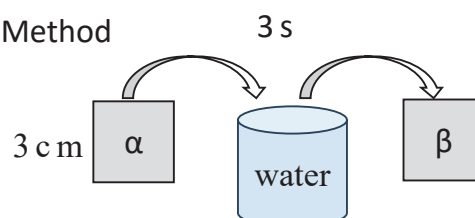


Experiment 1

(1) Purpose

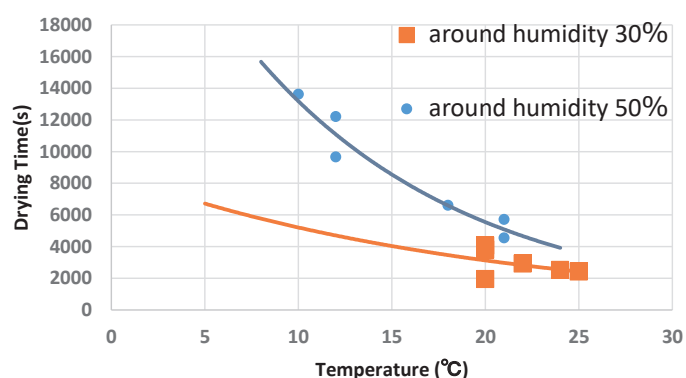
Examine factors that change drying time.

(2) Method

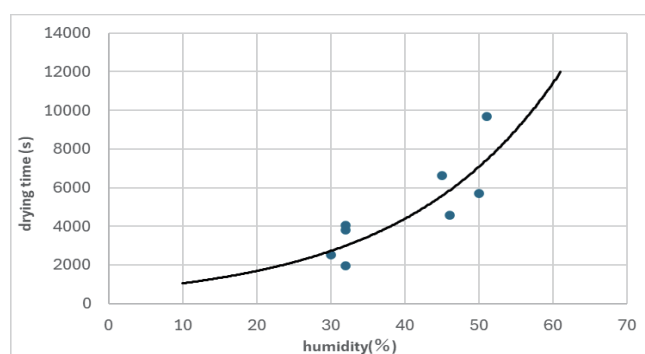


Result 1

Graph [1] Relationship between temperature and drying time

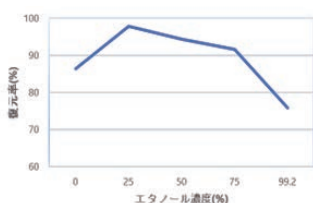


Graph[2] Relationship between humidity and drying time (around 20°C)



Previous research

When pressure-drying wrinkled paper with drops of ethanol at various concentrations, we compared the restoration rates and observed differences among them. The graph indicates that the restoration rate is highest at a concentration of 25%.



※Definition of restoration rate[%]
= $\{(b - c) / (b - a)\} \times 100$

a: The height of a set of pieces of paper strips in their original condition

b: The height of one set of a pieces of paper strips in a wrinkled condition

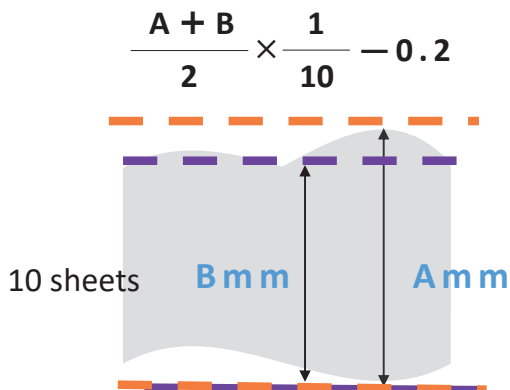
c: The height of a piece of paper strips after pressurization

Experiment 1

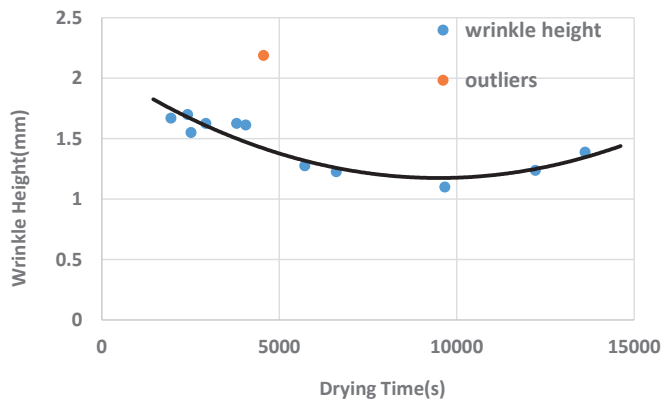
Purpose:

Examine the relationships between paper drying time and wrinkle height.

Wrinkle height measurement



Result 2



References

・紙のしわを直すためのエタノールの至適濃度2020
膳所高校課題研究班
・濡れた紙がしわしわになるのはなぜ
2019QuizKnock
<https://web.quizknock.com/kamishiwa>
・温度と湿度の基本
<https://www.apiste.co.jp/contents/precision-air-conditioning-navi/library/humidity-about/>

Discussion

Graph [3] indicates that wrinkle height decreases with increasing drying time, while excessive drying time leads to an increase in wrinkle height. However, due to insufficient data, a definitive correlation cannot be established. Utilizing the data from this experiment, we also constructed graphs to illustrate the 'relationship between temperature and wrinkle height' and the 'relationship between humidity and wrinkle height.' In both cases, a correlation was observed. Consequently, it is challenging to ascertain whether drying time alone influenced the paper's wrinkle height. Other factors, such as the environmental conditions during the drying process with varying temperature and humidity, may have contributed to determining the paper's wrinkle height.

Conclusion

Wrinkle height decreases with extended drying time and increases when the drying time is excessive.

Future prospects

- Obtain a greater amount of accurate data by meeting the specified conditions.
- Investigate whether changes occur based on paper size and type.
- Examine the relationship between ethanol concentration and evaporation time to ensure consistency with conclusions from previous studies and the current.

・イトウさんのちょっとためになる農業情報第22回「湿度と温度」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive22/>
・イトウさんのちょっとためになる農業情報第23回「飽和水蒸気圧」
<https://www.agri-note.jp/2018/06/fb-archive23/>
・ぬれた物のかわき方 Part 3 —蒸発と気化熱—
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/041007.pdf>

Relations between icicles and inflow/concentration due to brinicle phenomenon



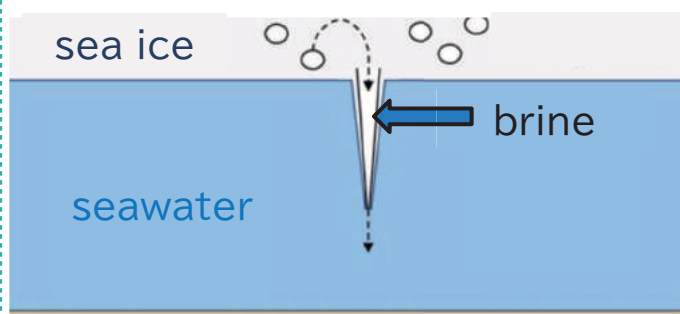
Riu Kikuchi Kentaro Nasu Tomoyuki Maruoka Yugo Yasui Junya Yamaji

Summary

We were impressed by brinicle phenomenon on TV and thought about how to reproduce it. We practiced experiments based on the idea that there is a relationship between brine concentration / inflow velocity and the formation of icicles and found that icicles are formed when the brine concentration and inflow velocity are within a certain range.

About brinicle phenomenon

The brinicle phenomenon refers to the formation of icicles in the sea. Brine produced during the formation of sea ice flows into the sea, and the brine cools the seawater. And the seawater is below to its freezing point, an icicle is formed.



Testón-Martínez et al, The Cryosphere (2023)
<https://doi.org/10.5194/tc-2023-100>

Experiment ①

Purpose:

To test whether there is a relationship between brine concentration / inflow velocity and the formation of icicles.

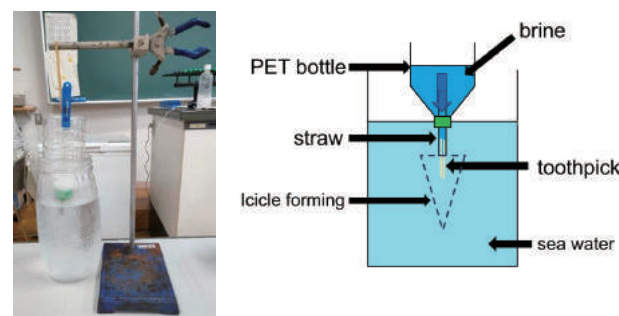
Method:

1. Cool seawater (concentration 3.40 wt%) and brine to their respective freezing points.
1. Pour seawater into the prepared container and set up the equipment in the freezer.
2. Pour seawater and brine into the equipment and leave it in the freezer for 15 minutes.
3. Check to see whether icicles were formed.

Conditions:

- Keep the brine inflow velocity constant and vary the brine concentration. *1
- Keep the brine concentration constant and vary the brine inflow velocity. *2

Experimental equipment:



Results:

*1 result

wt%	10.0	15.0	20.0	26.5
Icicle forming	×	○	○	×

It was formed when the brine was 15 wt% and 20 wt%.

*2 result

Inflow velocity (mL/s)	0.51	0.90	1.07	1.67
Icicle forming	×	○	○	×

It was formed when inflow velocity is 0.9 mL/s and 1.07 mL/s.

Considerations:

When the brine inflow velocity and brine concentration are within a certain range, icicles are formed.

Experiment②

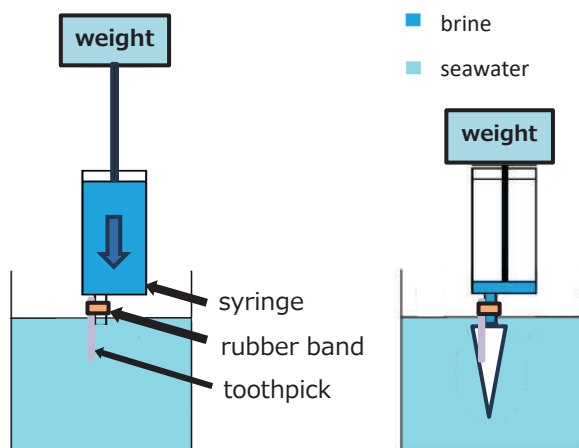
Purpose:

We verify the detailed range of conditions which icicles are formed.

Method:

1. Prepare seawater (3.40 wt%) and brine (10.0, 15.0, 20.0 wt%)
2. Each liquids cooled to near freezing point
3. Pour seawater into a container and place the equipment inside a freezer
4. Pour brine into seawater and leave it in the freezer for 15 minutes
5. Check whether icicles are formed

Experimental equipment:



Results

10.0 wt%

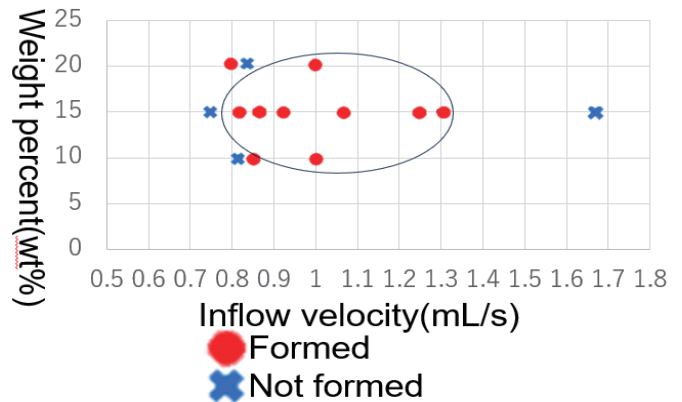
Inflow velocity (mL/s)	0.82	0.85	1.00
Icicle forming	×	○	○

15.0 wt%

Inflow velocity (mL/s)	0.75	0.82	0.87	0.92
Icicle forming	×	○	○	○
	1.07	1.25	1.30	1.67
	○	○	○	×

20.0 wt%

Inflow velocity (mL/s)	0.80	0.84	1.00
Icicle forming	○	×	○



Considerations

At 20.0 wt% and 0.84 mL/s, no icicle was formed. We believe this is because the temperatures of the seawater and brine were not cooled to freezing point.

Based on previous research and graphs, we believe that above 9.0 wt%, there is a certain range where icicles are formed regardless of the inflow velocity.

Conclusion

We thought conditions for the formation of icicles are that brine concentration and brine inflow velocity are within a certain range which the graphs show.

Future prospects

- Improve the equipment to ensure a steady flow of water.
- Increase the number of experiments to obtain more data.
- The range of inflows and concentrations that help form an icicle have to be more accurately verified.
- Notice whether an icicle is formed by math.
- Research about unknown icicle conditions of

References

1. 「海棲生物たちを襲う『死のつらら』、触れるものを一瞬に凍らせる驚異の自然現象『Brinicle』(南極)
<https://karapaia.com/archives/52050749.html>
2. 北聖大, 桐畑嵩哉, 瀬尾亜夢瑠, 中村時夫, 2018年, 本校理数科課題研究
「ブライニクルの発生条件」
3. Sergio Testón-Martínez, Laura M. Barge, Jan Eichler, C. Ignacio Sainz-Díaz, Julyan H. E. Cartwright, The Cryosphere (2023)
<https://doi.org/10.5194/tc-2023-100>
4. 流水(海氷)がもたらす恵み 2011年4月13日 生物産業学部
アクアバイオ学科 准教授 西野 康人
<https://www.nodai.ac.jp/research/teacher-column/0263/>

Research of The Rolling Motion of Container Filled with Liquid

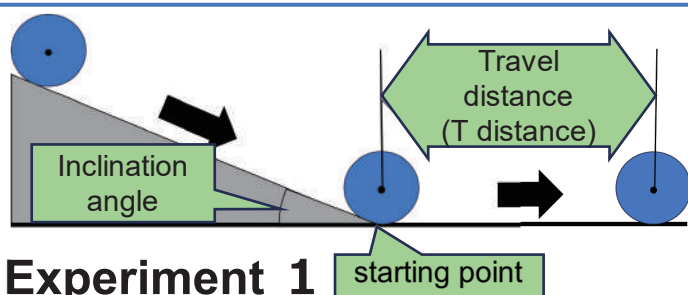


Fukuda Ryoma Takama Kazuha Minami Daiki
Yamakawa Kotaro Watanabe Yuma

Introduction

We were interested in how a container filled with liquid rolled on a level floor. Previous studies had shown that there is some relationship between the viscosity of the liquid and the distance the container travels as it rolls. Therefore, we decided to investigate the relationship between the viscosity of the liquid and the rolling motion of the container, focusing on the distance the container travels as it rolls.

Definition



Experiment 1

[Purpose]

To determine what the relationship is between viscosity and changes in travel distance when there are large differences in viscosity by examining and comparing the travel distance of containers filled with liquid in cases of widely differing viscosities.

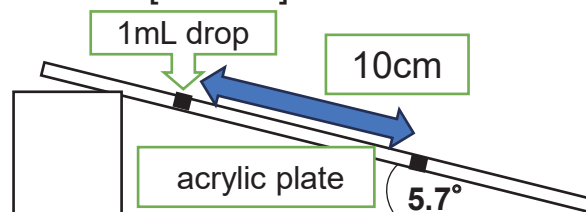
[Method]

- Examine the travel distance of three types of container filled with liquid: ethanol, water, and glycerin.
Unifying conditions: Inclination angle, starting position of the roll, volume, container
- Define "viscosity" of each liquid.
- Compare the viscosity and travel distance of the three types of liquids and

find the relationship between the difference in viscosity and the change in travel distance.

Definition of viscosity

1mL of liquid is dropped onto the slope of an acrylic plate (Inclination angle 5.7°) and allowed to flow 10cm. The time taken for the liquid to flow is defined as the "viscosity" of the liquid. The unit is [second].

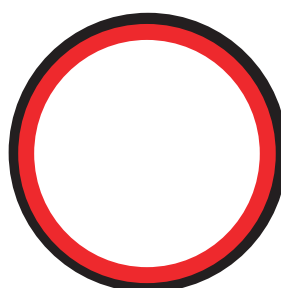


[Result]

Liquid	Viscosity [s]	Travel Distance [cm]
Ethanol	3.73	180.2
Water	10.52	165.4
Glycerin	373.13	91.31

[Discussion]

- The greater the viscosity, the shorter the travel distance.
- When the container containing glycerin rolled, the liquid showed a unique behavior.



Glycerin sticks to the inner wall until just before stopping
⇒ Does this affect the travel distance
influence the travel distance...?

Experiment 2

【Purpose】

To investigate the relationship between the rotational motion and viscosity of a container containing glycerin, which is very viscous compared to other liquids.

(1) Increase or decrease of travel distance due to viscosity

【Method】

The forward rolling distance of containers filled with two different liquids, glycerin and ethanol, was examined. The inclination angle was set at 14° and the rolling was made from the same point so that the mechanical energy was equal.

【Results】 (Numbers are travel distances.)

The higher the viscosity, the shorter the travel distance. ⇒ More energy is consumed

				1	2	3	4
glycerin(cm)				127	118	136	125
ethanol(cm)				380	376	359	371
5	6	7	8	9	10	AVG	
133	127	131	136	137	137	129.8	
371	373	372	372	370	364	370.8	

(2) Change in container behavior due to viscosity

【Method】

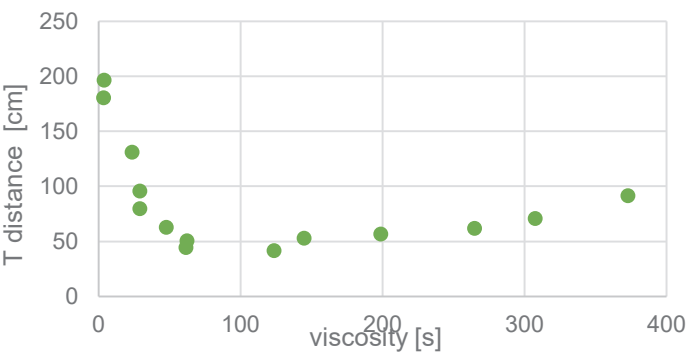
- 1) Prepare 180 mL of a mixture of ethanol and glycerin, and roll it down a slope.
- 2) Observe the rolling behavior and compare it with that of glycerin. Observe how it rolls and compare it to the glycerin.
- 3) Change the mixing ratio and repeat the process.
- 4) Examine the viscosity of the mixture and compare it to that of glycerin. See if the viscosity of the mixture shows the same behavior as ethanol or water.

【Results】

Until the viscosity reached 62.46 seconds, the mileage decreased with increasing viscosity. Once viscosity exceeded 123.6 seconds, the mileage began to increase with increasing viscosity.

Viscosity [s]		3.73	4.18	10.48	23.96
T distance [cm]		180.2	196.3	165.4	130.6
29.1	29.2	47.9	61.85	62.46	123.6
79.5	95.3	62.8	44.3	50.5	41.3
144.7	199.0	265.0	307.5	372.9	
52.5	56.3	61.6	70.6	91.31	

The scatterplot of the obtained table is shown below. (The above is the correct relationship between increasing and decreasing distance traveled as a result of a one-tailed test at 99%.)



【Discussion】

- After 123.6 seconds of viscosity, the distance traveled began to increase.
- ⇒The viscosity increased and the liquid began to adhere to the inner wall.
- ⇒This is similar to the behavior when a container is filled with liquid.
- ⇒The larger the viscosity, the longer the time for the liquid to adhere to the inner wall.
- When comparing the moment of inertia around the center of the bottom of the container, the moment of inertia is smaller when the container is attached to the inner wall than when it is normal.
- ⇒The container is more likely to rotate when it is attached to the inner wall.

【Future Prospects】

- Clarify the specific value of viscosity at which the increase or decrease in travel distance changes.
- Investigate what happens to the point of change in the increase or decrease in travel distance when the angle of inclination is changed.
- Confirm that there is a limit to the viscosity at which the travel distance increases.
- Conduct experiments while changing the initial speed to identify the range of viscosity at which the liquid adheres to the inner walls of the container.

【References】

The 39th National High School Comprehensive Culture Festival
Ikeda Gakuen Ikeda High School Science Team (5)
Why do polyethylene bottles falling down a slope have opposite directions?
Physics] "Fundamentals of Physics Calculation
"Fundamentals of Calculation of Moment of Inertia"
(study-satellite.com)
Accessed January 19, 2024.

Modeling of Backwater Phenomena and Disaster Mitigation Between The Tama River and The Hirase River



Junnsei Ajiki

Miku Kakizoe

Kaho Taniguchi

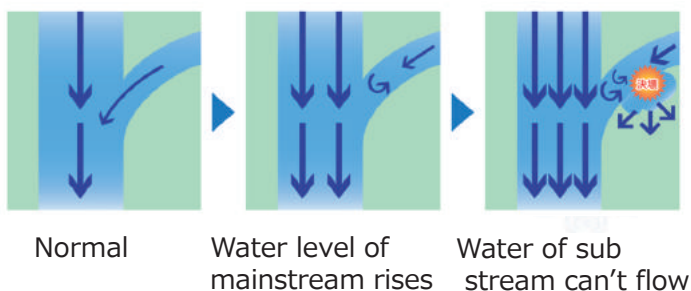
Yukino Miura

Utaha Yamada

Introduction

In recent years, localized heavy rains have caused flooding in many places. One of the causes of this is the backwater phenomenon. We built a model that reproduces the backwater phenomenon and researched ways to reduce the damage.

Backwater Phenomenon



Advance Preparations

The width, depth, and confluence angles of the Tama and Hirase rivers were measured using a map of the Geospatial Survey Institute of Japan. The outline of the river is made from milk cartons.

Experiment①

Purpose:

Check the model to see if flooding occurs because of the backwater phenomenon.

Method:

Based on the information measured in the advance preparation, the outline of the river is created with milk cartons.

BB bullets are used instead of water because of the advantages of being able to distinguish the color between sub stream and the mainstream, and being able to evaluate by the number. Flow BB bullets from the mainstream and sub stream at the same time. The slope of them is changed, and experiment.



◀ Model

Result & Consideration:

When one side of the table was raised by 5 cm and the sub stream was raised 8.5 cm from 110 cm from the confluence, the sub stream could not flow into the mainstream, and the BB bullet jammed and overflowed in the upper reaches of sub stream.

When the mainstream ended, BB bullets began to flow, indicating that sub stream was blocked by the flow of the mainstream.

Problem:

Experiment under the same conditions again, we can't get the same result.

The number of BB bullets overflowing was small, so it cannot be evaluated by the number of bullets.

BB bullets cannot reproduce the rise in water level.

→ **Stop BB bullets and use water**

Experiment②

Purpose :

Investigate whether it is possible to reproduce the backwater phenomenon when using water.

Method :

In the mainstream, water is stored in a tank to raise the water level.

There is almost no slope in the experiment with water.

The sub stream continues to flow directly from the hose.



◀ Mainstream



◀ Model with water

Result & Consideration:

The water level in the mainstream temporarily increased.

The leaves that run with the water from the sub stream did not run into the mainstream at the confluence, and runed back through the sub stream, so that the water also flowed back through it.

Experiment③

Purpose:

Prepare three types of partitions and add it at the conference, find which one is most effective for disaster mitigation.

Method:

Make a partition of a milk carton and put it at the confluence.

- 1, 7cm long, straight and parallel to tributaries
- 2, 7cm long, straight
Angle of 30 degrees with sub stream
- 3, Curved with a length of 21 cm



1



2



3

Result & Consideration:

1. The leaves did not regurgitate.

The water from the mainstream hit the partition, causing the water level to rise and overflow.

2. The leaves did not regurgitate.

The rise in water level was small, and the overflow was small.

3. The leaves did not regurgitate. The water level rose significantly, and the overflow was large.

From the above, when all partitions were added, the backflow time was shorter than when there were no partitions.

In addition, the amount of water overflowing from the confluence was the lowest at partition 2. In other partitions, the installation of partitions resulted in more water overflowing.

Conclusion

We were able to reproduce the backwater phenomenon with a model. In addition, it was found that by placing a partition at the confluence that makes it easier for tributaries to flow in, it is possible to reduce the damage caused by the backwater phenomenon.

Future Research

By improving the way water flows in the mainstream, we will increase the time it takes for the water level to rise at the confluence , and produce a model with a higher reproducibility of the backwater phenomenon.

Further, from the results of Experiment 3, it is considered that flooding of the mainstream occurs due to the partition, so the partition is improved so that flooding does not occur in the mainstream. Then, increase the number of trials.

In addition to attaching partitions, try various devices such as changing the angle of the confluence.

The aim is to model that prevents backwater phenomena and prevents flooding.

References

- ・ 河川事業概要
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/gaiyou/panf/gaiyou2007/pdf/c2.pdf
- ・ 越水による河川堤防の壊れ方に関する考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/river/28/0/28_85/_pdf/-char/ja
- ・ 模擬河川堤防の決壊プロセスに与える堤体材料
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejhe/75/2/75_1_949/_pdf/-char/ja
- ・ 幻冬舎ゴールドライフオンライン
<https://life.gentosha-go.com/articles/-/1107>
- ・ 2018年西日本豪雨における災害の発生要因の考察
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ajg/2019a/0/2019a_164/_article/-char/ja/
- ・ 国土地理院地図
<https://www.gsi.go.jp>



A quadrangle with side lengths and area that are integers and inscribed in a circle

Mathematics Group 7

Kosaka Yuiki Anezaki Itsuki Kobayashi Shoma Watanabe Ayata

Summary

There is no quadrangle inscribed in a circle whose four sides and area are both integers with a constant difference in length between the four sides. We also know how to construct any such quadrangle.

Objective

- Attribute integer and rational number problems to graphic problems
- Extend Heron's triangle to quadrangles

Definition

A quadrangle with side lengths and areas that are integers and inscribed in a circle is defined as a **Brahmagupta quadrangle**.

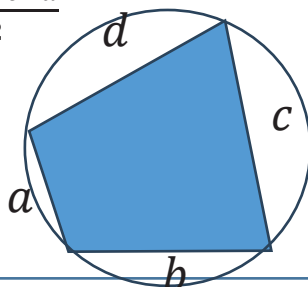
Prerequisite Knowledge 1

[Brahmagupta's formula]

If the lengths of the sides of the rectangle inscribed in the circle are a, b, c, d , the area of square S is expressed as

$$S = \sqrt{(t-a)(t-b)(t-c)(t-d)}$$

However, $t = \frac{a+b+c+d}{2}$



Prerequisite Knowledge 2

[primitive Pythagorean numbers]

...Pythagorean numbers in which three of the numbers are coprime. 《property》

Primitive Pythagorean numbers satisfy

$$a^2 + b^2 = c^2$$

from symmetry of (a, b, c)

If b is an even number, then

$$\begin{cases} a = m^2 - n^2 \\ b = 2mn \\ c = m^2 + n^2 \end{cases}$$

However, $m > n > 0$ are integer. m, n are prime to each other

The even-oddness of m, n is different.

Prerequisite Knowledge 3

[Discriminant]

...A back-order method using the fact that there is always a minimum in the set of natural numbers. For any natural number m satisfying condition A, if there exists a natural number n satisfying condition A such that $m < n$, then there is a contradiction because there is no minimum value in the set satisfying condition A.

Future Prospects

- Re-examine the Brahmagupta quadrilateral in the way of constructing it, and discuss other properties of the quadrilateral using computers and other means.
- We will discuss why this method of proof is applicable.

When the lengths of the four sides are four consecutive integers

[conclusion] There is no inscribed quadrangle whose four sides are consecutive integers.

[proof] Set the four sides as $a-1, a, a+1, a+2$.

From Brahmagupta's formula

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{(a-1)a(a+1)(a+2)} \\ &= \sqrt{(a^2+a-2)(a^2+a)} \\ &= \sqrt{(a^2+a)^2 - 2(a^2+a)} \\ &= \sqrt{(a^2+a-1)^2 - 1} \end{aligned}$$

Therefore, S is not a natural number.

When the lengths of the four sides form an equi-difference sequence

[conclusion] There is no inscribed quadrangle whose four sides have equal numbers.

[proof] Set the four sides as $n-a, n, n+a, n+2a$.

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{(n-a)n(n+a)(n+2a)} \\ &= \sqrt{(n^2+an)(n^2+an-2a^2)} \end{aligned}$$

Think about the greatest common divisor of two numbers.

$$\begin{aligned} \gcd(n^2+an, n^2+an-2a^2) \\ = \gcd(n^2+an, 2) \end{aligned}$$

Divide the cases based on whether n^2+an is even or odd.

i) If n^2+an is an odd number.

* Infinite descent

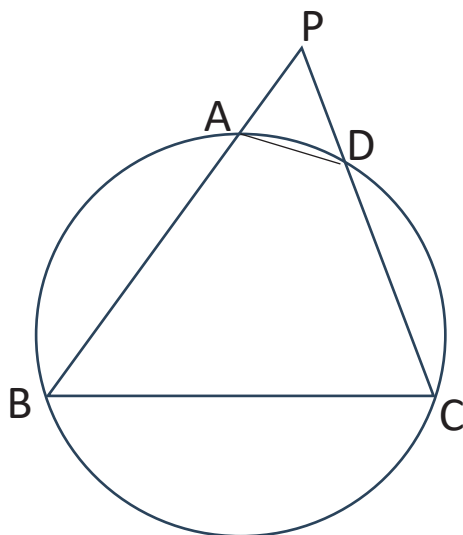
→ Contradicts the minimality of natural numbers.

ii) If n^2+an is an even number.

* Discriminant

→ Pay attention to the integer condition of n .

On how to construct a Brahmagupta quadrangle



In the left figure, by $\triangle PAD \sim \triangle PCB$, from Brahmagupta's quadrangle ABCD, It is possible to create a $\triangle PAD$ where each side has a rational length and area. Since such a triangle is generalized, any Brahmagupta's quadrangle can be constructed from it.

References

有名問題・定理から学ぶ数学 ヘロンの三角形

<https://wkmath.org/heron-f.html>

Wikipedia 原始ピタゴラス数

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%9F%E5%A7%8B%E3%83%94%E3%82%BF%E3%82%B4%E3%83%A9%E3%82%B9%E6%95%B0>



Study on Environmental Setting for Independent AI Using Q Learning to Solve Tasks that Require Cooperation

Otsuji Shigetoshi, Sakai Yukiko, Tauchi Tomoya, Tanaka Motoki, Hara Sotaro, Wakabayashi Shingo

1. Summary

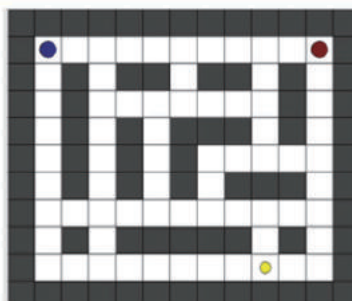
We considered that an AI that is incapable of considering the actions of its peers can be made to complete a task that requires cooperation by a human appropriately setting the environment. Experimental results showed that the two AIs were able to efficiently solve tasks requiring cooperation by setting the environment and rewards.

2. Motive

We became interested in cooperation among AIs based on the research into communication among AIs, and started to study it. However, we thought that even a simple AI (Q-learning), which cannot consider the movements of its peers, can be made to solve tasks that require cooperation by devising an environment setting.

3. Methods

Cooperation essential task: Rodent Rundown
(from Nintendo, Wii Party)



slower

● player 1 (AI)

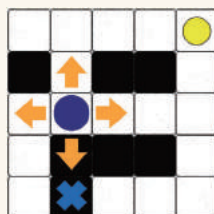
● player 2 (AI)

faster

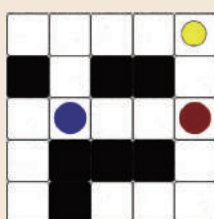
↓ chase

● mouse (×AI)

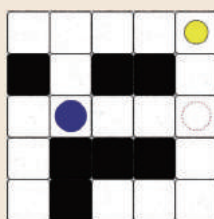
Each player moves one square up, down, left or right per turn (1 step)
Catch the mouse or 100 turns have elapsed
→ 1 game number of steps
We want to have the game cleared in fewer steps



Each player learns with Q learning



humans(not AI)



player2(AI)

Resolve tasks by setting up the environment appropriately because the opponent's movements cannot be taken into account

4. Experiment 1

Purpose

Find out how AIs with Q learning behave when you let them play Rodent Rundown.

Methods

We test 1000 games with the rule that a mouse escapes from a player when the distance between the mouse and either player is less than 2 squares, within a moving distance of 2 squares. The number of steps taken to catch the mouse is examined and compared with the number of steps taken when the mouse acts completely at random.

Result

Average number of steps (per game) : 52.72
During random action : 98.65

Players 1 and 2 followed the mouse along the shortest route. Occasionally, the mouse was caught by the pincer movement, but it was not efficient because the two players sometimes took the exact same route.

Analysis

Direct solution of letting the opponent's movement be taken into account ×

→ If we make the AI recognize the companions as obstacles and prevent it from choosing a route over the opponent, the player will be able to play a pincer attack.



5. Experiment 2

Purpose

We investigate the effectiveness of a method to make an opponent recognize an obstacle as an obstacle.

Methods

The same procedure as in Experiment 1 is used, except that the players are made to recognize each other as obstacles and are not allowed to be in the same square.

Result

Average number of steps: 16.67
Compared to Experiment 1, the average number of steps decreased by approximately 70%. The pincer behavior was promoted. There was 447 game out of 1000 games in which the mouse was not caught.

Analysis

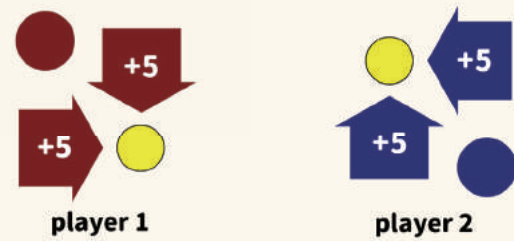
The method of recognizing the mouse as an obstacle is quite effective. It may be possible to make the game clearer more efficiently by changing other environmental settings such as reward settings.

6. Experiment 3-1

Purpose

To investigate whether changing the reward setting causes role-sharing and whether role-sharing improves the outcome of the game.

Methods



The reward for catching the mouse is changed so that Player 1 gets 5 points only for catching the mouse from the left and from the upper direction, and Player 2 gets 5 points only for catching the mouse from the right and from the lower direction.

Result

Average number of steps: 20.50

There was 72 game out of 1000 games in which the mouse was not caught.

Analysis

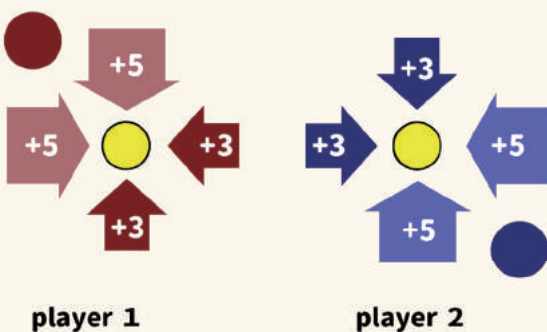
The player could not catch the mouse if the mouse was in a non-rewarding direction, because the roles were completely divided by direction.

7. Experiment 3-2

Purpose

The method of giving rewards is changed and their effects are examined.

Methods



Left/downward : 5 points
Right/upward : 3 points

Right/upward : 5 points
Left/downward : 3 points

The players are rewarded less if they catch mice from directions other than their own, in order to encourage players to catch more mice.

Result

Average number of steps: 16.10 (All within 100)

Analysis

The average number of steps is the lowest so far, and it is quite efficient to clear the puzzle.
Is the best combination of 5 and 3 points?
(Additional experiments need to be conducted.)

8. Reference value measurement

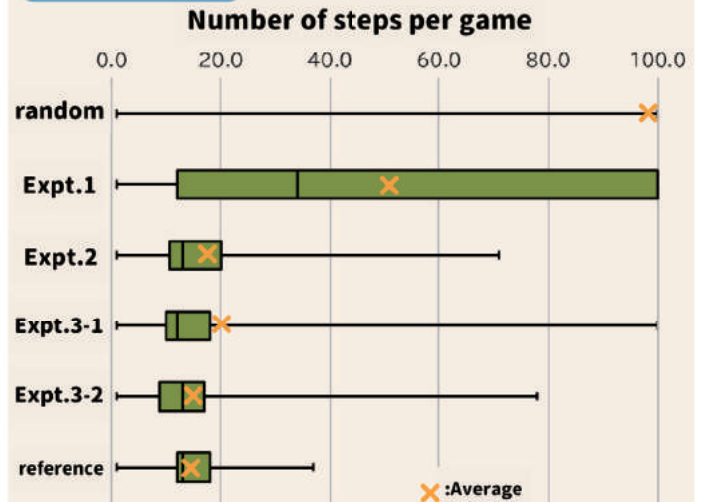
Outline

We confirm the effectiveness of the method used in the experiments by measuring the minimum number of moves required for the AI using Q-learning to clear the chasing mouse and comparing this value with the number of steps in each experiment.

Result

Average number of steps: 15.52 (All within 100)

9. Generalize



Analysis

- Significant efficiency gains were achieved
- At a 1% significance level, according to the t-test Experiment 2 and Experiment 3-1 diverge from the reference, but Experiment 3-2 aligns with it, making it the most useful.
- Comparing Experiment 3-2 with the reference value, the average number of steps is almost the same, but the maximum number of steps is about 40 larger than the reference value.

10. Conclusion

We were able to show an example of efficient solution of a task that requires cooperation by an independent agent that does not take into account the actions of other players.

11. Outlook

- Look for improvements in other environments that encourage cooperation
- Apply in other environments

12. References • Acknowledgement

- 空間情報クラブ, 三目並べで学ぶ強化学習 | Q学習と実装例を解説 (1), <https://club.informatix.co.jp/?p=2009>, 2023/12/19
- Yu Hirayama(Zeze HS) 2022, A Study in the Effects of Communication between AI
- Wii Party 追いつめマウス (Chasing mouse) IOHD0002 <https://youtu.be/oYWawAZ-1AY?si=irm8RobKkXrvY2cr>

We thank Mr. Toshihiro Onishi(Professor, Faculty of Advanced Science and Technology, Ryukoku University) and Mr. Takayuki Ito(Professor, Graduate School of Informatics, Kyoto University) for useful discussions.

講

評

令和5年度 膳所高校理数探究 講評

1 班 水溶液中の金属イオンとプラナリアの生存時間の関係

“The Relationship between Metal Ions in Aqueous Solution and Survival Time of Planaria”

実験の試料であるプラナリアを取りに行くことから始まった。しかし、プラナリアの採取した個体数が少なく、川で採取することが難しくなる秋になり、実験に行き詰ってしまった。その後、エサとして売られているプラナリアを購入し、塩化ナトリウム・塩化カルシウム・塩化カリウムを用いてプラナリアの生存時間関係を調べることに至った。結果は仮説通りにはいかず、またサンプル数も少ないこともあり、科学的に金属イオンの濃度とプラナリアの生存時間の関係について考察することはできていなかった。しかし、実験を行う中でプラナリアが咽頭を伸ばしたり、体をねじったりする現象を観察された。それらの行動について考察を試みようとしていたことは、今後のこの研究を発展させ探究のサイクルを回していくことに活かせるものであったと思う。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るようになっていったことは評価できる。

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 ケラチンが燃料電池に与える影響

“The Effect of Keratin on Fuel Cells”

廃棄されるものを再利用したいという思いからケラチンを題材として研究を進めることにした。ケラチンをどのように抽出するか、先行研究のような実験環境をつくるのが困難なため、燃料電池を作製できるかなど、苦労をしながら研究テーマに決定にいった。

夏休みには、活動日を計画的に設定して実験を積み重ねた。また、実験データをすぐに整理したり、次の実験までに情報共有を行ったりするなど活動日以外も時間をつくることができた。それゆえ、これまでで何がわかり何がわかっていないかを整理しながら、研究のストーリー性を意識して研究が進められていたと感じる。さらに、どのプロセスでケラチンが燃料電池に影響しているかを明らかにするために、セロハン膜を用いるという実験方法の考案は見事であった。発表資料の作成力やプレゼンテーション能力においても、機会を重ねるごとに成長が感じられた。

しかし、本研究での燃料電池は、水溶液を事前に電気分解し、電極に付着させた水素と酸素を用いて電池としてはたらかせるという簡易的な手法で実験を行っている。そのため、水素と酸素を外部から供給するという本来の燃料電池とはその仕組みが異なっており、その点について言及の余地がある。苦労したことは多かったが、試行錯誤しながら研究を進めていく中で培われた経験や多くの聴衆の中で発表した経験は、今後間違いなく生かされることであろう。今後の活躍にも期待する。

3班 紙が乾くまでの時間としわの高さの関係について

“The Relationship between Paper Drying Time and Wrinkle Height”

テーマ決定にとっても苦労した。初めは先行研究から着想を得て、しわのできた紙を再度濡らし、それが乾くまでの時間としわの直りやすさの関係を調べる、という方針で、湿度を変化させることで紙が乾くまでの時間を調節しようと試みた。しかし、再現性を上げることや条件設定を詰めることがうまくいかず、試行錯誤の末、上記のテーマに行き着いた。

そのためか、実験の回数の少なさ以外にも、発表で伝えたいことを班員どうして十分に共有出来ないまま中間・最終などの各種発表会の日を迎えてしまうことが度々あり、聴衆にその研究の内容がうまく伝わらなかったことが多いように思う。特に最終のポスター発表で示された実験データは、目的通りの実験ができた上でのデータであったならば、非常に興味深い結果であると言えるが、それ以前の仮説や実験条件の部分がうまく伝わりきらず、そちらに聴衆の注意が削がれていたように感じられたのがとても残念であった。

研究とは、発表して聴衆にその研究の目的や成果、面白さ、苦労した点など知ってもらえるところまでがセットである。今後は、研究自体の工夫だけでなく、研究のポイントを自分たち自身でしっかりと理解し、発表の場面でいかに端的にわかりやすく伝えるかということにも、今回の経験を活かして欲しい。

4班 ブライニクル現象による氷柱と濃度・流入量の関係

“Relations between icicles and inflow/concentration due to brinicle phenomenon”

海水よりも塩分濃度の高い水溶液、ブラインが凝固点降下により海水の凍る温度よりも冷えたまま、海水に流れ込むことによって周りの海水を凍らせながら海中に氷の柱（ブライニクル）を形成する現象、ブライニクル現象について興味を持ち、ブライニクルが形成されるための適切なブラインの濃度・部ライン単位時間当たりの流入量について研究した。

ブライニクル現象を起こすための実験装置の作成に苦労し、最終実験までに何度か装置を作り直した。装置の作り替えのたびにこれまでブライニクルが形成できていた条件で氷柱ができなくなってしまったり、装置から流入するブラインの量を調整・測定できなくなってしまったりとなかなか実験データが取れない状況であった。しかし、最終的に流入速度を調整可能な実験装置を作成し、その装置によっていくつかのデータを取り、それをもとにブライニクルの形成される食塩の濃度やブラインの流入速度を調べることができた。

現象へのアプローチとしてはいささか化学的なものにとどまってしまった感があるため、食塩水の凍結について物理学的なアプローチがあれば望ましかったが、狙ったパラメータを変化させるための実験装置の作成や、実験から得られたデータをグラフ化し、解析するという力は今後、大学等で物理学をさらに深く学習していく中で必要となるため、この研究で得たものを活かして欲しい。

5班 液入容器の回転運動と液体の粘性の関連性

“The relation between rolling motion of container with liquid and viscosity of liquid”

ペットボトルなどの液体が入った容器が転がるという身近な現象に焦点を当て、調べることにした。容器の大きさや液体の量など、さまざまなパラメータがある中で、先行研究を参考に液体の粘性を今回の主題とすることに決めた。

今回の実験用に自分たちで「粘性」を定義することで、粘性の値を少しずつ変化させた液体を用意し実験を行うことができた。粘性の定義が実験に対して適切であったかについては議論の余地があるが、必要なパラメータを自分たちで定義することは良い工夫であったと考える。

流体は高校物理では扱わないものであるため、現象を分析することが非常に困難な分野である。その中で、容器と液体を剛体と見なして慣性モーメントを計算してみるなど、可能な手段の中で実験結果の考察を行うことができた。運動のようすを剛体として近似するのであれば、その形状を複数パターン考えることでより実際の動きに近いものを見つけていくことができるため、この時間があまりとれていなかったことが惜しまれる。物理分野を扱う場合、実験結果をどのように物理法則に落とし込むかが重要であるため、考察の時間をさらにとり、分析していくことが望まれる。

6班 平瀬川・多摩川間におけるバックウォーター現象のモデル化

“Modeling of Backwater Phenomena and Disaster Mitigation Between The Tama River and The Hirase River”

自然災害である洪水に対して何か対策をしたいという思いから、バックウォーター現象にアプローチした。当初は、県内にある河川の現地調査も研究手法の一つの候補として考えていたが、室内での実験的アプローチで研究を進めることに決めた。

自然現象のモデル化は大変複雑であり大きな困難が数多くあるが、簡素化した実験器具の作成や莫大な時間をかけた試行錯誤の中で、工夫を重ねて研究を進めていった。河川のモデル化において、流す物質をBB弾と水で行い、それぞれのメリットデメリットも見えてきたところである。最初は、減災への手立てを研究のメインテーマにしていたが、バックウォーター現象そのものを定常的に再現することがあまりに困難で、実験室レベルでのモデル化への努力の過程を、記録として残していくようにまとめていった。アドバイスを素直に受け止めて何でも試してみようという姿勢を持っていた班員たちは、最後には水を用いてバックウォーター現象を発生させることに成功し、最後には初期の狙いであった減災への工夫のステップへ、少しではあるが進むことができた。

動画解析などもさらに進められたらよかったと思うが、実験の試行錯誤に費やした経験に勝るものはないと感じている。まだまだ課題が多く残っている状況ではあるが、この1年間取り組んできた記録は確かに理数探究に残してくれたように感じている。この姿勢を忘れず、様々な困難に勇敢に立ち向かっていってくれることを願っている。

7 班 辺の長さ、面積が整数の円に内接する四角形

“A quadrangle with side lengths and area that are integers and inscribed in a circle”

図形と整数の関係性に注目する、という観点からテーマ決めが始まった。様々な図形の性質の中から、特に円に内接する四角形の面積を4辺の長さから求められる「ブラーマグプタの公式」に注目した。この公式は、4辺の長さが整数値を取る際に効果を発揮するものであるが、今回の研究では計算結果である面積も整数になるのか、ということを中心とした。題材としては扱いやすく、かつどのように証明されるのだろうかという期待感を抱きながら研究がスタートした。

研究の進め方について、当初は証明の方針を決定するのに苦しんだが、整数の範囲を「公差1の等差数列をなす4数」「等差数列をなす4数」というふうに拡張することで証明に取り掛かった。その後、「ブラーマグプタの公式」に加えて、三角形の面積を3辺の長さから求められる「ヘロンの公式」にも注目し、結論として、今回考えたような図形は存在しない、という結論に至った。非常に興味深い結論あるが、研究に取り組む彼らの姿から、もっと次元の高い研究内容に昇華できたのではないだろうか、と感じられた。

この1年間の研究を通して学んだ研究方法や過程、研究に対する向き合い方等は今後十分に活かされる内容である。数学に対して高い関心を抱く彼らの、今後の更なる発展を期待する。

8 班 協力が必要なタスクを解決するため Q 学習を用いた独立 AI の環境設定について

“Study on Environmental Setting for Independent AI Using Q Learning to Solve Tasks that Require Cooperation”

昨年度の AI のコミュニケーションに関する研究から進んで、AI 同士の協力に焦点を当てたこの研究は、実際のところ、AI 技術と人間の協力の本質を探るという意味でも非常に興味深いものだった。特に「追いつめマウス」というゲームをモデルに使用することで、具体的なシナリオの中で AI 同士の協力メカニズムを詳細に分析し、開発する試みは、AI が単独で作業を行う場合とは全く異なる挑戦と可能性を秘めている。DQN を用いた初期のアプローチが高いコンピュータスペックを必要とし、また研究方法が複雑であるという障害に直面した点は、AI 研究における一般的な課題の一つを浮き彫りにした。それは、先進的な AI モデルやアルゴリズムが提供する可能性と、それを実現するために必要なリソースや技術的な複雑さとの間のバランスを見つける必要があるという点である。こうした状況で、Q 学習に焦点を絞り、よりシンプルなアプローチを取ることで研究を前進させたのは、AI 研究における柔軟性と創造性の良い例であった。研究の鍵となった、2 人のプレイヤーが互いを壁とみなす発想と報酬の与え方の変更は、AI の協力的行動を促進するための新たな視点を提供した。このアプローチにより、AI プレイヤー間の無駄な行動が減少し、目標達成に向けてより効率的に動くことが可能になり、AI の学習プロセスと行動選択メカニズムを最適化するための重要な示唆を与えた。この研究は、AI がどのようにして複雑なタスクや目標を達成するために協力することができるか、さらにはそのプロセスを通じてどのように学習し進歩することができるかという、根本的な問いに答えることを目指しており、こうした知見は、将来、AI を活用した様々な応用において、より高度な協力メカニズムの設計や、効率的な問題解決戦略の開発に役立つものと思われ、AI 研究のこのような進展は、テクノロジーの将来において、人間と AI、さらには AI 同士がどのように協力していくべきかについての議論にも新たな視点をもたらすことになるだろう。今後の彼らの活躍に期待したい。

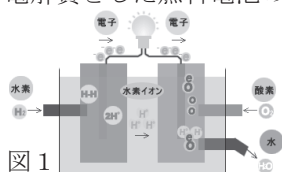
付 録

「ケラチンが燃料電池に与える影響について」

化学2班 加藤優季 辻歩乃果 東山優希 脇ノ上陽菜

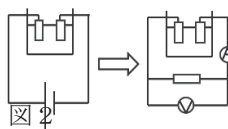
1.はじめに

現在の燃料電池の電解質には主にリン酸水溶液やアルカリ性水溶液が使われている。しかし、発電効率は高いもののコストがかかるという問題点がある。そのとき、日常的に廃棄されているケラチンを電解質とした燃料電池の研究を知り、コストを抑えるという点で優れていると感じ、ケラチンが燃料電池にどのような影響を与えるかを調べることにした。



2. 実験方法

燃料電池を作製するにあたって、本来燃料電池は、図1のように水素と酸素を外部から供給して発電するものであるが、実験上外部からの安定した供給は困難だと判断した。そこで、まず電解質を含んだ水溶液を電気分解し、炭素棒に気体を付着させた後、電源装置につないでいた導線をプロペラにつなぎかえ、流れる電流量やプロペラの回転時間を調べることで燃料電池と同様の構造で実験が行えるようにした。



3. 事前準備

実験に使用するケラチンを抽出した。羊毛 0.5g を KOH 水溶液 100mL（1mol/L）に2時間常温で浸しておき（加水分解）、2時間後それをろ過した。加水分解に使用した KOH 水溶液に含まれる水酸化イオンが実験の反応に影響を与える可能性があり、もし反応を起こせばケラチンによる反応が分かりにくくなってしまうかもしれないという点から、H₂SO₄ を用いて中和を行った。また、一部の溶液を用いてニンヒドリン試薬で反応を確認したところ、滴下した箇所が紫色に変色したことからケラチンが加水分解されていることが確認された。

4. 予備実験

(内容と目的)

KOH 水溶液を用いて、燃料電池の作製を行う。 写真1

(準備物)

- ・ KOH 水溶液(1mol/L 100mL)
- ・ 炭素棒(電極) ・ 電源装置
- ・ 電流計 ・ 電圧計
- ・ 抵抗(66.7Ω のプロペラを用いる)

(方法)

溶液を3分間3Vの電圧をかけて電気分解する。その後、回路をつなぎなおして電圧、電流、プロペラの回転秒数を測定する。

(結果)

5回繰り返して行い、その平均が 1.27V、21.4A、43.75秒であった。

(考察)

この実験方法で、水溶液を電気分解した後にそれを燃料電池として使用できることが確認できた。

5. 実験 1

(内容と目的)

ケラチンを電解質として用いた燃料電池と、K₂SO₄ を電解質として用いた燃料電池を作成し、結果を比較して性能を確認する。ケラチンは KOH 水溶液で加水分解した後、H₂SO₄ 水溶液で中和したため、ケラチンを含んだ水溶液中にはカリウムイオンと硫酸イオンが存在する。よって、実験の結果がケラチンによるものであることを調べるため、カリウムイオンと硫酸イオンが存在する K₂SO₄ 水溶液を使用する。

(方法・準備物)

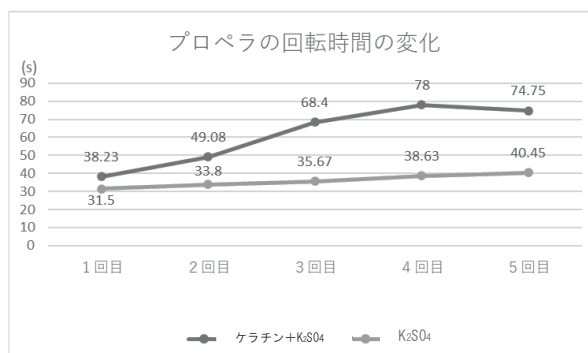
予備実験と同じ回路、方法で、水溶液中の電解質を、K₂SO₄ + ケラチン、K₂SO₄ にして実験する。

なお、どちらの水溶液についても、K₂SO₄ 水溶液の濃度は、中和処理をしたケラチンの抽出液にそろえる。結果、溶液の濃度は 0.417mol/L とした。

(結果)

ケラチン+K ₂ SO ₄	電圧(V)	電流(mA)	秒数(s)
1回目	1.52	24.11	38.23
2回目	1.58	24.59	49.08
3回目	1.60	27.82	68.40
4回目	1.78	25.70	78.00
5回目	1.60	25.29	74.75
平均	1.62	25.50	61.69

K ₂ SO ₄	電圧(V)	電流(mA)	秒数(s)
1回目	1.52	23.58	31.50
2回目	1.55	23.72	33.80
3回目	1.52	23.72	35.67
4回目	1.58	23.62	38.63
5回目	1.59	24.08	40.45
平均	1.55	23.74	36.01



(考察)

どちらも電流と電圧に大きな差はなかった。ケラチンを用いた燃料電池の方が20秒ほど長くプロペラが回ったが、これはケラチンが水溶液中に含まれていたことが要因であると思われる。

また、ケラチンを含む水溶液を電気分解している最中、陽極から白い固体が発生した。(写真2参照) 私たちは、この固体がケラチンもしくはケラチン由来のペプチドであり、陽極で発生した酸素を炭素棒上にとどめたことで、長時間酸素を使用でき、長時間プロペラが回ったという仮説を立てた。これについて、次のような実験を行った。

6. 実験2

(内容と目的)

実験1でプロペラが長く回転したことは白い固体の形成が原因だと考えた。そこでこの白い固体がケラチン由来の物質であることを確認するために、実験1で確認された固体の同定を行う。

(方法)

採取した固体を蒸留水に溶かし、その水溶液に、キサントプロテイン反応、ビウレット反応で何色を示すかを確認する。

(結果)

キサントプロテイン反応では濃い黄色を示し、ビウレット反応では濃い紫色を示した。

(考察)

キサントプロテイン反応の結果から、ベンゼン環を持つアミノ酸、ビウレット反応の結果から、3つ以上のアミノ酸が連なるペプチドが水溶液中に含まれていたことが分かった。実験1で確認された固体は、ケラチンもしくはケラチンが分解された3つ以上のアミノ酸が連なったペプチドである可能性が高いと言える。

7. 実験3

(内容と目的)

実験1よりケラチンが燃料電池におけるプロペラの回転時間の増加に寄与することが分かったため、それが蓄電時に作用するものか、放電時に作用するものかを明らかにする。また、ケラチンが電解質として水溶液に含まれることで効率よく作用するのか、ケラチンが固体となって炭素棒に付着することで効率よく作用するのかを調べる。

(方法)

電気分解用の水溶液を用いて3Vで3分間電気分解を行った(写真3)後、放電時用の水溶液の入ったビーカーにセロハン膜のついた炭素棒を移し替え、回路をつなぎ変える。気体を逃げにくくするために電極周りをセロハン膜で区切り、セロハン膜内とビーカーの中で用いる水溶液を変える。また、蓄電時と放電時でも水溶液を変えて実験する。条件は以下の通りで、各5回実験する。

	セロハン膜の中	セロハン膜の外	
		移し替え前	移し替え後
条件1	KOHaq	KOHaq	KOHaq
条件2	KOHaq	KOHaq+ケラチン	KOHaq
条件3	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン	KOHaq
条件4	KOHaq	KOHaq	KOHaq+ケラチン
条件5	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン	KOHaq+ケラチン

写真2



(結果)

プロペラの回転時間 (s)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
条件1	-	2.71	2.89	4.02	3.33	3.24
条件2	3.85	3.73	4	4.27	3.94	3.96
条件3	4.79	5.37	-	-	-	5.08
条件4	-	4.53	6.3	5.03	-	5.29
条件5	-	5.72	5.27	4.89	5.62	5.38

上記の表について、プロペラの不具合等により適切なデータが得られなかった部分は空白とした。

また、条件3については3回目でセロハン膜が破れたため再実験を行った。

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
条件3	-	10.82	15.34	11.18	8.98	11.58

白い固体がこれまでの実験で最も多く発生した。

(考察)

条件3, 4, 5はプロペラの回転時間が条件1, 2よりも長かった。条件3では蓄電時にのみ、条件4では放電時にのみケラチンが用いられている。したがって、ケラチンが蓄電時と放電時の両方に、「プロペラの回転時間を増加させる」つまり「燃料電池を長持ちさせる」という点において働いていることが分かる。

その原理としては、充電時には、電気分解時に炭素棒の周りに白い固体が発生したことによって陽極で発生させた酸素をとどめたと考えられる。また、放電時にもケラチンが水溶液中で何らかの反応を促進しているのではないかという推測を立てることができる。

条件3のみ再実験を行ったが、羊毛を2時間加水分解し、ろ過してから実験を行うまでの時間が短かった。条件1, 2, 4, 5の実験を行った際は、羊毛を水酸化カリウムで2時間加水分解してろ過をした後、1週間を過ぎて実験を行ったものもあり、その水溶液ではさらにケラチンの加水分解が進んでいたと思われるため、ケラチンが分解されすぎて、再実験したものに比べて白い固体が発生しにくい状態であったと考えられる。よって再実験では白い固体がより発生しやすくなり、結果としてプロペラの回転時間も長くなったと考えられる。

8. 今後の課題

実験3からケラチンが蓄電時だけでなく放電時にも有効であることが分かったため、ケラチンの濃度等の条件を変えてさらに実験を行いたい。

9. 参考文献

燃料電池を使って発電しよう！

https://www.kepco.co.jp/brand/for_kids/ecolabo/01.html

矢野太一、松尾康光 2016年

バイオポリマー「ケラチン」を電解質とした燃料電池のプロトン輸送

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.2/0/71.2_1248/_pdf

宮本武明 1980年

羊毛ケラチンの分解とその利用

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kobunshi1952/29/9/29_9_694/_pdf

「協力が必要なタスクを解決するための Q 学習を用いた独立 AI の環境設定について」

情報8班 大辻繁俊 坂井悠希子 田内智哉 田中志樹 原颯太郎 若林眞悟

1. はじめに

AIのコミュニケーションに関する研究を知ったことで、AI同士の協力について興味を持ち、研究を始めるに至った。AI同士が協力しタスクの効率化に成功したことを示唆する研究はあるが、その多くはDQNという高度なAIが使われている。Q学習を用いた仲間の行動を考慮することのできない初歩的なAIにも、人間が環境の設定を適切に設定すれば協力を必要とするタスクをクリアさせることができるのではないかと考えた。

2. 研究手法・環境

協力が不可欠なタスクとして、Nintendoから発売されたWii Partyのミニゲームの中の1つである追いつめマウスをモデルとして用いる。これは二人のプレイヤー(今回はAI)が一匹のマウスをうまく障害物を利用して、捕まえることを目指すゲームである。マウスはAIではなく、プレイヤーと基準以下の距離になったとき、1ターンにつき現在地から2マス以内で二人のプレイヤーから最も遠くなるマスへ逃げる。それぞれのプレイヤーは1ターンにつき上下左右のいずれかに1マスしか移動できず、マウスのほうがプレイヤーよりも移動速度が速いため、絶対に1人ではクリアが不可能である。また、二人のプレイヤーはそれぞれが独立したAIでありQ学習という手法を用いる。Q学習では、AIは盤面(正確には盤面を数字に対応させた配列)を入力として受け取り、自分が取れる行動の選択肢それぞれについてどのくらい良い行動かを計算をもとに予測し、最も良いと考えた行動を選択する。1回行動ごとに人間があらかじめ設定した基準(報酬設定)に基づいて評価である報酬が与えられる。行動とそれに対する報酬の経験から学習し、もらえる報酬を最大化するように行動を選ぶ。以上の設定でPythonを用いて図1のようにプログラムを作成した。灰色のマスは障害物を、白色のマスは通路を表す。障害物の配置は実際の追いつめマウスの盤面の1つを再現した。加えて、赤色と青色の○はそれぞれのプレイヤーを、黄色の○はターゲットであるマウスを表している。マウスを1回捕まえるか100ターンが経過すると1ゲームが終了し、マウスとプレイヤーは初期位置にリセットされる。ただしマウスの初期位置はランダムである。また、以後行動1ターン分を1ステップと表す。それぞれのプレイヤーが毎回ランダムで行動を選択するとき、学習した後AIが計算して行動するときのスコア(ステップ数)を比較する。

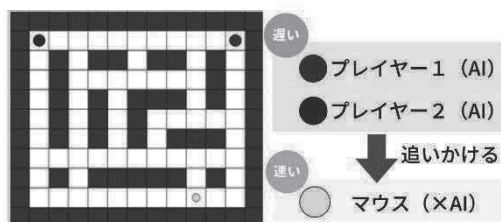


図1 追いつめマウスのプログラムの概要

3. 「AI」・「Q学習」について

本研究の追いつめマウスにおける「AI」とは、単により高い報酬を得るための行動を計算する機械であり、それ自体が思考をしているわけではない。

「Q学習」とは、追いつめマウスにおけるステップごとに、時が止まった状態で、それぞれのAIが自分の行い得る行動を可能な限り試行し、結果から最も報酬が多く得られる行動を行うことである。「マウスを追いかけてみよう」と思考しているわけではない。

追いつめマウスにおけるQ学習は、それぞれのプレイヤーが自分の位置とマウスの位置を現在の状態として認識し、次の行動を選択することを繰り返す。このとき、味方の位置は認識しない。この学習では、AIが自分たちの行動の課題に付き行動を変えることはないため、人間が環境を設定することにより、協力が必要なタスクを達成するために必要な行動をAIに覚えさせる。

4. 実験

実験1

① 目的

Q学習のAIに追いつめマウスをプレイさせたらどのように行動するのかを調べる。

② 方法

どちらかのプレイヤーとの距離が2マス以下となった場合、マウスが移動距離2マス以内でプレイヤーから逃げる仕様の下で1000ゲームのテストを行う。可視化した盤面の様子から、プレイヤーの動きを観察することに加え、1ゲームあたりでマウスを捕まえるためにかかった平均のステップ数を調べ、完全にランダムで行動したときと比較する。マウスを捕まえた時の報酬は5点に設定する。ただし以後すべての実験で、マウスを捕まえた場合だけでなく、1ゲームあたり100ステップで捕まえられなければ1ゲームとみなして盤面が初期化される設定となっている。

③ 結果と考察

学習後の平均ステップ数は52.72回、ランダム行動時は98.65回であった。学習後、1000ゲーム中447ゲームは100ステップ以内にクリアできていない。盤面では、プレイヤー1と2が最短ルートでマウスを追いかけた。時折挟み撃ちの挙動によりマウスを捕まえることもあったが、2つのプレイヤーが同じマスに重なった後全く同じルートで移動することもあり効率的ではない様子も見られた。この実験では、二人のプレイヤーが同じルートで移動することがあり、非効率的であるため、それぞれのルートを分けてマウスの逃げ道を塞ぎたいと考えたが、相手の動きを考慮させ直接的に問題を解決するのは、Q学習の手法上困難である。そのため、相手を障害物と認識させることで、相手プレイヤーのルートを通れなくして挟み撃ちをさせるという方法で間接的に問題を解決しようと考えた。

実験2

① 目的

2つのプレイヤーが重なり同じ行動をとることが効率を低下させていた実験1を受け、相手を障害物と認識させる手法の有効性を調べる。

② 方法

お互いのプレイヤー同士を障害物と認識させ、同じマスに入れない設定にして実験1と同様に行う。

③ 結果と考察

2人のプレイヤーが同一のルートでマウスを追いかけることがなくなり、挟み撃ち行動が促進されてすべてのゲームで100ステップ以内にマウスを捕まえることができた。かかった平均ステップ数は16.67回であった。52.72回であった実験1と比較して平均ステップ数が約7割も減少した。この結果から相手を障害物と認識させる手法はこのゲームにおいてかなり有効だといえる。

実験3-1

① 目的

報酬設定を変更することによりプレイヤーがマウスを追いかける方向が変化して役割分担が生じるか、役割分担によりゲームの結果が向上するのか調べる。

② 方法

マウスを捕まえる報酬を、プレイヤー1は左方向と上方向から捕まえた場合にのみ5点、プレイヤー2は右方向と下方向から捕まえた場合にのみ5点与える仕様に変更した。味方プレイヤーは壁として認識する。

③ 結果と考察

かかったステップ数の平均が20.50回となり、実験2の16.67回と比べて大きく劣る結果となった。また、1000ゲーム中100ステップ以内でマウスを捕まえることができなかった回が72ゲームあった。完全に方向により役割を分担してしまったため、報酬が得られない方向にマウスがいた場合、マウスを捕まえることができなかったと考えられる。

実験3-2

① 目的

実験3-1から報酬の与え方を変更し、その効果を調べる。

② 方法

それぞれのプレイヤーの担当する方向以外からマウスを捕まえた場合にも担当する方向から捕まえた場合よりも少ない報酬を与え、マウスの捕獲の促進を図る。

<プレイヤー1>左方向・下方向:5点,右方向・上方向:3点

<プレイヤー2>右方向・上方向:5点,左方向・下方向:3点

③ 結果と考察

100ゲーム中で1ゲームにかかった平均ステップ数は16.10回であり、全て100ステップ以内でクリアした。今までの実験で一番平均ステップ数が少なく、かつ効率よくクリアできるようになった。5点と3点という報酬の組み合わせが一番良いのかについては追加で実験を行い検討する必要がある。

参考値の測定

① 目的

Q学習を用いたAIがこの追いつめマウスをクリアするのに必要な最短手数を測定し、その値と各実験のステップ数を比較することによって行った実験で用いた手法の有効性を確かめる。

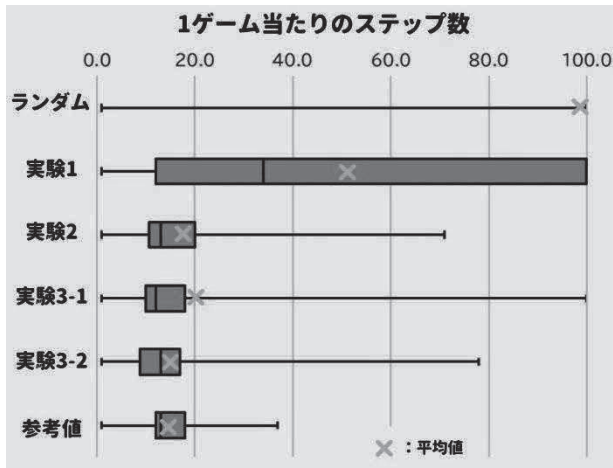
② 方法

常に最短距離で移動し、相手を障害物として認識するアルゴリズムで動き続けるアルゴリズム(Q学習ではなくダイクストラアルゴリズム)に両プレイヤーを変更し、同じように調べる。

③ 結果と考察

1ゲームにかかった平均ステップ数は15.28回であった。

5. 実験のまとめ



仲間を障害物として認識させる手法と、役割分担を反映させた報酬設定によってただ協力が必要なタスクをクリアさせるだけでなく、大幅に効率化させることに成功した。有意水準1%でのt検定より実験2と参考値、実験3-1と参考値は同じ傾向にあるとは言えないが、実験3-2と参考値は同じ傾向にあると判断できることから、実験3-2は行った工夫の中で最も有用であると考えられる。しかし実験3-2と参考値を比較すると、平均ステップ数はほぼ同じだが、最大ステップ数は参考値よりも約40大きいので、まだ改良すべき点があると考えられる。

6. 結論

味方プレイヤーの行動を考慮しない2つのエージェントに、環境設定や報酬設定によって協力が必要なタスクを効率的に解決させる例を示すことができた。

7. 展望

今回実験した以外にも、エージェントの協力を促進させる環境の改善点を探す。また、今回使用したゲーム以外の環境への応用をめざす。

8. 参考文献

- ・空間情報クラブ, 三目並べで学ぶ強化学習 | Q学習と実装例を解説(1), <https://club.informatix.co.jp/?p=2009>, 2023/12/19
- ・平山悠(膳所高校)他 2022年, A Study in the Effects of Communication between AI
- ・Wii Party 追いつめマウス (Chasing mouse) IOHD0002
<https://youtu.be/oYWawAZ-lAY?si=irm8RobKkXrvY2cr>

9. 補足資料



班の Google Drive で
ソースコード, 詳細な実験データ,
専門用語集を公開しています

普通科1年探究テーマ一覧

1 組	テーマ	5 組	テーマ
1 班	ブーメランの初期条件が及ぼす最高地点と落下地点の変化	1 班	紙飛行機の重心と飛行距離の関係
2 班	物語における語り手の人称とその影響	2 班	「怖い音」の構成について
3 班	津波のメカニズムと琵琶湖	3 班	方言とアクセントの広がり
4 班	ヘリウム風船で人は浮くことができるのか	4 班	材質の違いによる防音効果
5 班	和歌と現在の恋愛ソングの変化	5 班	プリンの材料の分量と固さの関係
6 班	音楽と運動の関係	6 班	車の性能と販売台数
7 班	洗剤が環境に与える影響について	7 班	保存方法による湿気づらさ
8 班	イギリス英語の発音	8 班	滋賀県立高等学校における校則の分析
2 組	テーマ	6 組	テーマ
1 班	スポンジの吸収性について	1 班	消化されやすい食べ物の特徴は何か
2 班	本能寺の変後における兼見卿記の改竄について	2 班	平均寿命の長さから見る滋賀県の特徴
3 班	のりのはがれにくさ	3 班	シャボン液の濃度や加える液体の粘度と割れにくさの関係
4 班	お茶の泡がでにくいようにするにはどのような条件が良いか	4 班	国別の酒に関連する病気への原因について
5 班	ケーキ上のロウソクの最も消えやすい配置	5 班	シャープペンシルの芯が折れにくい条件について
6 班	雨だれ石を穿つのか	6 班	表面張力の温度による変化
7 班	物体を水に落とした時の水しぶきの大きさ	7 班	紙の形状と強度
8 班	磁場がカイワレダイコンに与える影響	8 班	ボトルフリップの成功確率と水の量の関係
3 組	テーマ	7 組	テーマ
1 班	スーパーボールすくいにおけるボイの角度と耐久時間の関係	1 班	物質の遮音性について調べる
2 班	記憶力と行動パターン・時間帯の関係	2 班	睡眠導入音楽の特徴
3 班	人間の行動による血圧や脈拍の変化について	3 班	お湯につける時間・温度とたれの落ちやすさの関係
4 班	分岐点の角度と交替性転向反応の関係	4 班	色落ちを防ぐための媒染液の特徴について
5 班	M-1グランプリから考える競技漫才について	5 班	雨を防ぎやすい傘の形と差す角度
6 班	立ち幅跳びにおける体の使い方と飛距離の関係	6 班	スタートダッシュにおける足の角度と速さの関係
7 班	どのようなキャップが速く飛ぶのか	7 班	台風の勢力の推移と人々の認識の変化
8 班	日本の古典的玩具、竹馬からみる重心とバランスの関係	8 班	氷の透明度の違いについて
4 組	テーマ	8 組	テーマ
1 班	流行曲の特徴とインターネット普及率の関係	1 班	線香花火の持続時間と角度の関係
2 班	飲み物をこぼさずに運ぶには	2 班	割れにくいシャボン玉を作ろう！！
3 班	スターンフラップの効果について	3 班	飲食店のロゴマークの色の傾向
4 班	最も幸福度が高く見える表情とは	4 班	水バケツの回転速度と落下する水量の関係
5 班	メントスコーラの泡の発生時間と持続について	5 班	信号と交通量の関係
6 班	濡れた紙を復元するための最適な方法について	6 班	風の飛距離と形の関係
7 班	色の明度・彩度と光の集まり方の関係	7 班	糸電話の糸の種類と聞こえやすさの関係
8 班	まぶす物質による氷の溶ける時間の変化	8 班	音楽と勉強効率の関係性について

スターンフラップの効果について

滋賀県立膳所高等学校1年4組3班



川越 遙 酒井 貴大 馬場 希 栞田 彦伯 松田 翔介

要旨

船が推進するときの抵抗を減らすための器具としてスターンフラップというものが存在することを先行研究から知ったが、その最も効率の良い形状についての記述は少なかった。そこで実験を行った結果、台形が最も効果が高いといえることが分かった。

動機・目的・仮説

先行研究からスターンフラップとその効果について知った（※1）その効果についてより検証をしたいと思い、私たちでも実験可能なモデルを作成して実験を行った。水を受け流しやすそうな三角形が最も効果が高いと仮説を立て、それぞれの形状を用いて対照実験を行った。

実験1

研究方法

プラスチックのタッパーが2つ付いたストローをメジャーの巻き戻る力で引っ張った。タッパーの最後尾には一方を何も付けずに、もう一方は発泡スチロールを付けた。発泡スチロールは毎試行ごと異なる形の発泡スチロールにつけ替えて、2つのタッパーのどちらがより早く進むか調べた。調べる発泡スチロールの形は四角形(3cm, 5cm, 10cm)、三角形(9cm)、半円(4.3cm)で行った。

結果・考察

表1 図形の形と速さの比較



発泡スチロールが付いていないタッパーと比べて最も速かったのは三角形の付いたタッパーで、続い上図の順に速かった。

この結果から、水の抵抗を減らすには三角形が最も効果的な形であると考えた。

写真1 実験の様子



実験2

研究方法

今度は、片方のタッパーに正三角形、他方に正三角形の上、または両横側を削った形を取り付け、それぞれの速さを比べて実験した。

結果・考察

図形									
削り幅cm	1	2	3	4	5	6	1	2	3
正三角形と比べて	遅		速				速		

表1 削った形と正三角形の船の速さ比較

上側を削ったものは、一番早かったのが4cmで、その後は3, 5, 6, 2, 1, となっていた。横を削ったものは、3, 2, 1の順だったが、さほど変わらなかった。また、横3cmと上3cmでは、上3cmのほうが速かった。以上の事から、スターンフラップにおいては台形が最も適した形に近いと考察できる。またその効果は、スターンフラップの幅によほど依存するものでもないと考えられた。上側5, 6cmが遅くなったのは、あまりにも小さすぎたからと考えられる。

結論

ただの三角形や長方形よりも先を切り取った三角形のほうが効果が高く、大きさを上げるよりも船体に沿うような形のほうが高い効果が見込めることが分かった。これは先行研究と似通った結果となっており、効率が高い形と推測できる。スターンフラップの大きさについては、モデルの大きさにもよるが動きを阻害しづらい小型のもののほうが良いと考えられる。

課題・展望

実験に用いた船は実際の船とは形状が異なるため、実際に使用されている形に近いもので実験をすればより効果的な結果が得られるのではないかな。また、今回は船を引くときにメジャーを使用したけど、より均一に力を加えられる方法があればよいのではないかな。

参考文献

(※1) IM. Salas, J. Rosas and R. Luco Institute of Naval and Maritime Sciences, Faculty of Engineering Sciences University Austral of Chile, 2004
『Hydrodynamic analysis of the performance of stern flaps in a semi-displacement hull』
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-07932004000400011&lng=es&nrm=iso
(閲覧日 2024 3-11)

表面張力の温度による変化



滋賀県立膳所高等学校1年 6組 6班
稲家 颯太 宇城 美緒 岡田 翔 周藤 柚花 田中 勇太

要旨

温度による表面張力の変化について、簡易的な方法で実験した結果、専門的な方法で実験して得られるような結果は得られなかった。

動機・目的・仮説

探究で疑問を考える際、水を見て、注ぎすぎたことを思い出して、もっと調べてみようと思った。インターネットで調べた結果、温度が低い方が表面張力が大きくなると分かった。しかし、それを調べるためには専門的な実験が必要だと書いてあった。そこで、簡単な実験で正確なデータを出すにはどうすれば良いのかと考えた。私たちはコップに基準として決めた量の水を入れ、そこに同じ体積の物体を溢れるまで入れていくことで物体を入れた個数で表面張力の大きさが分かるのではないかと考えた。

予備実験

※目的

水の温度が実験中に大きく変わってしまうと、表面張力の変化が水温の高低によるものなのか、水温変化によるものなのかがわからない。水温が10度以上変化する場合を、「水温を一定に保てていない状態」とし、実験に所要する時間「1分」の間に水温が10度以上変わらなければ、水温を一定に保って実験できる、すなわち水温の高低と表面張力の関係が調べられると考えた。

【研究方法】

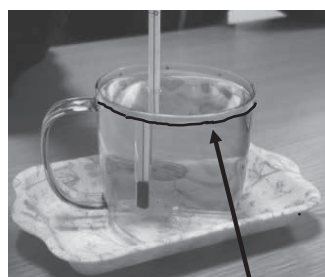
本実験で使う容器の基準線まで入った水の温度を棒状の温度計で測り、90度から80度、80度から70度になるまでにかかる時間を調べた。

【結果】

水温の低下の仕方は右の表のようになった。

【考察】

水温が10度変化するのに、1分以上時間がかかったため、本実験は「水温を一定に保った状態」で行えると考えられる。



基準線

90→80℃	3分40秒
80→70℃	5分35秒

本実験

【研究方法】

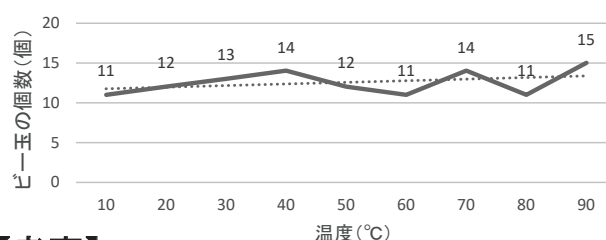
容器の基準線(予備実験【研究方法】の横の写真)まで温度を変えた水を注ぎビー玉を容器に静かに落として、水がこぼれたときの容器内のビー玉の数を調べた。

実験はすべて1分以内に終わらせた。予備実験より、実験所要時間「1分」の間に水温は10℃以上変化しないので、実験中の水温変化は無視できるとする。

【結果】

水温が低いほど表面張力が大きくなるという結果は得られなかった。

水温と表面張力の関係



【考察】

今回の実験が失敗した理由としては、ビー玉の温度と水温に差が生じ、局所的に温度が変わってしまい、冷たいビー玉のほうに温かい水が吸い寄せられて対流が発生したことが考えられる。そのため、水温に近い温度にビー玉の温度を変える必要があった。

現段階での結論

この実験方法では表面張力は温度が低いほど大きくなるという結果を出すことは出来ない。

課題・展望

今回の反省点を生かし、正確に対照実験を行うために実験結果に影響の出る全ての事項を加味して実験していきたい。

参考文献

お湯の温度の下がり方ー岩本博義 公式サイト

<https://iwamoto-hiroyoshi.com/tea/150714t>

閲覧日:2月1日

物質科学実験 Marangoni: マランゴニ対流の基礎知識

<https://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/first/marangoni/kiso.html> 閲覧日:3月8日

2023年度 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
	ポイ捨てからわかるゴミの分布の特徴
	プリキュアにおける恋愛描写の減少
	鉄道会社における社歌の傾向の変化
	皿屋敷伝説の広がりと人口の関係
	座席指名の分布から見る指名の均一性

A 2	テーマ
	風車の回転効率と羽の形状の関係
	ペットボトルの回転数と中の水が出切るまでの時間の関係
	空気層の長さや防音の関係
	糸電話のつなぎ方と音の聞こえ方
	水の射出角度と飛距離の関係

A 3	テーマ
	映画から見る労働におけるジェンダー意識の変化
	ユニバーサルデザインが情報収集に与える影響
	音楽と課題遂行能力の関係性
	漫画から見る日本語と英語のオノマトペの違い
	炎上CMから見る現代のジェンダー意識

A 4	テーマ
	パラシュート頂部通気口と落下の様子との関係
	帆が受ける風力と帆の外周の関係
	うちわの形状と風量との関係
	壁の形状による防音性との関係
	糸の編み方と強度との関係

A 5	テーマ
	雑草からつくる紙の強度
	溶液の性質と保冷能力の相関
	スポンジ生地の高さと泡立てる温度・時間の関係
	塩分濃度と表面張力
	ダイラタンシーの緩衝材としての活用

A 6	テーマ
	ゾウリムシの走性の数値化と比較
	回転効率の良いプロペラの形状
	ダーツの速度や角度と高さの関係
	色の明度と煙が出るまでの時間の関係
	多翼型風車の羽の枚数と発電量との関係

午後の部

P 1	テーマ
	最も日焼けしにくい日傘の色の組み合わせ
	砂防ダムと土石流のリスクの関係
	帆のふくらみと風の角度の関係
	布の材質と音の伝わり方の関係
	共鳴管と音の関係

P 2	テーマ
	温度上昇を抑える色
	ほうれん草のアクを取り除きビタミンCを残す調理法
	風速と濡れた衣類の乾燥速度の関係
	濡れた紙の乾燥方法としわの関係
	身の回りの廃水の活用

P 3	テーマ
	小学校の校歌における山の名前の分布
	アメリカにおける偏見に基づいた差別についてディズニー・ピクサー映画から知る
	首にあてる物の温度と計算力との関係
	OCRによる形が似ているアルファベットの認識
	コンビニとスーパーの商品の値段の差の比較

P 4	テーマ
	アカムシユスリカの最適な保存方法
	植物のちがいと花卉の吸水速度
	糖の濃度と菌の増殖の関係
	豆苗の再生とビタミンC量との関係
	好気性環境における放置時間と食中毒リスクの関係

P 5	テーマ
	シャボン液に対する糖の質量と割れやすさの関係
	布の細かさによる油の吸収量の違い
	チーズのこねる方法と伸びの関係
	紙ストローの吸水性
	試合の間に体温を保つための衣服の工夫

P 6	テーマ
	ペットボトルロケットの重心と飛行の軌道との関係
	コイルガンの電圧と飛距離との関係
	メガホンの形状と音との関係
	膳所高校舎の風の流路
	軽石と水はけの関係 橋脚の長さや橋の耐久性との関係

風車の形状と発電量の関係

Relationship between Windmill Shape and Power Generation

2 年 4 組 25 番 中野琴葉

Kotoha Nakano

要旨

家庭用の風力発電機において最適な羽の形状を明らかにしたいと考えた。まず 4 種の形状の発電量を調べたところ多翼型が最も多く、また同形状が最も回転数が多いということが分かった。次に、多翼型の羽の枚数を変えて発電量を調べると、4, 8 枚のものは発電量が多く、よく回転した。10 枚のものは大幅に発電量が下がり、あまり回転しなかった。以上のことから、多翼型が最適で、多翼型の発電量は風車の重さが影響する回転数が関係していると考え、その羽の枚数は羽や風車自体の大きさや重さによって変わってくると考えた。

キーワード: 多翼型風車

1. 研究の目的・動機

昨今の電気代の高騰の中でそれに対処をするために家庭でも発電できるようにしたいと思ったのが本研究の動機である。目的は各家庭でも簡単に発電できる風力発電機を作るにあたっての最適な風車を考えることである。

2. 先行研究・仮説

先行研究より、業務用の大型風車にはプロペラ型が適し、対して小型風車には多翼型が適しているということ、このとき多翼型の羽の角度は 30 度の時に発電量が最も高くなることが分かっている。[3, 7]この先行研究をふまえて、羽の枚数が多いほど発電量が多くなる。[6]ただし羽や風車自体の質量が大きすぎると発電量は低下するため、羽の枚数と発電量は単に比例するわけではないという仮説をたてた。

3. 実験 1

3.1 方法

2 で示した小型風車を用いた発電において多翼型が適しているという先行研究が正しいということを確認するために以下の実験を行った。

外接円の半径をそろえた多翼型、セールウィング型、プロペラ型、オランダ型の四種類の風車[図 1]をプラスチック段ボールで作成した。[1, 2, 4]作成した風車を 1 つずつ扇風機から 17 cm 離れた位置に固定し、一定の風速(295m/s)で 30 秒間回転させて発電を行った。その際の電圧及び電流の最高値を測定し発電量を計算することを各風車 3 回ずつ測定した。また風車の回転の様子、回転数についても観察した。[5]

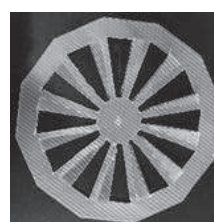


図 1.1: 多翼型風車

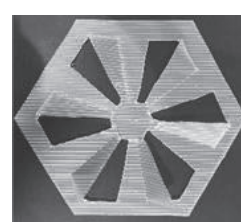


図 1.2: セールウィング型風車

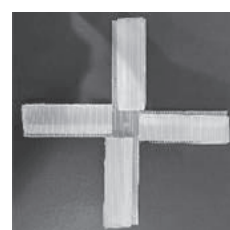


図 1.3: オランダ型風車

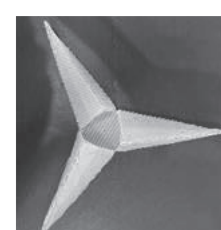


図 1.4: プロペラ型風車

3.2 結果

すべての実験で多翼型が最も発電量が多く、セールウィング型が 2 番目に多いという結果だった。プロペラ型とオランダ型の発電量はほとんどなかった。この時すべての風車の羽が風下のほうに反っていた。また、発電量の多い 2 つの風車はよく回っていたが、残りの 2 つの風車はほとんど回っていなかった。[図 2]

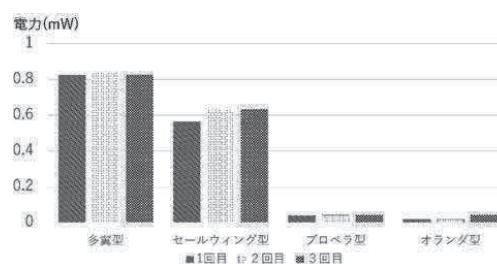


図 2: 風車ごとの発電量

3.3 考察

結果より多翼型風車の発電量が最も多いという先行研究が正しいことを読み取れる。セールウィング型も発電量が多いのは多翼型と形状が似ているからではな

いかと考えた。また、全体的に発電量が小さいのは羽が反ってしまったこととモーターが小さいことが原因であると考えた。よく発電した2つに対してのこりの2つの風車はほとんど回転しなかったことから、小型のモーターの場合発電量に風車の回転数がかかわってくると考察した。

4. 実験 2

4.1 方法

実験 1 をふまえ多翼型に注目をした。羽の枚数を 4、6、8、10 枚とし計 4 種類の実験を行った。これらの風車は羽の大きさ、風車の半径、羽の角度をそろえて作成した。また、実験 1 の際にプラスチックダンボールで作成したせいで羽が反ったと考え、本実験では厚紙と割り箸を用いて反らないように作成した。[図 3]

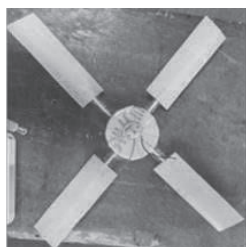


図 3.1: 4 枚羽風車

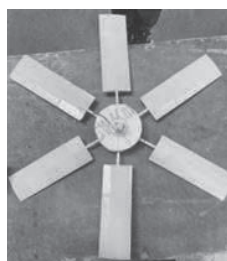


図 3.2: 6 枚羽風車

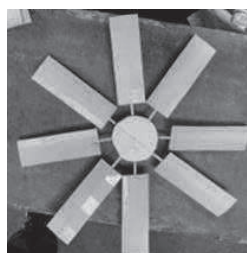


図 3.3: 8 枚羽風車

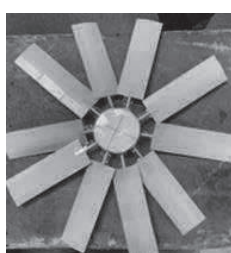


図 3.4: 10 枚羽風車

風車を扇風機から 1.5m 離れた位置に固定し、一定の風速 (295m/s) で 30 秒間回転させて発電を行った。その際の電圧及び電流の最高値を測定し発電量を計算することを各風車 3 回ずつ測定した。また風車の回転の様子、回転数についても観察した。

4.2 結果

4、8 枚羽が最も多く発電でき、10 枚羽は大幅に発電量が低下した。この時 10 枚羽の風車ほかの風車に比べて明らかに回転数が少なかった。[図 4]

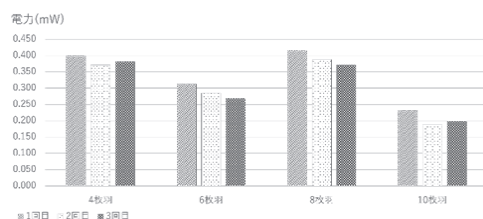


図 4: 羽の枚数ごとの発電量

4.3 考察

10 枚羽の風車の発電量が大幅に低下したのは羽の枚数が増え、風車自体の重量が重くなりすぎて回転数が少なくなったことが原因だと考えた。また、全体的に発電量が少ないのはモーターが小さいからだと考えた。

5. 考察

実験 1、2 より多翼型の発電量は風車の重量が影響している回転数が関係していると考察した。その場合材質の質量、羽や風車自体の大きさにより適切な多翼型の羽の枚数は変わってくると考えられる。

6. 課題・展望

課題としてはモーターの規模が小さいことにより発電量が小さく、各風車の発電量の差が微量であったこと。羽などの実験装置が不安定であったこと。発電にあまり吹かないような強風が必要であったこと。6 枚羽で発電量が下がった理由が不明であること。各条件下における最適な羽の枚数を導出していないことの計 5 つがあげられる。これらの改善のために、より大きい規模のモーターを使用し、取り付けやすく頑丈でより弱い風でも発電ができる条件を探ることが必要である。

7. 参考文献

- [1]<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc2/21927.pdf> 先行研究 (1 月 12 日)
- [2] 風力発電システム | 音声付き電気技術解説講座 | 公益社団法人 日本電気技術者協会 (jeea.or.jp) 風車の効率 (1 月 12 日)
- [3]<https://cef.co.jp/windenergy/basis/index.html> 風が当たる面積 (11 月 10 日)
- [4]https://www2.obirin.ac.jp/tsubota/home/?page_id=629 ペーパークラフト (10 月 29 日)
- [5]https://media.kepco.co.jp/_ct/17524643 風力発電の仕組み (9 月 18 日)
- [6]<https://blog.eco-megane.jp> 風車の種類の説明 (先行研究) (9 月 18 日)
- [7]<https://www.city.hekinan.lg.jp/material/files/group/47/30107838.pdf> 風車の種類の研究 (9 月 18 日)
- [8]https://www.kepco.co.jp/brand/for_kids/teach/2017_06/ ペットボトル発電 (7 月 15 日)

滋賀県の小学校の校歌における山の名称の分布

The distribution of names of mountains in school song in Shiga Pref

2年5組15番 北川知樹 Tomoki Kitagawa

要旨

校歌の研究は、特に都市部の学校についての通時的な変遷に関してのことが多い。そこで、地形の差違等による、地域における山の捉え方の傾向を知るために、滋賀県の小学校の校歌の山の名称の分布を調べると、広く使われる「主要な山」の名称は、開けた平野部のより広範囲の小学校に多く分布していた。また、少数の学校が使用する「地域的な山」は小平野部や山間部に、抽象的名称も小平野部及び山間部に多かった。ここから、平野部ほど山を景色と、山間部ほど生活の場として考えていると考察できる。

キーワード；主要な山 地域的な山 景色としての山 生活の場としての山

1. 研究の目的

校歌には、地域特有の地形や景勝地、歴史的遺産などの名称が歌われることが多い。それらは、その学校の児童や生徒にとって自らの故郷のイメージの一部となるものである。しかしその地域的差異についての研究は乏しいため、その分布やそこから考察できる郷土の観念を解明しようとした。今回は特に、母数が多い小学校、校歌で特に歌われる山(山系)の名称、そして多様な地形がみられる在校地の滋賀県に限定した。

2. 調査方法

私達は、平野部ほど遠くの大規模な山、山間部ほど周辺の小規模な山が歌われると仮定した。ここで、私達は滋賀県内の自治体に属する小学校(特別支援学校等含まれない)のうち校歌の歌詞が入手できた180校の校歌から、山(山系)の名称(※の名称含む)を抽出し、地理院地図で分析した。山(山系)の分類は、

- ① 「主要な山」；10校以上が使用する山(山系)
- ② 「地域的な山」；3校以下が使用する山(山系)
- ③ 「抽象的名称」；(※) とし、

名称がない校歌は「なし」とした。複数の名称を使用する学校は名称の個数と同じ回数分数えた。なお、4校以上9校以下が使用する山(山系)の名称はなかった。

これらのデータを学校の標高と比較した。また、学校と山(山系)の頂上を結ぶ線が、平野部との境界と交わる地点の標高と、頂上との標高差を「山の規模」とし、データと比較した。(詳しくは後述)

(※)「山」「丘」などの抽象的な名詞を抽出した。

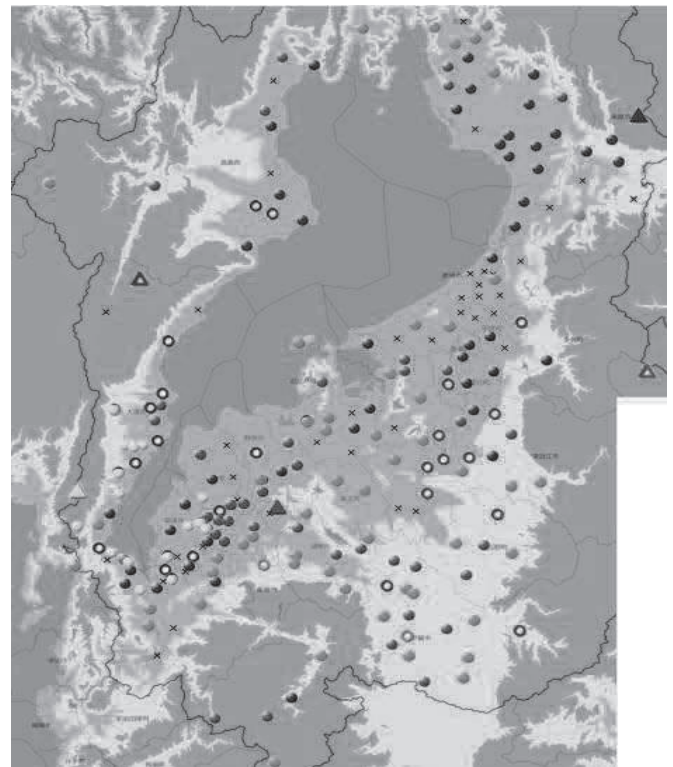
3. 結果

校歌が判明した小学校の使用している山の名称は、

- 主要な山；5山76校(40%)
- 地域的な山；55校(29%)
- 抽象的名称；30校(16%)
- なし；27校(14%)

計188校(重複含む) だった。

右上のグラフはその分布である。



(上)小学校における山の名称の分布。地理院地図で作成。
丸ドットは「山」の名称の学校
円ドット(中白)は「山系」の名称の学校
△ドットは山(山系)の最高点 ×ドットは不明の学校 を表す。
緑；地域的な山 茶；抽象的名称 黒；名称なし
他；主要な山
(青；伊吹山、赤；鈴鹿山系、
桃；三上山、黄；比叡山、紫；比良山系)
レイヤーは標高を表す。
0-85m；青 85-150m；緑 (琵琶湖の水位は86m)
150-300m；黄 300m-；赤 で区切られている。

琵琶湖に開けた平野部には「主要な山」が多い。

例) 南湖周辺[南東の低地]

長浜[琵琶湖北西の平野]

低い山体に囲まれた小平野部には

「地域的な山」や「抽象的名称」が多い。

例) 八幡[中央の低地]

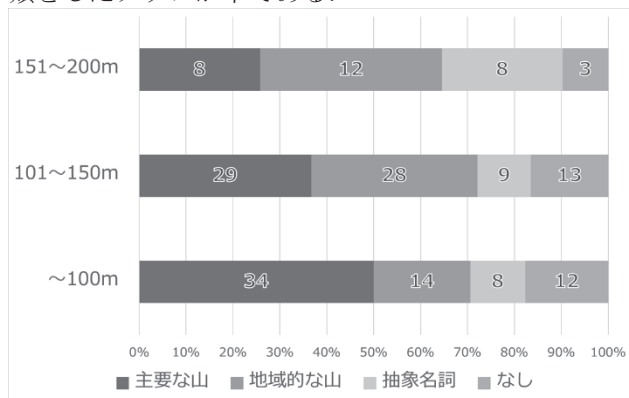
長浜旧伊香郡[琵琶湖東岸の最北]

標高の比較的高い丘陵地や山間部も

「地域的な山」と特に「抽象的名称」が多い。

例) 甲賀地域[南東の丘陵地一帯]

これらをより分かりやすくするために標高別に分類をしたグラフが下である。



(上) 標高別の各学校の分布。
グラフの棒の中の数字は学校数である。

このグラフより、標高が高くなるほど主要な山の割合は減少し、地域的な山と抽象的名称の割合は大きくなっている。一般的に標高は、

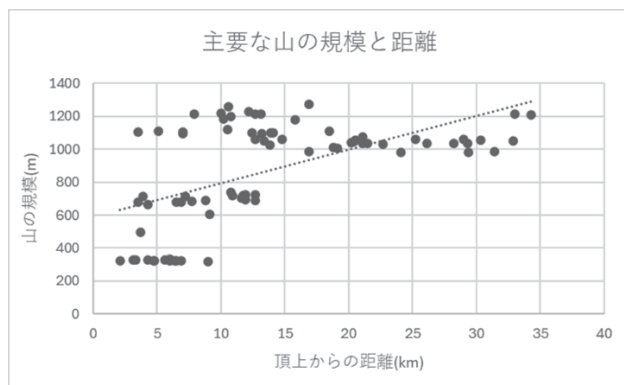
平野部 < 小平野部 < 山間部 と高くなるため、
各々の地域の先述の傾向がみてとれる。

更に、どのような山が主要な山や地域的な山に選ばれているかを明らかにするために、この二種類については、その名称を使用する小学校の広がり範囲と山の規模の関係を調べた。

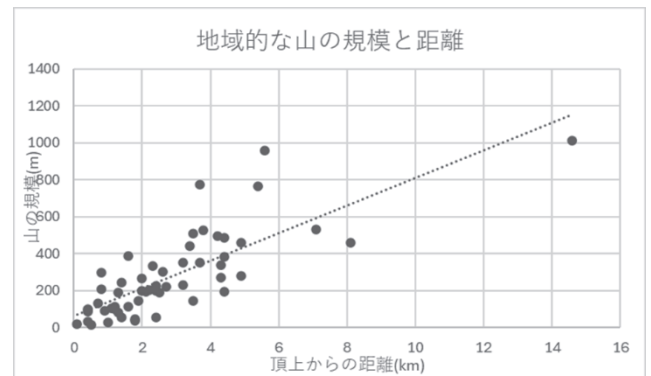
ここで、「山の規模」は次のように定義している。

- ① ある小学校について、使用している山(山系)の最高点と小学校の校舎を線で結ぶ。
- ② ①で引いた線がその山(山系)の山体(標高が周囲の地点より突出して高くなっている場所全体)のふちと重なる点、山体のふちが不明瞭な場合は線上の最高点に最も近い人工物(宗教施設、林道、送電及び電波施設など除く)の標高を読み取る。
- ③ ②の標高と山の最高点の標高の差を「山の規模」とする。

この山の規模と小学校から山(山系)の最高点の距離の関係を表すのが下、右上のグラフ(2つ)である。



(上)が主要な山、(右上奥)が地域的な山についてのグラフ。
縦軸が山の規模(m)、横軸が最高点からの距離(km)。
グラフ中の破線は近似直線。
地域的な山のグラフ中の、横軸 14km 以上にある点は、霊仙山(1083m)である。この点に関しては外れ値とすべきかもしれないが、除外しても相関係数はさほど変わらず、結果に影響しないと考えた。



グラフはどちらも正の相関があり、規模の大きい山(山系)ほど遠くの学校でも名称が使用されている。また、主要な山の方が、同じような標高でも、より広範囲の学校が使用している。さらに、地域的な山の学校は8km以内にほとんど存在するが、主要な山は30km以上離れていても分布し、絶対的に広範囲で使用されていて、主要な山がより視認しやすいと考えられる。

4. 考察

これらの結果から、郷土における山(山系)の捉え方について、次のことが考察できる。

- ① 琵琶湖に開けた平野部では、主要的な山が多いことから、比較的大規模で顕著、また有名な山(山系)を、郷土の景色の一部、遠景として捉えている傾向がある。
- ② 低い山体に囲まれた小平野部では、地域的な山等が多いことから、比較的小規模な周辺の山(山系)を、親近感のある郷土の近景として捉えている傾向がある。
- ③ 周りを山に囲まれた丘陵部や山間部では、抽象的名詞等が多いことから、近隣のごく小規模な山を、郷土の遊び場や生活の場の一部として捉えている傾向がある。

また、その地域ごとの特徴について、以下のようなものが例として挙げられる。(他の特徴は割愛する。)

他の山(山系)より抽象的名詞に近い分布の仕方をしてる鈴鹿山系は、山容がなだらかで谷が入り組み、比良山系などより山系の幅(奥行き)が広く、一帯の山体を総じて鈴鹿山系と呼ぶためと考えられる。

5. 展望

滋賀県以外の地域の研究による普遍性の確認は必要である。また、小学校の在校生数や新しさ、山(山系)の名称の校歌の中での位置づけや表現の仕方を分類し、山の捉え方をより深く考察できると考える。

6. 参考文献及び謝辞

近代日本の小学校に見る校歌の歌詞の変容と郷土とのかかわり
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjomer/49/2/49_13/pdf/-char/ja 須田珠生氏 研究論文
 群馬県中学校の校歌を事例としたテキスト分析により導かれる山岳の景観言語の検討 塚田伸也氏 研究論文
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jila/76/5/76_727/pdf/-char/ja 最後に小さくなったが、
 校歌収集に協力してくださった方々に感謝申し上げたい。

肥沃な土壌を作るミミズの生活環境に適した環境の検証

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 1班

貝塚遼青 芝田宗汰 生喜葵 藤原悠太郎 松本一花 吉川源



要約

ミミズは土壌を改良する作用があるため、ミミズを土壌に留めておくためにはどのような条件の土が良いのか土の温度、水分量、栄養の三つの観点から条件を変え、検証する。

動機・目的

雨が降ると土壌から出てきて次の日に干からびているミミズをよく目にする。これに疑問を持ち、ミミズにとって活動しやすい土壌の条件を検証したいと考えた。ミミズは土壌中の有機物を分解したり土壌の通気性を良くしたりするため、肥沃な土壌を作るにはミミズの土壌内の滞在が不可欠である。よって、ミミズの土中の滞在を促すために、ミミズにとって活動しやすい土壌の条件を検証することを目的とする。

仮説

雨が降るとミミズが土壌から出てくことから、私たちはミミズは冷たく湿った土壌を忌避し、温かく乾燥した土を好むと考えた。

研究方法

- ・下準備 土を条件に合うように調整する。
温:土を湯煎し、温度を20℃前後にする。
冷:同じように氷水で温度を10℃前後にする。
湿:柔らかくなるように水を入れる。
乾:土を三時間程天日干しし、乾燥させる。
(温度は地温計で測定した。)

一回目の実験: 百円ショップの菜園用土を使用

1. 1辺10cmの立方体の透明な容器にそれぞれの条件の土を入れる。
2. それぞれの土壌の上にミミズを二匹放ち、反応を10分間観察し、それぞれ1回行った。

百円ショップの土ではミミズの反応があまり良くなく、ミミズ保管用の自然の土にはよく潜っていることが確認された。そのため、土そのものに問題があるとみて、有機物が豊富な畑の土を用いて二回目の実験を行った。

二回目の実験: 畑で採取した土壌を使用

2の手順で使用する土をすべて畑のものに変え、再度同じように実験を行った。



結果

購入した有機物の少ない土

	温	冷
乾	×	×
湿	△	△

畑で採取した有機物の多い土

	温	冷
乾	○	△
湿	△	△

○はミミズが潜り続けた場合、△は潜った後土から出てきた場合、×は全く潜らなかった場合を表している。

考察・結論

＜乾いた土＞

実験1,2双方で温冷どちらも有機物を多く含む土を好む。

＜湿った土＞ 実験1,2どちらも潜った

→ 【仮説1】湿った土壌を好む

【仮説2】水により土壌が柔らかくなり土に潜る行為が誘発

これらから【仮説2】が正しいと考えられる。

⇒ミミズは温かく乾燥した土を好む

今後の展望(と課題)

反応を観察する時間が短かったことや実験回数が少なかったことで、正確な結果を得られたとは言えないため、それらを改善し、ミミズにとって最適な土の温度や湿度を探る。

栄養の点でも、土によってミミズの反応が異なったことから、どのような成分が多く含まれている土をミミズが好むのか検証したい。

参考文献

- ・ 皆越ようすけ (2013) 「ミミズ 土をつくる生き物 (科学のアルバム・かがやくいのち)」あかね書房

生息環境とコケの保水力の関係について

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 2班



別所愛斗 南井慶也 田村絢乃 徳田風薫

要約

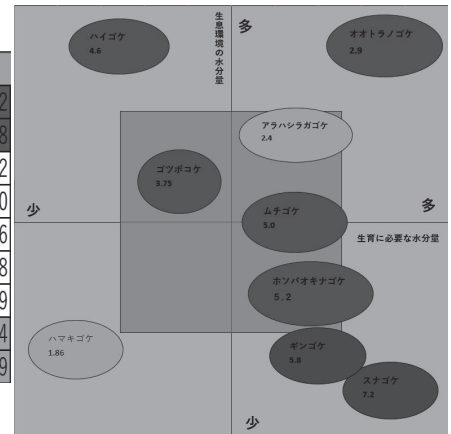
コケの保水力について実験を行い、生息環境と生育に必要な水分量の指標と比べた結果、それぞれが環境に適した保水力があることが分かった。

動機・目的・仮説

水やりをしなくても自生するコケに興味を持った。コケには保水作用があり、周辺の土を湿った状態に保つことができると先行研究で分かっている。そこで、生息環境とコケの生育に必要な水分量は保水力に影響していると仮説を立て、関係性を調べるのが本実験の目的である。

結果・考察

種類	保水率 (4)
スナゴケ	7.2
ギンゴケ	5.8
ホソバオキナゴケ	5.2
ムチゴケ	5.0
ハイゴケ	4.6
ゴツボゴケ	3.8
オオトラノゴケ	2.9
アラハシラゴケ	2.4
ハマキゴケ	1.9



【図】 水分量はWikipedia参照

研究方法

- (1) 身近なところから様々な種類の苔を採取しコケに保水される範囲の土の重さを測るためにで切る限り土を払う。
- (2) コケに霧吹きを用いて水を下から滴る程度までかけ水が滴らなくなってから電子ばかりを用いて重さを量る
- (3) 10日間外に放置し、乾燥させ、その後重さを量る
- (4) (2) ÷ (3) をして、重さの変化の割合 (保水率とする) を求める【表】
- (5) 横軸に生育に必要な水分量、縦軸に生息環境の水分量を取りグラフ化する【図】

【表】

第一象限では保水能力が低かった。

→過剰な水分で根腐りするのを防ぐため。

第二象限では保水能力が高かった。

傾斜部や水はけのよい土地に生息することが多い。

→第一象限のように根腐りすることは少なく、保水能力が必要。

第三象限では保水能力が低かった

→乾燥した状態でも生き抜くことができるように特別な進化をした。(ハマキゴケは赤外線を反射するように乾燥時は色を変える)

第四象限では保水能力が最も高かった。

→乾燥した状態でも水分量を保って生き抜くため。

結論

・コケの保水力には違いがあり、その違いは生息環境における水分量と生育に必要な水分量に関連しそれぞれの生息地に適応出来るようになっている事が分かった。

今後の展望(と課題)

・実験に用いるコケの種類と数を増やすことでデータの数を増やし、さらに数値が土の量によって大きく左右されるので結果に説得力を持たせるために同じ土を用いた実験をしたい。

参考文献

苔の種類 ハッピーモスのコケ辞典 苔の販売専門店ハッピーモス

<https://shop.happymoss.com/?mode=f3>

種類別の苔のクローズアップ写真INDEX モス・ブラン小佐越事務所

mossplan.co.jp/gallery/closeup/index.html



腸溶性医薬品のモデル設計

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 化学3班

青木 咲穂・野末 智子・廣田 琴音・森本 哲平

要約

経口投与でインスリンを体内に取り込むために、こんにやくを用いてそれが実現できる薬のモデルを設計した

動機・目的・仮説

・生物の授業で、糖尿病の治療としてインスリンを体内にとりこむ方法に皮下注射はあるが飲み薬はないと聞き、注射が苦手な人のための飲み薬を作れないかと考え、本実験を行った

・先行研究で脂質ベースの腸溶性コーティングを施したカプセルを使った実験が行われていたが、投与するインスリン濃度を注射の約20倍にすることで効果が表れていた



インスリン濃度を変えずに効果を発揮する新たなカプセルのモデルを考えられないか

研究方法

<実験Ⅰ>

・こんにやくのそれぞれの液性に対する反応を確認した

①こんにやくを酸性（クエン酸水）、中性（水）、アルカリ性（漂白用洗剤）の液体に入れる

②電子レンジを用いて人間の体温に近い35℃で①の状態にこんにやくを保ち、反応を確かめる

<実験Ⅱ>

・こんにやくパフを油脂でコーティングし、胃に似せた環境下で実験を行い、反応を確認した

①4つのこんにやくパフそれぞれにインスリンの代わりに色水をしみこませたうえで、油脂としてバターでコーティングする

②それらをカップに入れたうえで、胃液の代わりに酸性洗剤を加える

③2日間、こんにやくパフの変化を調べる

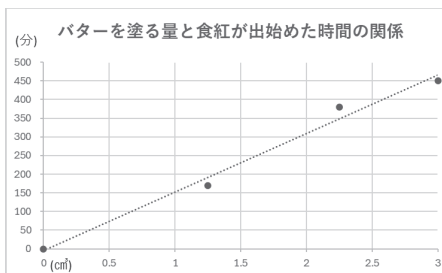
結果・考察

<実験Ⅰ>

	0分	1分	5分	10分	30分	60分	90分
酸性	溶けていない (こんにやく)	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
中性	溶けていない	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
アルカリ性	溶けていない	変化なし	変化なし	変化なし	白くなった (こんにやく)	白さが増した	白さが増した

※酸性の液体では、胃酸の環境に近づけるために入れたパイナップルの繊維が、60分時点ではばらになり、90分時点でもばらばらになったままだった

<実験Ⅱ>



結論

・実験Ⅰについては、こんにやくはどのような液性に対しても溶けることはないと分かった

・実験Ⅱについては、胃の消化時間が7から8時間とされているので、バターが溶けて中の液体がしみでるのに最適な量は約3cmだと分かった

今後の展望

・実験Ⅱについては、インスリンを利用できず、実験回数も少なく、また、条件を等しくすることが出来なかったため、正確なデータを集められるようにしたい

・体内の温度より低い温度で実験したため、同じような温度で実験をできるようにしたい

・今回は薬のカプセルの構造に着目したので、次回はカプセルで包む成分について実験したい

参考文献

・2023年5月公開, 「脂質を充填した腸溶性カプセルを使用した、インスリンの新しい経口送達モードの有望な方法」, 2024/03/08閲覧,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2772950823000912>

微生物発電の電極間の土の厚さによる電圧の変化

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 4班

紀井奈菜 笹尾真希 谷創 眞継将輝



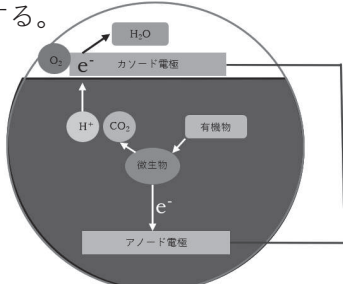
要約

土にある微生物を用いた微生物発電において、電極間距離を変更した結果、電極間距離や使用する土の種類によって電圧が変化することが示唆された。

前提知識

微生物が有機物を分解するときに電子が放出される。泥の中には酸素がなく、嫌気性微生物が存在する。これを発電菌とする。

嫌気性微生物は有機物を分解して発生した電子を泥の中のアノード電極に渡し、カソード電極で水を発生させる。これにより電流が発生する。



動機・目的

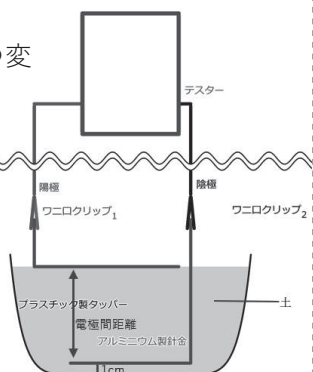
ポタニカルライトという微生物を使った発電によって照明を点灯させるものがあると知り、効率的な微生物発電の方法を明らかにしたいと考えた。そこで私たちは電極間の土の厚さによる電圧の変化を調べたいと考えた。

仮説

発電菌は土の厚さが大きくなるほど土の酸素濃度が下がり活動が活発になると考えた。そこで私たちは土の厚さが大きくなるほど電圧は高くなると仮説を立てた。

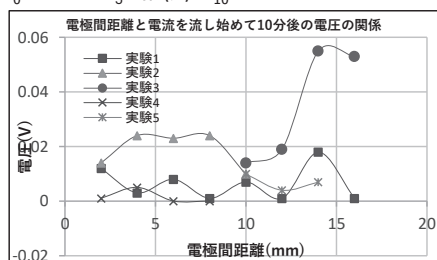
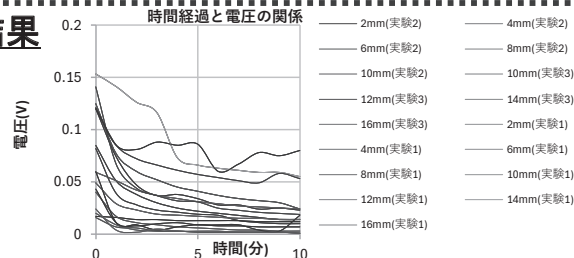
研究方法

右図の装置の土の厚さを2mm～16mmまで2mmずつ変えて10分実験を行い、電圧値は1分ごとに記録した。一度実験に使用した土は変えて実験を行った。使用した土は腐葉土と培養土である。しかし、それぞれの実験を行った日時が異なるため、温度と湿度が異なっている。



実験1	： 培養土	2mm～16mm
実験2	： 腐葉土	2mm～10mm
実験3	： 腐葉土	10mm～16mm
実験4	： 培養土	2mm～8mm
実験5	： 腐葉土	10mm～14mm

結果



考察

- ・ 培養土よりも腐葉土で実験した際の電圧の値が大きくなっているのは有機物が腐葉土の方が多いためと、培養土は植物の生育に適した排水性になるよう配合されていることにより中に含まれる空気が多いためではないか。
- ・ 発電菌は土の厚さが大きくなるほど酸素濃度が下がり活動が活発になると考えられるが、反対にその分土壌の中を水素イオンが流れにくくなると考えられるため最適な土の厚さは分からなかった。

結論

電極間の土の厚さによって電圧が変化することは分かったが、最適な電極間距離は分からなかった。

今後の展望

- ・ 土の種類を変えず同じ種類の土を継続して使用した場合の実験を行う。
- ・ 同じ土を繰り返し使用した場合、土中の微生物は増殖し、より発電が進むのではないかと考えられるため、電圧は変化するのではないかと。

参考文献

- ・ 井上明・中島春紫（共著）2009年、微生物学入門、オーム社
- ・ 加納健司（監修）2018年、バイオ電池の最新動向、シーエムシー出版
- ・ 神野将志（著）2019年、電池BOOK、総合科学出版
- ・ 日本化学会（編）2022年、モビリティ用電池の化学、化学同人
- ・ https://www.mirai-kougaku.jp/explore/pages/201120_02.php
- ・ <https://www.rikelab.jp/3182.html>
- ・ <https://mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/181012.php>

自動車後部形状による空力特性の変化



滋賀県立膳所高等学校 1年9組 物理5班

村田日向 堤蒔悟 瀧川奏星 丸野裕貴 中川いづみ 飯島淑登

要約

自動車後部の2つの空力パーツの角度を変化させると、互いに影響を及ぼしながら自動車にかかる流体力が変化した。

動機

競技用自動車等によく用いられる空力パーツの中で、リアウイングとリアディフューザーに注目した。リアディフューザーの角度だけを変化させて、抵抗を測定した先行研究では、その角度が25度から30度の時に抵抗が最も小さくなることが分かっているが、リアウイングも装着した時には車体後部の気流にそれらがどのように影響し、抵抗がどう変化するのに興味を持った。

目的

車体後部に取り付けられる、リアウイングとリアディフューザーの空力的効果を確認めるとともに、それらがより効果的となる条件や関係を見つける。

仮説

リアウイングとリアディフューザーが互いに車体後方の気流に影響を及ぼしあっていて、空力性能が向上するための条件がある。

研究方法

自動車の簡易的な3Dモデルを作成し、コンピュータ上のシミュレータで、車体にかかる流体力を測定した。

ソフトウェア

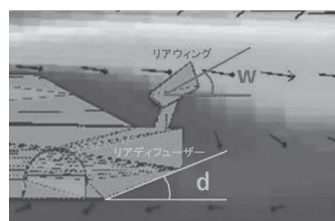
- ・Fusion 360 (3DCADソフト)
- ・Flowsquare+ (CFDソフト)

動作環境

CPU Intel Core i5-8500 3.00GHz
RAM 16.0GB
OS Windows 10 (64bit)

方法

- ① Fusion360を用い、リアディフューザーとリアウイングの角度をそれぞれ0度から30度まで5度ずつ変化させて装着した自動車モデルと、リアウイングを装着しない自動車モデルを作成。
- ② ①で作成したモデルをFlowsquare+にインポート。
- ③ Flowsquare+上で、それらの車体モデルにかかる流体力を測定。
- ④ 出力された結果を視覚的にわかるように図表化し、角度ごとの抵抗、揚力について分析。



結果・考察

リアウイング、リアディフューザーの角度と抵抗(N)

リアウイングの角度

30°	1196.703	848.4573	1042.277	927.3339	957.3772	1040.987	1223.978
25°	993.7908	1018.603	1067	941.5577	941.6438	1046.093	944.4211
20°	1040.892	926.2647	1212.092	978.7628	977.8384	1214.902	1024.143
15°	947.4777	1013.249	893.9528	1011.491	1065.823	969.6332	986.7262
10°	872.5609	941.4739	928.1084	971.0096	877.1557	1070.514	898.3825
5°	896.6874	1016.695	1078.388	902.3137	824.4954	1054.266	1106.095
0°	1186.336	1007.197	977.5777	807.491	1083.414	984.96	947.0417
none	1205.519	1024.942	1129.519	1106.526	817.8945	1067.356	986.6071
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°

リアディフューザーの角度

小 大

上記結果より、斜め帯状に、近い値が分布している傾向がある程度認められることから、リアウイングとリアディフューザーは互いに影響しあっていて、2変数としての関係があると考えられる。

リアディフューザーはおよそ15°～20°で最小の抵抗になる。これは、先行研究での値と異なることから、抵抗が最小となる角度は車体のほか部分の影響で変化すると考えられる。

リアウイング、リアディフューザーの角度と揚力(N)

	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
30°	586.6123	725.2673	615.2077	671.906	658.7841	641.3688	541.5529
25°	629.9168	654.4759	718.8576	642.2929	592.5935	625.5042	683.0161
20°	664.0337	687.4002	579.0841	643.3639	648.6166	515.8945	627.4241
15°	672.8422	630.2751	674.3074	630.5521	576.5592	691.461	626.1706
10°	524.6726	1001.568	996.533	635.5642	679.9262	592.901	694.5715
5°	687.7254	650.8112	654.0443	725.666	716.819	645.7658	627.5397
0°	623.2331	651.2107	695.5053	788.1356	651.105	698.7693	717.9425
none	616.433	766.558	689.958	572.8862	779.7878	743.7912	692.3477

この結果より、リアウイングの角度は大きいほど、揚力が小さくなることは考えられるが、リアディフューザーについては、あまり明確な傾向が見られない。また、揚力は負の値であることが望ましいにも関わらず、このデータにおいてはすべて正であることが大きな問題である。よって、このデータの信頼性、有意性は低く、このデータから何らかの結論を出すことは適当でないと考える。

今後の展望

- ・出力された結果の分散が大きいので、シミュレーションの試行回数をさらに増やして、結果を安定させる。
- ・実験する角度を増やし、変化の傾向がより表れやすいようにする。
- ・揚力が正になった原因を解明し、形状を改良する。
- ・地上高の変化、前方の形状の変化による影響についても考察する。

参考文献

- ・自動車設計生産システム研究室 大西博規 2008年 車両ボディの後部形状の最適化
- ・ムーンクラフト株式会社 2018年 CFDレーシングコラム ディフューザー編 <https://www.mooncraft.jp/blogstaff/aerodynamic/cfd-diffuser/>
- ・由良拓也、ゆらく屋 <https://www.mooncraft.jp/yuratakuya/juku/index.html>

アクセス日 12月14日

パラシュートの形状と滞空時間・安定性の関係



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 物理6班

塚本湖太郎・高山智也・藤川智哉・北川祐樹・梅谷将大

要約

同じ面積の正多角形のパラシュートにおいて、角の数が上がるほど滞空時間は増加するが、安定性は低下する。頂部通気孔をあけることによって滞空時間は増加し、安定性に関しては開けない場合に比べてあまり変化が見られない。

動機・目的・仮説

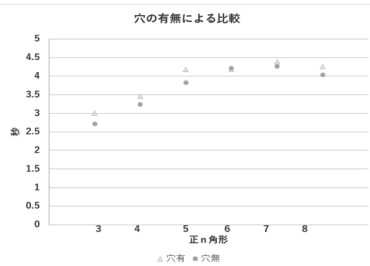
- ・宇宙開発が盛んな現在、帰還船に使用されるパラシュートについて、限られた面積の中で最も効率の良い形状が何なのかという点に興味を持った。
- ・形状について六角形または八角形が安定するということは既にわかっているが、等しい面積の図形において、どの形状が最も滞空時間が長いか、また頂部通気孔をあけることによって滞空時間がどう変化するかはまだわかっていない。
- ・そこで、等しい面積の図形において角が多い図形がより滞空時間が長く、頂部通気孔は目的とする地点により正確に落ちるという仮説を立て、最も滞空時間が長い図形、そして、頂部通気孔を開けた場合の安定性と図形との関係を明らかにすることが本研究の目的である。

研究方法

- ・以下の条件で実験・調査を行った。
- ①パラシュートの形状は面積約700cm²の正三角形、正方形、正五角形、正六角形、正七角形、正八角形である。
- ②パラシュート1つ当たりの質量は約8g。(パラコードの重さは考慮しないとする。)
- ③パラコードの長さは30cm。
- ④パラシュートの落下は、風の影響の少ない体育館で行う。高さ556.8cmの地点から落下させる。
- ⑤頂部通気孔の大きさは直径3cmの円。
- ⑥まず頂部通気孔をあけない場合を全図形5回ずつ実験を行い、次に頂部通気孔をあける場合を全図形5回ずつ実験を行う。
- ⑦落下するまでの時間を滞空時間として測る。また、落下地点の真下を目標地点とる。そこと実際に落下した場所の長さをずれとして、ずれを安定性の指標とする。加えて、落下する軌道からも安定性を判断する。

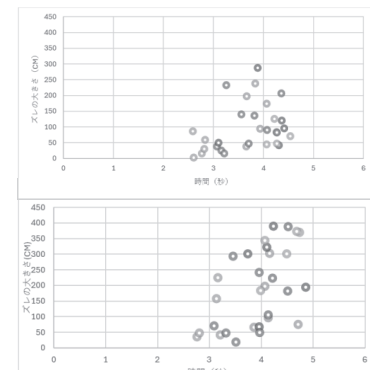
結果・考察

■形状による・頂部通気孔の有無による違い



- 角の数を増やす→滞空時間増加
- 頂部通気孔あり→滞空時間が長い
- 頂部通気孔なし→滞空時間が短い

■着地地点のずれについて



頂部通気孔なし
→着地地点のずれ
小さい

頂部通気孔あり
→比較的着地地点
のずれ大きい

【考察】

角が増えるほどずれは大きく滞空時間は長い。さらに頂部通気孔を開けることによって、さらに滞空時間がのび、それに伴ってずれも大きくなる。

今後の展望(と課題)

- ・頂部通気孔には円だけでなくほかの形状もあり個数もさまざまである。そのため今後は頂部通気孔の開け方による滞空時間・安定性の変化を研究していきたい。
- ・角の数が上がるごとに螺旋状に落下していたためそれについて研究していきたい。
- ・形状が円の場合についての実験を行いたい。

参考文献

- ・パラシュートの形・パラシュートの落ち方調べ
<https://showa-gakuen.net>
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h24/121049.pdf>

メトロノームの音とリズムを刻む感覚の関係

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 7班

赤坂和花 阿部孝我 岩島志依奈 武田莉菜子 田上新之助 早川寛人



要約

人間の持つリズム感とは、メトロノームの音を聞くことで狂うことがあるのか。また、テンポの速い音と遅い音を聞いたときにそれぞれどのような狂い方をするのか。このようなことを調べるために実験を行った。その結果、メトロノームの速さに関わらず全体を通して、より遅いリズムをきざむようになることが分かった。

動機・目的

クラシック音楽を聴くと時間がゆっくりと流れているように感じる。このように、人の時間感覚は外界からの影響で変わることが知られている。しかし、どのようなときに時間を早く感じ、どのようなときに遅く感じるのか、どの程度の影響を受けるのかは分かっていない。今回の研究では、リズム感が外界から受ける影響を調べるために実験を行った。

仮説

速い音を聞いているときは、自分のテンポが速くならないようにテンポを遅くする。また、遅い音を聞いているときは、自分のテンポが遅くならないようにテンポを速くするという仮説を立てた。

研究方法

〈使用したもの〉

- ・Googleのオンラインメトロノーム
- ・1/100秒まで測れるストップウォッチ(スマートフォンを使用した。)

〈実験方法〉※1

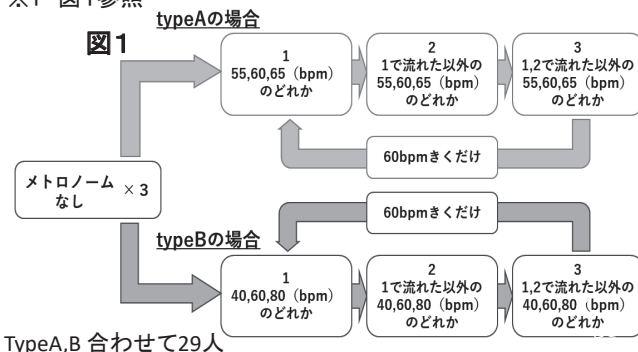
- ①被験者に計3回ストップウォッチで15秒計ってもらう。(それぞれ最初の3秒間だけストップウォッチの画面を見る。)
- ②次にメトロノームの音を鳴らした状態で①を行ってもらう。

メトロノームのテンポは、

type A {55,60,65}, type B {40,60,80} (bpm)を1セットとし、2種類のいずれかを3セット行う。なお、1セットの中で順番はランダムである。また、1セットごとに60bpmのテンポをメトロノームで確認してもらう。

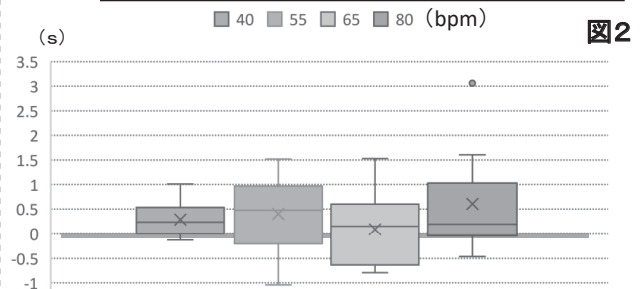
※メトロノームのテンポと結果は被験者には実施中に開示しない。

※1 図1参照



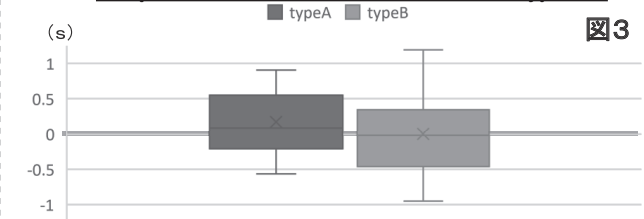
結果

メトロノーム有り(平均値)と無し(平均値)の差



- ・全体的に計測時間が長くなる傾向にある。
- ・80bpmのときにはずれ値が一つある。

60bpmのときとメトロノームなしの差(type別)



- ・どちらもメトロノーム無しの場合との差は小さい。
- また、メトロノームなしの結果は15秒より長くなる傾向にあった。

考察

- ・図2より、メトロノームのテンポに関わらず同様の結果が得られたことから、仮説にあるような調節はなく、あったとしても実際には影響しないと考えられる。
- ・図2より、メトロノームの音を聞くことがリズム感に影響を与えようと考えられる。しかし図2、3より、60bpmの場合にはメトロノームの影響がみられないことがわかる。従って、ヒトの刻んでいるテンポとメトロノームのテンポが異なることが、リズム感に影響を与える条件であると考えられる。

結論

メトロノームのテンポにもよるが、メトロノームの音を聞くことで1秒を刻む間隔は遅くなる。

今後の展望と課題

- ・被験者を増やす。
- ・調べるテンポの種類を増やす。
- ・自動で正確に実験を行えるような装置を作成する。
- ・60bpmと65bpmの時に影響があまりなかった理由を調べる。

膳所高校をモデルとした避難を始めとする 人の移動の最適化について

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 8班
杉本一心 岡安孝太郎 井筒亮人 馬場陸人 隼瀬良太



要約

膳所高校の全校生徒をグラウンドに集める、というモデルを用い、経路や移動開始タイミングなどの条件を変えてシミュレーションを行った結果、適切な避難経路を定めることの重要性が明らかになった。

動機・目的・仮説

・動機

現在、多くの避難訓練において、避難経路を定め、それに従って一斉避難を行っているように思われ、本校でも同様であるが、果たしてそれは避難方法として最適なのか疑問を感じた。そもそも避難経路が必要なのか、また待機時間をあえて作ることで、混乱を防ぐことができ、かえって避難が速くなる現象が起こらないのか検証したいと考えた。この研究は、膳所高校での避難に活かせるだけでなく、一般に避難計画の策定に活かすことができると考える。

・目的

避難のルートや開始時間を調整することによって最適な避難方法を見出す

・仮説

全員が最短ルートを通るより、混雑が少なくなるような避難ルートに従ったほうが、避難にかかる時間が短くなる。

一斉避難よりも、時間差をつけて避難したほうが、避難にかかる時間が短縮される場合がある。

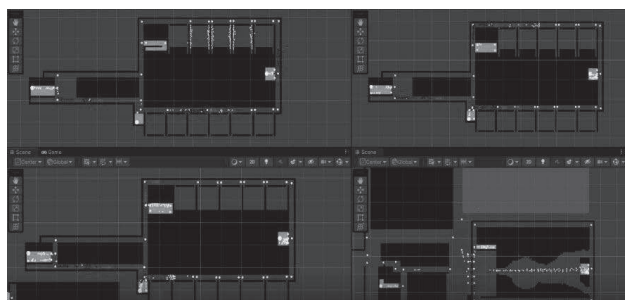
研究方法

膳所高校をモデルに用い、全校生徒が第一グラウンドに避難する場合を想定し実験を行う。検証方法としては3Dソフト「Unity」を用いてシミュレーションを行い、条件を変えて繰り返し避難を行い、避難完了時間と一人当たりの平均移動時間を計測。さらに人流の様子も観察する。

具体的には、2つの条件で対照実験を行った。

①4箇所の階段に分散する場合(a)と全員が最短ルートを使う場合(b)

②一斉に避難を開始させる場合(a)と避難開始時間をずらす場合(c)



結果・考察

・結果

実験を行ったところ結果は以下の通りになった。

①	a(階段四か所)	c(最短ルート)
移動完了時間 (秒)	395	456
一人当たりの平均移動時間 (秒)	213.3	230.3

②	a(一斉に移動)	b(時間をずらす)
移動完了時間 (秒)	395	399.05
一人当たりの平均移動時間 (秒)	213.3	236.9

①では移動完了時間・平均の移動時間ともに階段を四か所使用した場合に、全員が最短ルートを使用した場合と比べ大きく移動時間が短縮した。

②では移動を開始する時間をずらすと混雑の緩和が見られた一方移動時間は長くなった。

・考察

①より避難時に最短ルートを選択するよりも分散して移動するほうが早く移動できることがある。

②では避難開始を遅らせたことのほうが移動時間の短縮よりも影響が大きくなってしまったため、避難時間短縮には至らなかった。一方、避難開始を遅らせた方が階段での混雑が少なく、群衆事故の防止につながるのではないかと考えられる。

結論

避難について、最短ルートを選択するより早くなるルート選択があることが分かったが、避難開始時間をずらすことによる移動時間の短縮についてはまだ明らかでない。

今後の展望

- ・ 避難開始時間のずらし方について、機械学習を用いるなどして最適化を図る。
- ・ 人が密集することによる危険性を数値化することで、避難方法を比較する指標を増やす。
- ・ 試行回数を増やし、実験の正確性を上げる。
- ・ より実際の避難に活用できるよう、使用できない通路や違う集合場所を設定して実験を行う。

参考文献

- ・ 警備員指導責任者二号警備
- ・ 雑踏警備業務検定1級

テーマ



滋賀県立膳所高等学校 1年 9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。
（研究に取りかかるきっかけや着眼点・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すべて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。
- ・実験回数をできるだけ増やす。
- また、グラフには標準誤差を記載する。

$$\text{標準誤差} = \frac{\sqrt{\text{標準偏差}}}{\sqrt{\text{測定回数}}}$$

- ・有効数字に注意し、単位の表示を必ず行う。
- ・キャプションは、図は下 表は上 に記載する。
- ・印刷が黒一色の場合も考えて、濃度や線の種類を工夫して表現する。

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をリサーチクエスションという。
このリサーチクエスションに確実に答えられる方法がとれているか。
（記述する必要はないが、研究方法では明らかにならない、研究の限界点も考えておくこと）
- ・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。

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（調査）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 等の著者不明の情報は不可

6つのDomain of Competence 評価ルーブリック

		A	B	C	D
主体性	1	自らの問題意識に即して課題を設定し、問題解決に向けて、試行錯誤しながら粘り強く継続的に取り組むことができる。	自らの問題意識に即して課題を設定し、問題解決に取り組むが、困難に直面するとひるんでしまう。	与えられた課題に対して、自ら問題解決の方法を考え、解決に向けて取り組むことができる。	与えられた課題に対して、消極的であり、自ら問題解決に向けて行動することができない。
協働	2	問題解決に向けて、グループ内で役割を分担して行動するとともに、グループ全体の状況を把握し、自身の果たす役割を調整しながら行動することができる。	問題解決に向けて、グループ内で役割を分担して行動し、必要に応じて他のメンバーを支援することができる。	問題解決に向けて、グループ内で役割を分担して行動するが、自身の役割を果たすに留まっている。	問題解決に向けて、グループ内で役割分担や相互の支援をすることなく、行動している。
議論	3 主張	自身の考えを、相手の認識や知識の程度に配慮して、論理的かつ適切な表現によって説明することができる。	自身の考えを、論理展開に注意し根拠を示して、分かりやすく説明することができる。	自身の考えを伝えようとするが、説明不足や論理の飛躍により、論旨を明確にすることができない。	自身の考えを伝えようとするが、うまく言語化して説明することができない。
	4 傾聴	自身の考え方との違いに注意し、必要に応じて質問を投げかけながら、他者の意見の正確な理解に努めることができる。	自身の考え方との違いに注意しながら、他者の意見の理解に努めることができる。	他者の意見に耳を傾けるが、自身の認識の枠組みから抜け出すことができない。	自身の考え方にこだわってしまい、他者の意見に耳を傾けることができない。
	5 昇華	提示された様々な意見の共通点や相違点を整理し、それらの意見を統合して、より良い問題解決の方法に至ることができる。	提示された意見を踏まえて、より良い問題解決の方法を模索することができる。	提示された意見の中から良いものを選択しようとするが、それらを越えたより良い問題解決の方法を模索することはしない。	それぞれの意見をただ提示するに留まっている。
思考力	6 論理的思考	ある問題について、多角的な視点で捉え、論理的かつ客観的な思考により解決に至ることができる。	ある問題について、論理的な思考により解決に至ろうとするが、客観性に欠けるところがある。	ある問題について、論理的な思考により解決に至ろうとするが、論理に飛躍や破綻が見られる。	ある問題について、論理的に推論を行うことができない。
	7 批判的思考	提示された事柄を、鵜呑みにせず批判的に捉えることを通して、問題の本質に迫ることができる。	提示された事柄を、鵜呑みにせず批判的に捉えることができるが、問題となる論点を明確にするには至らない。	提示された事柄を、鵜呑みにせず批判的に捉えようとするが、問題点をみつけることができない。	提示された事柄を、鵜呑みにし、安易に事実として受け入れてしまう。
メタ認知	8 自己認識	自身の認知の歪みや偏りの性質を理解し、必要に応じて修正することができる。	自身の認知に歪みや偏りがあることを自覚し、それがどのような性質であるかを理解している。	自身の認知に歪みや偏りがあることを自覚している。	自身の認知には歪みや偏りが無いと考えている。
	9 状況認識	自身の置かれた状況を客観的に捉え、それを踏まえて適切にふるまうことができる。	自身の置かれた状況を客観的に捉えることができる。	自身の置かれた状況を客観的に捉えようとしているが、認識が不十分である。	自身の置かれた状況を客観的に捉えることができない。
感性	10 知的好奇心	見聞きする現象について、不思議を感じ、抱いた疑問に対して自分なりの仮説を立てることができる。	見聞きする現象について、当然視することなく、なぜそのようなことが起こるのか、不思議に感じるることができる。	見聞きする現象に対して興味を持ち、注目することができる。	見聞きする現象に注意を払うことなく、やり過ごしてしまう。
	11 観察	眼前の事象を、先入観や偏見に囚われることなくありのままに観察し、新たな視点で捉えることができる。	眼前の事象を、先入観や偏見に囚われることなく観察しようとしているが、それらから脱しきれていない。	眼前の事象に注視しているが、先入観や偏見に基づいて捉えている。	眼前の事象に注視することなく、先入観や偏見のままに安易に捉えている。
	12 身体知	言語には表れない感覚的な事柄を、自身の体験に基づいて実感として捉えることができる。	言語には表れない感覚的な事柄を、一定程度捉えられているが、自身の体験との結びつきが不十分である。	言語には表れない感覚的な事柄を、捉えようとしているが、それを裏打ちする実体験が不足している。	言語には表れない感覚的な事柄があることに思い至っていない。

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。 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。	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。 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。	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。 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。	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。 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。	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。 得られたデータを緻密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。
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。 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。	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。 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。	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。	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。 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。	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。 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。	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。 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。	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。 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。	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。 科学論文の形式を意識して論述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。 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。 科学論文の形式を意識して論述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受け答えする能力を概ね身につけている。 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。	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。 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。 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。	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。 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。	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。 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。	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。 キーワードを効果的に用いて、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。	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。 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。	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。 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

科学的探究に関する標準ルーブリックと指導方略	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			
観点(上段)→ 本質的な問い(下段)→ 基準(上段) 微候(下段)↓	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いだし、次の探究のプロセスが見据えられている
微候 一連の探究の手続きを理解し、省察を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、実際に評価可能な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いだしたり、その解決にむけたアプローチを考案したりしている
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、妥当性のあつた方法を多角的・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
微候 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合わせようか悩んでいる	○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 ○評価可能な目標や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ている ○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 ○実験と理論論が結びついていない △[理論論への]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なされている △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、どういことが起こるか、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	・「考えうる原因は?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
微候 個々の探究の手続きを意識して探究活動を行っている	○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 ○目的に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よくわかっていない △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 △何をもち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、比較的パラッ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(正しい結果が間違っていない結果は問わない) ○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 ・実験の制約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ろうと指示する ・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ッ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ない	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
微候 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いい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らいいかわからない	○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 ・どんな疑問でもいいので書き出す ・研究者の話聞かせる	・興味や部活動の話聞く ・子供の頃の疑問聞く ・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ひかける ・実験道具の使用方法レベルからの指導(テストのつなぎ方等)	・なぜ上手くいったのか問ひかける
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
微候 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表現されていない △何を対象としていいかわからない	○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) 微候(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？		
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。
微候 一連の探究の手続きを理解し、省察を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、見直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。
微候 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を立てられている。	○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。 ○(先行研究と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。
微候 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。	
微候 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。 △具体的にどのような結果が得られたら、その問い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 ・どんな疑問でもいいのでできるだけ書きあげさせる ・研究者の話を聞かせる	・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。)			
微候 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。 △何をしようかわからない。 △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。)			

膳所高校理数探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)
Zeze Tarou Zeze Hanako Risuu Kao Risuu Kako

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「膳所高校理数科理数探究 (10.5pt)」, 右端に半角「R6.3.12 (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、付録にまとめることよい。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行の空行をいれる。節タイトルの前にも空行をいれるが、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

u	y		
	N	Z	P
r	N	N	N
	Z	P	Z
	P	P	P

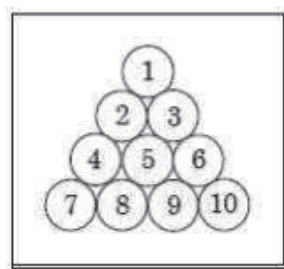


図1: サンプル図

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で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、図表の前後には空行をいれて、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., Publishing 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「セ」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 5 年度 理数科理数探究論文集

令和 6 年 3 月 2 9 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 1 1 - 1

TEL 077-523-2304 FAX 077-526-1086