

令和6年度
(2024年度)
理数探究
論文集
—第27号—

文部科学省指定スーパーサイエンスハイスクール事業

滋賀県立膳所高等学校

生徒の可能性を引き出す探究活動の開発・実践を目指して

滋賀県立膳所高等学校

校長 嬉野 公人

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

平成18年(2005年)には文部科学省からスーパーサイエンスハイスクールに指定され、理数科はその取組の中核として位置づけられ、課題研究については学校設定科目「探究」「探究S」を設定し、課題設定能力の向上や、探究活動の評価方法等について研究を積み重ねてきたところです。

現行の学習指導要領においては、「探究」が一つのキーワードとして重視されているところですが、理数科の生徒は、昨年度から1年次に学校設定科目「探究S」2単位を学び、2年次で「探究S」1単位と従前の「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2単位履修することになっています。「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た探究活動を進めることとなっています。

本論文集は、本校理数科2年生が「理数探究」でテーマ設定から論文集としてまとめるまで、大変苦勞し模索し取り組んできた研究の成果です。生徒の皆さんには、この1年間の努力に心からの敬意を表したいと思います。この「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、早くから探究活動に取り組んできた本校には、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たら幸いです。

また、今年度の取組の発表として、令和7年2月14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、東京大学大学院情報理工学系研究科の高橋宏知教授から、「生命知能と人工知能～脳をリバースエンジニアリングする～」との演題で御講演いただきました。高橋教授から、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。高橋教授に厚くお礼申し上げます。

さて、皆さんの中にはこれまでの探究的な学びから、人生の流れを大きく動かす出会いをした人もいるかもしれません。またそうでない人もこの学びを契機として、新たな学びや次なるステップへとつながってほしいと思います。こうした探究的な学びは研究と違い、必ずしも成果を得られなくてもいいと考えています。上手くいかなかったことの分析や、次のステップを考えるなど、取組の結果や考察、経験を言語化し、メタ認知できたかどうかのリフレクションを大切にしてほしいと思います。

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をはじめ多くの皆様に心から感謝申し上げます。

目 次

生徒の可能性を引き出す探究活動の開発・実践を目指して

滋賀県立膳所高等学校 校長 嬉野 公人 1

論文集

キノコの電気シグナルについて 4

中川いづみ 飯島淑登 藤原悠太郎 丸野裕貴

ケラチンが燃料電池に与える影響についての考察 8

青木咲穂 貝塚遼青 廣田琴音 松本一花 南井慶也

色素増感太陽電池における電解液のゲル化とその最適条件 12

紀井奈菜 笹尾真希 徳田風薫 野末智子 眞継将輝

液体への衝突と水の散らばり 16

岩島志依奈 芝田宗汰 高山智也 武田莉菜子 塚本湖太郎

フェンスの構造と衝撃吸収の関係 20

北川祐樹 田村絢乃 堤蒔悟 赤坂和花 田上新之助 村田日向

磁力の総量と配列の関係 24

井筒亮人 梅谷将大 岡安孝太郎 生喜葵 吉川源

霞堤の効果と改良について 28

杉本一心 瀧川奏星 馬場陸人 早川寛人 隼瀬良太

グランディ数を用いた自作ゲームの必勝法の考察 32

阿部孝我 谷創 藤川智哉 別所愛斗 森本哲平

発表ポスター集（日本語） 39

発表ポスター集（英語） 57

代表口頭発表スライド 75

講評 85

付録

普通科1年「探究」テーマ一覧、ポスター（抜粋） 92

普通科2年「探究」テーマ一覧、論文（抜粋） 95

理数科1年「探究S」ポスター集 100

理数科1年「探究S」ポスターフォーマット 111

ループリック（6つのDomain of Competence、科学的・数学的探究） 112

膳所高校理数探究論文フォーマット 115

論 文 集

キノコの電気シグナルについて

Electrical signals in mushrooms

中川いづみ 飯島淑登 藤原悠太郎 丸野裕貴

Nakagawa Izumi Iijima Yoshito Fujiwara Yutaro Maruno Yuki

要約

大学の研究グループが、野生のキノコにおいて降雨後に電氣的な活性が変化し、それが維持されることを、初めて測定することに成功したという調査結果を発見した。そこで、キノコの電気シグナルと外的刺激の関係について探究活動を進めることにした。接触的刺激か否かという観点で様々な外的刺激を加え、キノコ間の電位差の変化を数値で記録した。その結果、刺激の種類によってキノコの電位差の変化の仕方が異なることが分かった。よって、環境変化の種類とキノコの電気シグナルには関連性があり、キノコは環境の変化の仕方に応じて発する電気シグナルを変化させていると考察した。

ABSTRACT

A university research group has discovered findings that show for the first time that electrical activity is altered and maintained in wild mushrooms after rainfall. Then, we decided to proceed with exploratory activities on the relationship between electrical signals and external stimuli in mushrooms. Various external stimuli were applied in terms of whether they were contact stimuli or not, and the changes in potential differences between mushrooms were recorded numerically. As a result, it was found that the way in which the potential difference between the mushrooms changed depended on the type of stimulus. Therefore, there is a relationship between the type of environmental change and the electrical signals of the mushrooms, and we hypothesized that the mushrooms change their electrical signals in response to the way the environment changes.

キーワード：キノコ、電位差、シグナル伝達、菌糸ネットワーク

1. はじめに

東北大学や京都大学などの教授からなる研究グループが、森林の地面の上に発生した外生菌根菌オオキツネタケに電極を設置したところ、降雨後にキノコの電氣的活性が変化し、それが維持されることを野外で測定することに成功した。[1][2] これはキノコが菌糸ネットワークによるシグナル伝達を行っている可能性を示唆している。そこで我々は、キノコの生育環境と電気シグナルの関係に興味を持ち探究活動をすすめた。先行研究ではキノコは電気信号伝達を行っているという事実はわかっているが、電気シグナルがどのような条件で変化するのかや、何と関連性があるのかなどは研究されていない。そこで、私たちの班はキノコの電気シグナルと環境変化の関係性を調べ、法則性があるのかを本研究の目的とした。ここで、キノコは接触的な刺激を利用することで胞子を飛ばしているということが知られていることから、我々は加わる刺激が接触的刺激か、非接触的刺激かという点でキノコの電気シグナルの変化の仕方は異なるのではないかという仮説を立てた。ここでいう接触的刺激というのは具体的にはキノコを切断したり、キノコに水をかけたりすることであり、非接触的刺激とは光を当てたり温度を上昇させたりという空間的な刺激のことである。



図1：オオキツネタケのキノコに設置された電極

2. 実験方法

我々は今回、スーパーに売られている市販のキノコを実験に使用し、電位差の測定にはデジタル電圧計を使用した。キノコの傘に電極を刺し、キノコの個体間での電位差の変化をデジタル電圧計を使って具体的な数値を読み取った。キノコの下部がつながっているもの(キノコAとキノコB)とつながっていない1個体(キノコC)に分けて、個体間を電極につないだ。キノコAに刺激を与え、キノコB、C間の電位差を測定した。



図2：ぶなしめじ



図3：デジタル電圧計

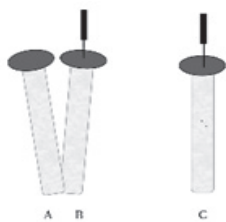


図4：実験模式図

3. 実験 1

3. 1 目的

市販のキノコにも菌糸ネットワークによるシグナル伝達が行われていることを確認する。

3. 2 方法

下部が全てつながっているキノコを使い、キノコ A に刺激を与える(今回の実験では霧吹きで水をかけた)。そして、キノコ B と C 間の電位差を測定した(図5)。また、キノコ A, B とキノコ C に分けた場合においても同様の実験を行い、電位差を測定した(図6)。

この実験では菌糸ネットワークを介したシグナル伝達が行われている場合、図5には電位差が生じ、図6で電位差が生じないと予想される。

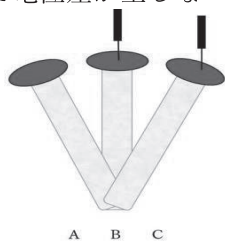


図5

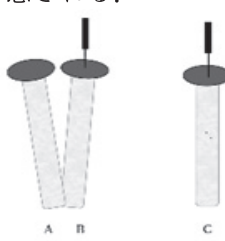


図6

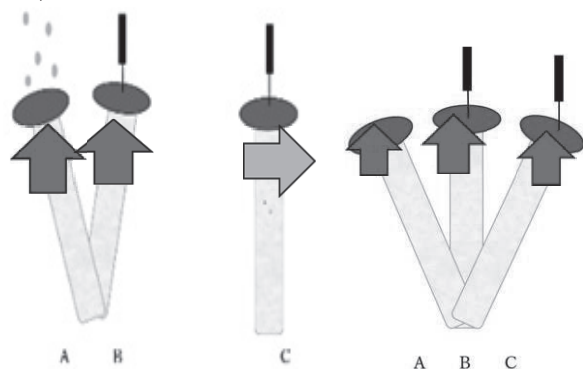
3. 3 結果

図5における実験では電位差の変化がみられなかったが、図6では電位差の変化がみられなかった。

3. 4 考察

図6では、キノコ A に刺激を加えたことで電気シグナルがキノコ B にのみ伝わり、キノコ B, C 間で電位差が生じたと考えられる。

一方、図5ではキノコ A からキノコ B, C の両方に電気シグナルが伝わったため、電位差は生じなかったと考えられる。



4. 実験 2

4. 1 目的

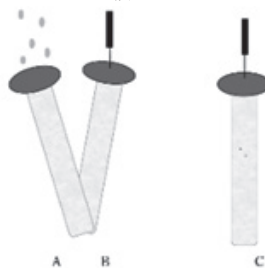
水以外の外的刺激を加えたときに、キノコがシグナル伝達を行うのかを確かめる。

4. 2 方法

実験1で行ったものと同様にキノコ A に刺激を加え、キノコ B, C 間で電位差が測定する。与えた刺激は接触的刺激として水を与える、燃やす、キノコの柄の部分切断する、非接触的刺激として、光を当てる、温度を上げる、湿度を上げるの6つ。

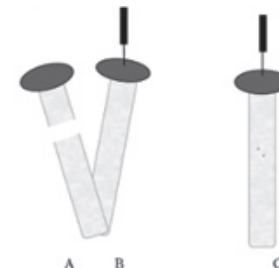
▼水を与える

キノコに霧吹きを用いて2回水进行かける。



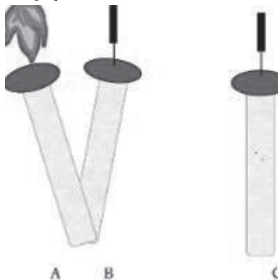
▼切断

キノコ A の柄を切断する。



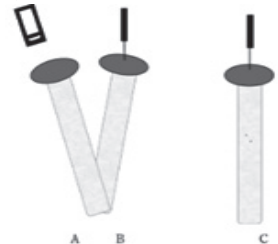
▼燃やす

キノコ A の傘の部分焦げる程度までチャッカマンで炙った。



▼光(UV, 赤色 LED)

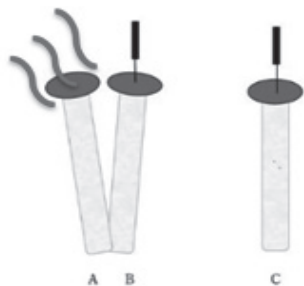
キノコ A の傘の部分に二種類の光を照射する。(UV ライトのピーク波長 : 375nm)



▼温度を上げる

キノコの近くに 90℃の湯を入れたビーカーを設置し、キノコ A の周囲の温度を上昇させた。

(キノコ A と B の間に断熱材を設置、キノコ A の周辺は約 60℃程度になっていた。)



▼湿度を上げる

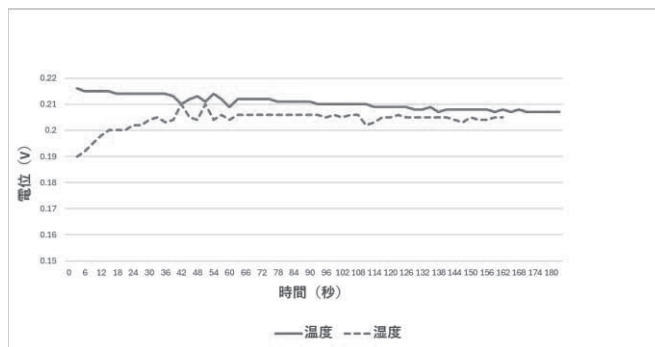
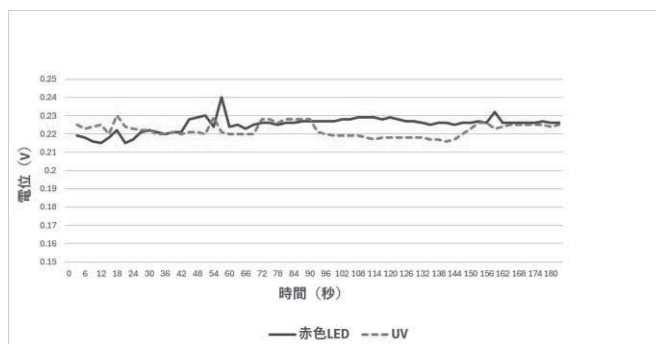
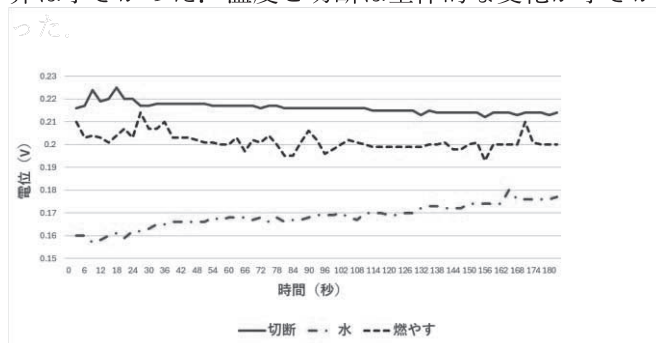
キノコ A に蒸気で満たしたビーカーをかぶせ、湿度を上昇させた。



4. 3 結果

6つ(光は2種類)の刺激による電位差の変化を3秒ごとに記録し下のようにグラフにまとめた。

最初と最後を比較すると最も電位差の上昇が大きかったのは水を与えた場合で、その次に湿度だった。燃やすと光を当てる刺激は UV と赤い光ともに測定中の変化の振れ幅が大きい、最初と比べたときの電位上昇は小さかった。温度と切断は全体的な変化が小さかった。



4. 4 考察

水と湿度の刺激を与えたときにのみ明らかに電位差の上昇が見られたことから水に関する刺激にキノコは反応を示しやすいと考えられる。そして、光や燃やすという刺激で変化の仕方が大きかったことから、キノコは刺激に大きく反応しているものの伝達パターンが不安定であったのではないかと考えている。今回の実験では接触的な刺激と非接触的な刺激での差はあまり見られなかったことから接触的刺激の区別はキノコには関係ないと判断した。

5. 結論

環境を変えたことで、キノコの電位差の変動の特徴には大きく違いが見られた。このことから、環境変化の種類とキノコの電気シグナルの変化には関係性があり、キノコは環境の変化の仕方に応じて発する電気シグナルを変化させていると考えられる。しかし、接触的な刺激と非接触的な刺激での差はあまり見られず、電位差の上昇や下降の規則性も読み取ることはできなかったため、環境変化の種類と電気シグナルの変化の間に法則性を見出すことはできなかった。

6. これからの課題

- ・測定開始時の電位差に個体差があったことの原因を解明する。
- ・電位差の上昇、下降がそれぞれキノコにとって何か異なる意味を示しているのか、具体的には何を意味しているのかも明らかにしたい。

7. 参考文献

[1] 東北大学 雨後のキノコの電氣的な会話を測定 菌糸のネットワーク | プレスリリース・研究成果 | <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2023/03/press-20230324-01-rainfall.html> (参照 2023-5-17)

[2] 京都大学 雨後のキノコの電氣的な会話を測定-菌糸のネットワークによるシグナル伝達の可能性を野外で初確認-

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2023-03-27-1>
(参照 2023-5-18)

ケラチンが燃料電池に与える影響についての考察 Elucidation of the Effects of Keratin on Fuel Cells

青木咲穂 貝塚遼青 廣田琴音 松本一花 南井慶也

Aoki Saho Kaizuka Ryosei Hirota Kotone Matsumoto Ichika Minai Kyoya

要約

私たちはケラチンを電解液に含む燃料電池は持続時間が伸びると知り、そのメカニズムを解明することができればより効率の良い燃料電池を普段廃棄されているもので作れるのではないかと考え研究することにした。その結果、電解液にタンパク質を含む燃料電池は電気分解時に泡が発生し、持続時間が伸びた。よって、タンパク質を電解液に含む燃料電池は実験過程で行う加水分解によりタンパク質の結合が切れ、電気分解を行ったことで切れた結合が再結合し、できた固体が燃料電池に影響を及ぼすのではないかと考察した。

ABSTRACT

We have learned that fuel cells containing keratin as electrolyte can extend the duration of fuel cells. We decided to conduct research because we thought that if we could elucidate the mechanism, we could make more efficient fuel cells from materials that are usually discarded. As a result, the fuel cell containing protein in the electrolyte produced bubbles during electrolysis, and the duration was extended. Therefore, we considered that the fuel cell containing protein in the electrolyte may be affected by hydrolysis during the experimental process, which breaks the bonds of the protein, and that the electrolysis causes the broken bonds to rejoin and the resulting solids to affect the fuel cell.

キーワード: 燃料電池, ケラチン, タンパク質

1. はじめに

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、発電効率が高いものの、コストがかかるという問題点がある。

また本研究で使用しているケラチンはタンパク質の一種であり、動物の体毛等に含まれ日常的に廃棄されていることから再利用することができれば環境にも良い影響を与えることができるがケラチンの抽出に時間がかかるなどの問題点もある。

ケラチンを含む燃料電池のメカニズムを解明することでより効率的な燃料電池を作れるのではないかと考えた。

図1は、カリウム型燃料電池の仕組みを表したものである。また、各電極の反応式は以下のとおりである。

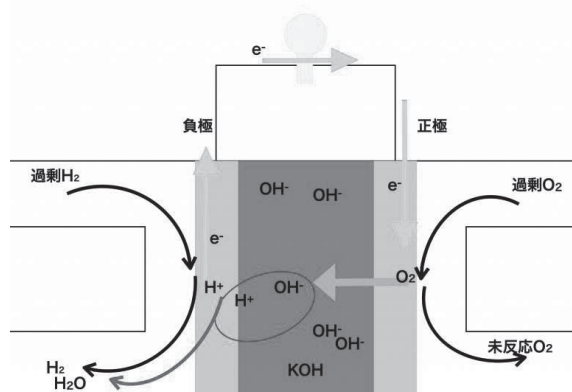
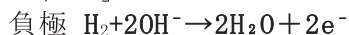


図1 カリウム型燃料電池の仕組み

2. 事前準備

まず、ベースとなるケラチンを含む燃料電池を作成するため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) で二時間加水分解 (鹼化) し、その後それをろ過した。加水分解に使用した水酸化カリウムが溶液を塩基性になっているため実験への影響を考慮し硫酸を用いて中和を行った。先行研究[1]でこの方法でケラチンが抽出されるのが明らかになっているため本研究でもこの方法でケラチンが抽出されていると考える。

3. 実験 1

(内容と目的)

まず、先行研究[1]の再現実験を行い、私たちの環境下でも同様の実験結果が得られることを確かめた。次にケラチンを含む燃料電池と、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差を調べた。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。それらの影響をなくするため硫酸カリウム水溶液を使用した。

(準備物)

- ・ 水酸化カリウム水溶液 (1mol/L, 100mL)
- ・ 硫酸カリウム水溶液 (0.46mol/L)
- ・ 炭素棒 (電極) ・ 電源装置
- ・ 電流計 ・ 電圧計
- ・ 抵抗 (プロペラ)

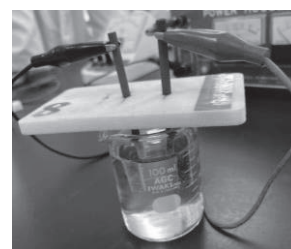


図2 電気分解の様子

(方法)

条件の違う溶液を 3 分間 3V の電圧をかけて電気分解する．その後、回路を繋ぎ変え電圧，電流，プロペラが回った秒数を測定する．この操作を同じ燃料電池で 10 回行った．

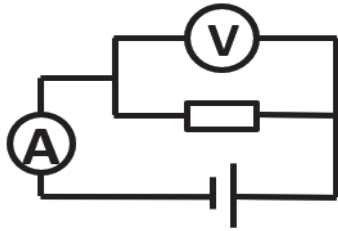


図 3 測定時の回路図

(結果)

結果は図 4，表 1，表 2 の通りになった．

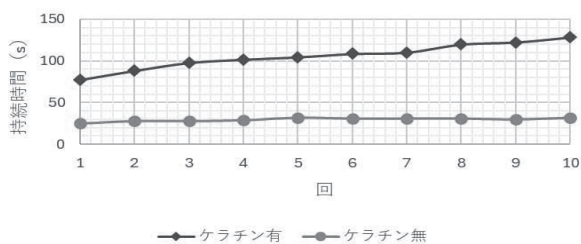


図 4 ケラチンと硫酸カリウムの比較

表 1 ケラチンと硫酸カリウム電解質に用いた燃料電池

ケラチン	秒数	電流 (mA)	電圧 (V)
1 回目	77	22	1.0
2 回目	88	21	1.2
3 回目	97	22	1.2
4 回目	101	23	1.0
5 回目	104	22	1.0
6 回目	108	24	1.3
7 回目	110	24	1.0
8 回目	119	24	1.1
9 回目	122	25	1.1
10 回目	128	23	1.0

表 2 硫酸カリウムを電解質に用いた燃料電池

K ₂ SO ₄	秒数	電流 (mA)	電圧 (V)
1 回目	25	18	0.3
2 回目	28	18	1.2
3 回目	28	17	1.3
4 回目	29	17	1.3
5 回目	32	18	0.4
6 回目	31	18	0.7
7 回目	31	18	0.7
8 回目	31	19	1.2
9 回目	30	18	1.2
10 回目	32	18	1.2

(考察)

ケラチンが電池の持続時間に何らかの影響を与えていることが明らかとなった．また，電気分解時に発生する泡の層が電池の持続時間に影響を及ぼしているのではないかと考察した．



ケラチン有

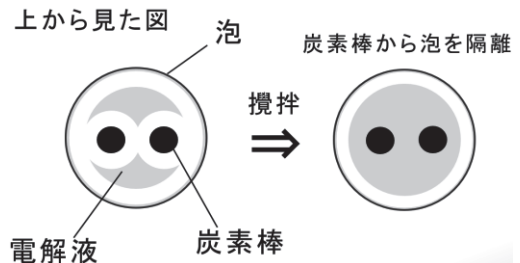


ケラチン無

4. 実験 2

(内容と目的)

蓄積された泡の層が燃料電池の持続時間に影響を及ぼしているのかについて調べるため，実験後に毎回ビーカー内の溶液をガラス棒で攪拌することで泡のみを取り除き，泡が燃料電池に及ぼす影響を減らしてその後実験 1 と同様に実験を行った．



(結果)

結果は図 5，表 3 の通りになった．

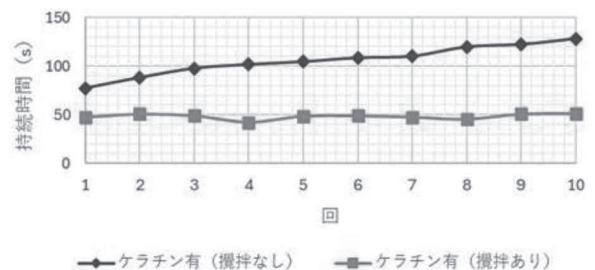


図 5 攪拌をした燃料電池と通常通りの比較

表 3 攪拌をして泡を少なくした燃料電池

ケラチン	秒数 (s)	電流 (mA)	電圧 (V)
1 回目	47	21	1.2
2 回目	50	22	1.3
3 回目	49	22	1.3
4 回目	42	21	1.1
5 回目	48	23	1.2
6 回目	48	22	1.1
7 回目	47	21	1.1
8 回目	45	20	1.1
9 回目	50	21	1.0
10 回目	51	22	1.3

ケラチン有の場合、攪拌をしなかった実験 1 では持続時間に増加傾向があるのに対し、実験 2 では実験回数を重ねても持続時間に増加傾向は見られず、ほぼ一定になった。

(考察)

蓄電時に生じる泡の層が電池の持続時間に影響を与えていると考えられる。

5. 実験 3

(内容と目的)

ここまでの実験で発生していた泡は炭素棒の周りが電気分解時に発生する水素イオンによって酸性に偏ることでケラチンが変性して泡が発生したのではないかと仮説を立てた。それを検証する。

(方法)

ケラチンを加水分解した後の溶液を中和せず、塩基性条件下のまま実験した

(結果)

結果は図 6、表 4 の通り

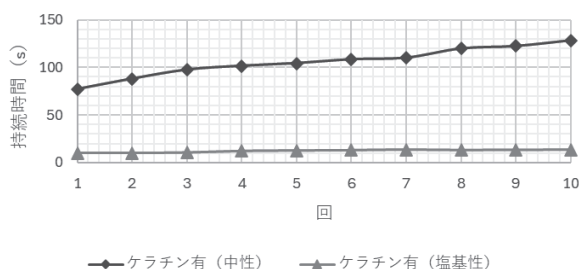


図 6 塩基性条件下と通常の燃料電池の比較

表 4 塩基性条件下の燃料電池

ケラチン	秒数	電流 (mA)	電圧 (V)
1 回目	10	22	1.0
2 回目	10	21	1.2
3 回目	10	22	1.2
4 回目	12	23	1.0
5 回目	12	22	1.0
6 回目	12	24	1.3
7 回目	13	24	1.0
8 回目	13	24	1.1
9 回目	13	25	1.1
10 回目	13	23	1.0

塩基性条件下のまま実験を行っても泡は発生し、また塩基性条件下の方が持続時間は短くなった。同時にこの泡はすぐには消えなかった。

(考察)

塩基性条件下で行った実験 3 の結果から、仮説に反して炭素棒付近の酸性条件のみが泡を発生させる要因ではないことがわかる。加水分解時にケラチンはすでに変性しており電気を流すことで固体が発生し、それが泡の層を形成していると考えた。

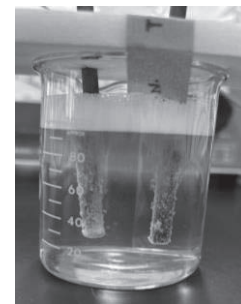


図 6 塩基性条件下の様子

6. 実験 4

(内容と目的)

燃料電池の持続時間の増加に影響を与えているのは本当にケラチンであるのかを調べるために他の種類のたんぱく質を使用して実験 1 と同様に実験を行った。今回私たちはたんぱく質の含有量の割合が多いかつお節 0.5g を用いて実験を行った。なお、かつお節の量はケラチンとかつお節に含まれるたんぱく質の含有量が同じになるように設定した。

(結果)

結果は図 7、表 5 の通りになった

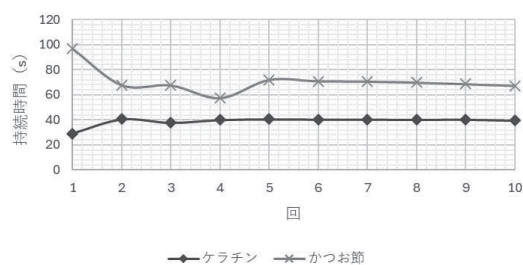


図 7 かつお節とケラチンの比較

表 5 かつお節を用いた燃料電池

ケラチン	秒数	電流 (mA)	電圧 (V)
1 回目	96	22	1.0
2 回目	67	21	1.2
3 回目	67	22	1.2
4 回目	57	23	1.0
5 回目	71	22	1.0
6 回目	70	24	1.3
7 回目	70	24	1.0
8 回目	69	24	1.1
9 回目	68	25	1.1
10 回目	67	23	1.0

実験 4 より、かつお節を用いても実験 1 におけるケラチンを含まないものと比べて燃料電池の持続時間が長くなった。また、かつお節を用いたもの（実験 4）ケラチンを用いたもの（実験 1）の持続時間を比べるとかつお節を用いた方が持続時間が伸びていた。

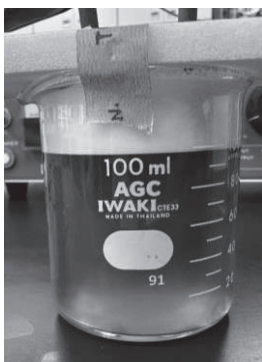


図8 かつお節を含む燃料電池の様子

(考察)

タンパク質を電解液に含む燃料電池は持続時間が伸びるのではないかな。

7. 全体の考察

全体の実験の流れはこうになっている。

①加水分解②中和③電気分解④泡の層発生

最後に、ケラチンを含むことによって泡が発生する原因について考察する。

まず前提として、①、②において水素結合やジスルフィド結合が切断されている状態である。③の行程においてこの電解液に電気を流すことで電解重合という現象が起こっている。（電解重合；電気を流すことで分子が電極上で酸化・還元反応を起こし、分子同士が連続して結合することによってタンパク質が再形成される反応）これによってケラチンとは異なる構造のケラチン由来のタンパク質が再形成され、白い固体（泡の層を形成するもの）として発生し、電気分解時に発生した気体を閉じ込めることで泡の層が形成されたと考察できる。

8. 今後の展望

実験4においてかつお節を用いた時の方がケラチンを用いた時より燃料電池の持続時間がのびたことの原因がわかっていない。今後、大豆などの他の種類のタンパク質を用いて実験を行い、タンパク質の種類や含有量の違いによって結果は変わるのか、等調べたいと思う。

9. 参考文献

[1]ケラチンが燃料電池に与える影響
(2023年度 膳所高校理数探究2班)

[2]イハラニッケイ化学工業株式会社.
2023/7/10. Web. 2024/6/11.
<https://www.iharanikkei.co.jp/column/detail.php?c=21>

[3]パナソニックエナジー株式会社. 燃料電池 - パナソニックエナジー株式会社

<https://www.panasonic.com/jp/energy/study/academy/fuel.html>

[4]燃料電池（リン酸型・アルカリ型の仕組み、各極の反応式など）

https://kimika.net/rrlnenryodenchi.html#google_vignette

色素増感太陽電池における電解液のゲル化とその最適条件 Gelation of electrolyte in dye-sensitized solar cells and its optimum conditions

紀井奈菜 笹尾真希 徳田風薫 野末智子 眞継将輝
Kii Nana Sasao Maki Tokuda Fuka Nozue Tomoko Matsugu Masaki

要約

色素増感太陽電池において、先行研究では電解液にゼラチンを加えてゲル化したものが多かったが、本研究では電解液に寒天を加えた。その結果、寒天の方がゼラチンを加えたものよりも高温でも融けなかったことから、電解液の液漏れを防ぐことができると考えられる。電解液の条件を変えて起電力の変化を調べた結果、電解液の寒天濃度4～6%、ヨウ素濃度4%で起電力が高く、さらにN719色素を用いたときに安定することが分かった。

ABSTRACT

In dye-sensitized solar cells, in most of the previous studies, gelatin was added to the electrolyte to form a gel. However, in this study, agar was added to the electrolyte solution. As a result, it was found that agar does not melt even at high temperatures, unlike gelatin, which helps prevent electrolyte leakage. This study on the effect of electrolyte conditions on the open-circuit voltage revealed that the open-circuit voltage was highest when the agar concentration was 4-6% and the iodine concentration was 4%. Furthermore, it was found that the open-circuit voltage was stable when the N719 dye was used.

1. はじめに

現在のほとんどの太陽電池にはシリコンが用いられているが、シリコン系太陽電池は製造コストが高い。一方で、色素増感太陽電池は、軽量、シリコンフリー、低コストで、低照度下でも太陽光で発電できる太陽電池であり、次世代型太陽電池の一つであると注目されている。写真1は色素増感太陽電池の一例^[1]であり、このように様々な色の色素を利用することでデザイン性が高く、発電とともにインテリアなどにも使用可能である。しかし、この電池は液漏れを起こし、失明等の事故を引き起こす可能性がある。先行研究では、液漏れを防ぐために電解液をゼラチンでゲル化したものが多かったが、夏の高温に耐えられるかどうかは不明であった。本研究の目的は、ゼラチンが夏場の高温に耐えられるかを確認し、ゼラチンの代替として寒天を用いたゲルの起電力が最大となる最適な条件を調べることである。

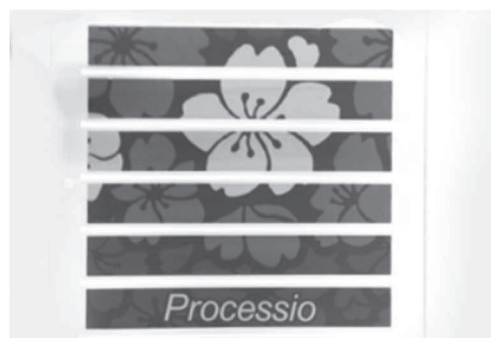


写真1 色素増感太陽電池

2. 前提知識

色素増感太陽電池はセル内の色素に光が当たると発電する。酸化チタンは波長290～400nmの光、すなわちこの範囲の紫外線を吸収する光触媒であるが、色素を塗布することによってこの吸収スペクトルを可視光まで広げることができる。これを色素増感と呼ぶ。本研究で使用した色素である食用黄色4号^[2,3]の吸収波長は426nmで最大をとり^[3]、N719色素は波長800nmまでの可視光まで色素増感可能である^[4]。N719色素はレッドダイとも呼ばれ、現在これを改良したZ907色素、別名ブラックダイという色素も開発済みであるが、本実験ではN719色素と食用黄色4号の2種の色素を使用した。酸化チタンの光の吸収波長を可視光まで広げるため酸化チタンペーストを塗布した負極にさらに色素を塗布した。この負極が電子を放出し、正極に移動する。電解液であるヨウ素溶液中でのこの電子の受け渡しはヨウ化物イオンが行う。色素増感太陽電池は、以上のような仕組みで発電する^[1,5,6]。

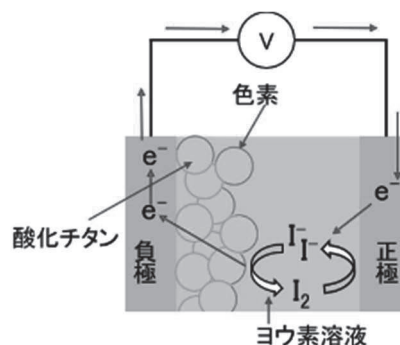


図1 色素増感太陽電池の発電方法

3. 予備実験

3.1 目的, 方法

この実験では、寒天とゼラチンのどちらが夏の高温に耐えられるかを調べることを目的とし、次のような実験を行った。最初に、ゼラチンと寒天をヨウ素溶液に加え、それぞれ濃度を2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%にした電解液を作製した。できたものをろ紙を敷いたシャーレの上に置いてアルミニウムのカップで覆い、50℃のホットプレートで加熱した。このとき、ろ紙が濡れたものを融解したとみなした。

3.2 仮説

寒天よりもゼラチンの方が高温に対して溶けやすい。

3.3 結果

下図の表1に示すように、ゼラチンで固めたものは全て完全に融解したが(×)、寒天のものは全て融解しなかった(○)。よって、寒天の方がゼラチンよりも夏の高温に耐えることができるため、電池の液漏れを防ぐためには寒天が適している。したがって、以下の実験では全て寒天を用いることにした。

表1 ゼラチンと寒天の熱耐性

濃度	2%	4%	6%	8%	10%	12%
ゼラチン	×	×	×	×	×	×
寒天	○	○	○	○	○	○

4. 本実験 I

4.1 目的

寒天を用いた色素増感太陽電池において最も起電力が大きくなる寒天濃度を調べるのがこの実験の目的である。

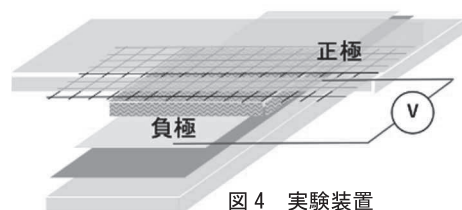
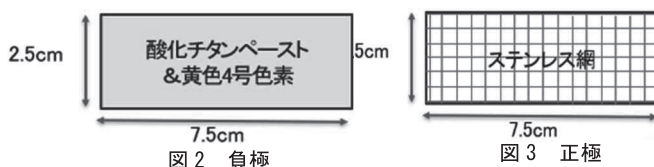
4.2 仮説

寒天濃度が大きくなるほど起電力は大きくなる。

4.3 方法

80℃に加熱した水25ml に、約7%のヨウ素溶液2.0ml とそれぞれ濃度を変えた寒天を加えて電解液を調製した。寒天濃度は4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%の濃度で実験を行った。負極は以下の操作で調製した。アルミニウム箔（縦2.5cm, 横7.5cm）に酸化チタン（ TiO_2 ）ペーストを塗布した。このとき酸化チタンペーストをアルミニウム箔に均一に塗りつけるために、ガラス棒を回転させながらこれを塗布した。次に、300℃に加熱したホットプレート上に、汚さないために別のアルミニウム箔を敷き、酸化チタン（ TiO_2 ）ペーストを塗布したアルミニウム箔をマッフルで覆った。このように作成した酸化チタン塗布済みアルミニウム箔を10分間焼成し、食用黄色4号色素（以下黄色4号色素）を1滴（約0.05mL）加えた（図2）。正極はステンレス網（長さ2.5cm, 幅7.5cm）

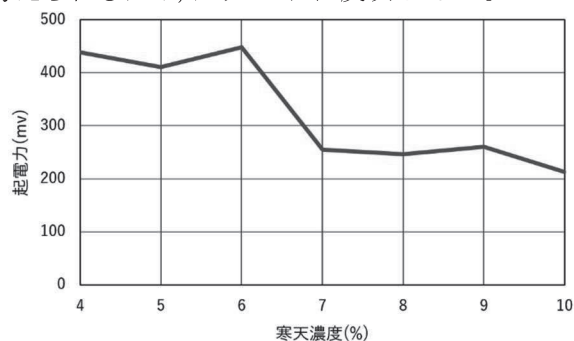
を用いた（図3）。この負極と正極の間に寒天でゲル化したヨウ素溶液を挟み、さらに正極と負極の上下をプレパレートで挟んだ。このとき、正極と負極は交差させた。最後に、ゲル化したヨウ素溶液の起電力をテスターで5分間、1分間隔で2回測定した（図4）。なお、光の当たる条件を統一するために、実験はすべて室内で行った。



4.4 結果・考察

グラフ1は、電解液であるヨウ素溶液中の寒天濃度と起電力の関係を示しており、5分後の起電力の内、2回の測定での最大値をとった。起電力は寒天濃度4%~6%で高い値が得られ、7%で急激に起電力が小さくなり、8%以降はその値を維持している。これより、寒天濃度が低いほど起電力が大きくなることが推察される。また、寒天でゲル化したヨウ素溶液の色は濃度に関係なくほぼ同じであった。したがってヨウ素溶液の光の通しやすさは同程度といえるため、寒天中のアガロース繊維の密度が関係していると考えられる。すなわち、寒天濃度が低いほど寒天に含まれるアガロース繊維の密度が小さくなるため電子を受け取ったヨウ化物イオンが流れやすくなり、寒天濃度が高いほどアガロース繊維の密度が大きくなり、電子を受け渡した後のヨウ素はその立体的な網目を通り抜けにくくなったと考えられる。

また、寒天濃度を低くした方が起電力は高かったが、寒天濃度3%以下のゲルは融けてはいないものの液体に近いため脆く、電解液の液漏れを防ぐことができないと考えられるため、グラフ1には反映していない。



グラフ1 寒天濃度と起電力の関係性

5. 本実験Ⅱ-①(色素比較)

5.1 目的

先行研究から、酸化チタンペーストに吸着させる色素を変えることで起電力の値が変化することが分かった。そこで、調査した先行研究のなかで最も高い起電力を示していた黄色4号色素^[7]と、色素増感太陽電池用に開発された N719色素^[4]の2種類で、まずは起電力の大きさと、次に時間経過に伴う起電力の安定性について考えることにした。

5.2 仮説

色素増感太陽電池のために特化して開発された N719色素のほうが高い起電力をとり、時間経過に対して起電力の値がより安定する。

5.3 N719色素とは

N719色素は、色素増感太陽電池のために開発された色素である。この色素は、可視光の全領域(800nm まで)を吸収可能で、黄色4号色素よりもはるかに広い領域の光を吸収することができる。

5.4 方法

ヨウ素溶液中の寒天濃度とヨウ素濃度をそれぞれ4%に固定し、電解液を作成した。負極には、本実験Ⅰと同様にアルミニウム箔に酸化チタンペーストを焼き付けた後、黄色4号色素または N719色素をそれぞれホールピペットで1滴ずつ(約0.05mL)滴下したものを使用した。実験操作は本実験Ⅰと同様であり、ゲル化したヨウ素溶液の起電力をテスターで5分間、1分間隔で2回測定した。この実験もすべて室内で行った。

5.5 結果・考察

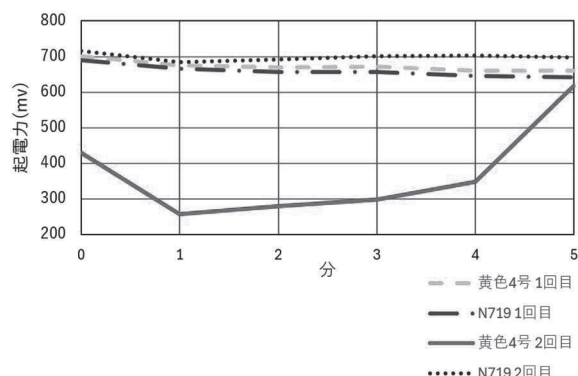
表2は、各実験で測定された起電力の最大値を示したものである。表2から、色素ごとに2回ずつ行った実験の起電力の最大値には、100mV 以上の差を「差がある」としたときに、大きな差はないと言える。

表2 各実験での起電力の最大値

	1回目	2回目
黄色4号	700.7mV	618.5mV
N719	690.1mV	716.1mV

そこで、それぞれの起電力の時間経過による推移に着目して分析することにし、グラフ2を作成した。

まず、N719色素について考えると、グラフ2から、5分間で起電力に大きな差はなかったといえる。次に、黄色4号色素について考える。グラフ2から、1回目に行った実験では5分間で大きな差はなかったが、2回目の実験において、値が大きくばらついているといえる。今回の実験だけでなく、これまでの実験で黄色4号色素を使った際に、時間の経過とともに値がばらつくことが多かった。よって、N719色素のほうが起電力は安定すると結論づけた。



グラフ2 色素比較と時間経過に伴う起電力の変化

6. 本実験Ⅱ-②(ヨウ素濃度の最適条件)

6.1 目的

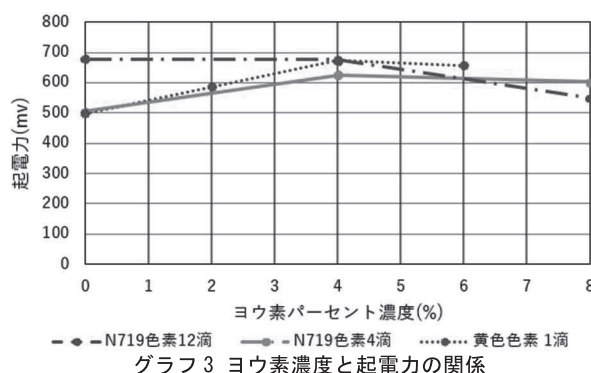
本実験Ⅱ-①の色素2種の比較から、N719色素のほうが起電力はより安定していることが分かった。そこで、より高い発電効率を目指すためN719を用いた色素増感太陽電池において起電力が高くなるヨウ素濃度を明らかにすることがこの実験の目的である。

6.2 方法

ヨウ素溶液中の寒天濃度を4%に固定し、ヨウ素濃度を0%, 4%, 8%に変えて電解液を作成した。負極には、本実験Ⅰと同様にアルミニウム箔に酸化チタンペーストを焼き付けた後、黄色4号色素はホールピペットで1滴(0.05mL)、N719色素は4滴、12滴ずつ(約0.20mL, 0.60mL)滴下したものを使用した。他の実験操作は本実験Ⅰと同様である。

6.3 結果・考察

グラフ3は、寒天濃度4%の電解液中のヨウ素濃度と起電力の関係を示したものである。グラフ3から大きな差は見られないが、ヨウ素4%ではいずれの色素でも起電力が大きいといえる。これは、電解液中のヨウ素が少ないと電子を受け渡す役割を担う物質が少なく、電気が流れにくいことと、ヨウ素が多いと使用したヨウ素溶液のイソジンは褐色であるため、光を通しにくくなるためだと考えられる。また、ヨウ素濃度0%でも起電力の値がとれていて、これは寒天に含まれるミネラル等がヨウ素に代わる役割を担い、発電に関与したためだと考えられる。



グラフ3 ヨウ素濃度と起電力の関係

7. 結論

以上の実験から、寒天はゼラチンよりも熱に強いため電解液の液漏れ防止に適している。電解液の条件について、寒天濃度は電解液が漏れない範囲で4～6%、ヨウ素濃度は4%、色素は N719をそれぞれ使用した時に最も高く安定した起電力を示すと考えられる。

8. 今後の課題

正確な起電力の値を得るため、より均一な焼き付け方法を見つけない。本研究では実験装置の都合により起電力のみしか測れなかったが、電流も同時に測ることで発電量を測定したい。また、先行研究で計測された起電力1.0V を目指すため、より最適な寒天濃度を細かく観察したり、色素を変える、ゲルをさらに薄くして電極間距離を近づける、酸化チタンペーストの焼き付け方法を変えたりして実験を行いたい。また、本研究において、実験装置をプレパラートの上から指で押して圧力を加えると起電力の上昇が見られたことから、電極間距離の変化や負極の酸化チタンペーストの吸着具合の変化が起電力に影響を及ぼしたと考えられるが、これをさらに明らかにしていきたい。加えて、夏の環境下においてゲルにカビが発生してしまったため、寒天のゲル化作用に影響しない防腐剤を探したい。

9. 参考文献

- [1]色素増感太陽電池の仕組み 株式会社プロセスィオ 2025 3/14閲覧
<https://www.processio.co.jp/structure/>
- [2]Food Yellow No.4 東京化成工業株式会社 2025 1/15閲覧
<https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/F0144>
- [3]色価測定法（第7版食品添加物公定書記載）について 島津製作所 2025 3/12閲覧
https://www.an.shimadzu.co.jp/sites/an.shimadzu.co.jp/files/pim/pim_document_file/an_jp/applications/application_note/19514/an_a291.pdf
- [4]色素増感太陽電池用ルテニウム色素 シグマアルドリッチ 2025 3/12閲覧
<https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/dye-solar-cells?msockid=3564bd3f98f069a01350aef2994768b9>
- [5]色素増感太陽電池(DSSC)とは 2024 9/9閲覧
<https://www.processio.co.jp/structure/>
- [6]固体電解質を用いた色素増感型太陽電池 2024 5/13閲覧
https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2001/08/56_08pdf/a03.pdf
- [7]溶液をゲル化した色素増感型太陽電池の作成 桜

丘高等学校 2024 7/1閲覧

<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/001006521.pdf>

<https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/F0144>

10. 謝辞

本研究を行うにあたり、龍谷大学先端理工学部応用化学課程の青井芳史教授に N719色素をいただきました。感謝申し上げます。F

液体への衝突と水の散らばり

Collision of objects and scattering of water

岩島志依奈 芝田宗汰 高山智也 武田莉菜子 塚本湖太郎

Iwajima Shiina, Shibata Sota, Takayama Tomoya, Takeda Rinako, and Tsukamoto Kotaro

要約

固体同士の衝突においては力積や反発係数などの観点からすでに物理的に現象自体の予測をすることができる。しかし固体と液体が衝突する場合は、ナビエ・ストークス方程式という複雑な式でしか明らかにされない。そこで液体の衝突後の予測をより分かりやすく立てられるようになるということを目的として、固体と液体の衝突による水の跳ね方を計測する実験を行った。先行研究では水に固体を落下させた際、固体の持つエネルギーが大きくなるにつれて水が垂直方向に跳ねた高さが大きくなるということが分かっている。今回の研究の結果から、水が水平方向の跳ねた距離には、固体の持つエネルギーが影響するが、それには限界があるということが分かった。

ABSTRACT

In collisions between solids, the phenomenon itself can already be physically predicted in terms of force product and repulsion coefficient. However, when liquid is involved in a collision, only the instant of the collision, such as the milk-crown phenomenon, is known. Therefore, with the aim of being able to make predictions after the collision of a liquid, we conducted an experiment to measure the way water splashes in a collision between a solid and a liquid. Previous research has shown that when a solid is dropped against water, the vertical bounce height of the water increases as the energy of the solid increases. From the results of this study, it was found that there is a limit to the horizontal bouncing distance of water that is related to the energy possessed by the sphere.

キーワード: ナビエ・ストークス方程式

1. はじめに

コップに水を注ぐときに液面から跳ね返った水がコップの外に放たれる様子を見て、そのメカニズムについて気になった。しかし液体が関わる衝突についてはあまり明らかになっていないことがわかった。そこで、物体を液体に落とす場合についての落下させる高さや物体の質量、体積といった物体の落下の様子にかかわる様々な要素を変えたときの液体の跳ね方の様子について調べたいと考え、実験を行うことにした。

先行研究で物体を落下させる高さや落下させる物体の質量について、それぞれを大きくすることで鉛直方向に液体が跳ねる高さが大きくなることが分かっている。しかし、これらの大きさと液滴が水平方向に跳ねる距離との関係についてはわかっていない。また、私たちが事前に行った簡易的な実験の結果からは、物体を落下させる高さや液滴が水平方向に跳ねる距離、および跳ねる液滴の量との明確な関係は見出せなかった。

そこで、今回は液体として水を用い、物体を落下させる高さや物体の質量を大きくすることで水が水平方向に跳ねる距離も大きくなるという仮説を立てて実験を行った。これらの間の相関関係の有無を調べ、相関関係があった場合、具体的な関係性を明らかにすることが本研究の目的である。

2. 予備実験

予備実験では、本実験で扱う高さ（60～100 cm）において、球が終端速度に達していないことを確かめた。スピードセンサーを用い、60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cmから落下させた際の水面に衝突する瞬間の球の速度を測定した。

スーパーボールを使用した際の結果は表1のようになり、高さが高くなればなるほど速度も速くなっていることから球は終端速度に達していないことが分かった。また、鋼球やウレタン球、PTFE球でも同様の結果が得られたことから、球の素材や質量によって衝突時の速度は大きくは変化しないということがわかった。

高さ (cm)	60	70	80	90	100
速度 (m/s)	3.38	3.62	3.90	4.10	4.42

表1 スーパーボールを落下させたときの水面での速度

3. 実験 1

(1) 実験方法

一辺 30cm のガラス製の立方体の容器に下面から 20cm の高さのところまで水を張り、直径 3.5cm 質量 22g のスーパーボールを水面に落とす。

スーパーボールを落とす高さは、スタンドを用いて 20cm から 90cm まで 10cm ずつ変えて、それぞれの高さと 3 回水面の中心にボールを落とし、ボールの落下地点から最も遠くに跳ねた水滴までの距離を測る。このとき、立方体の側面のうち一つの面の方向にのみ目盛りをとることにする。

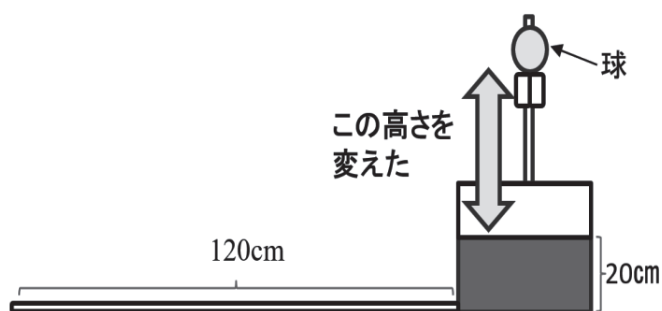


図 1 横から見た実験装置

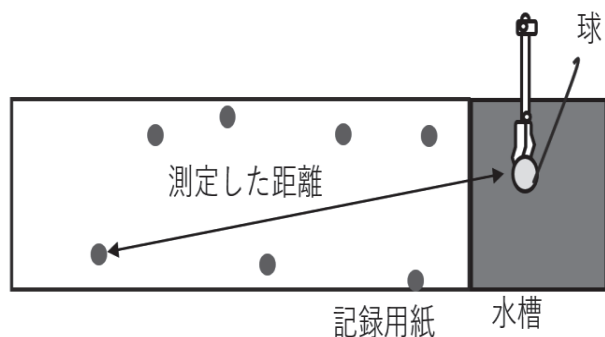
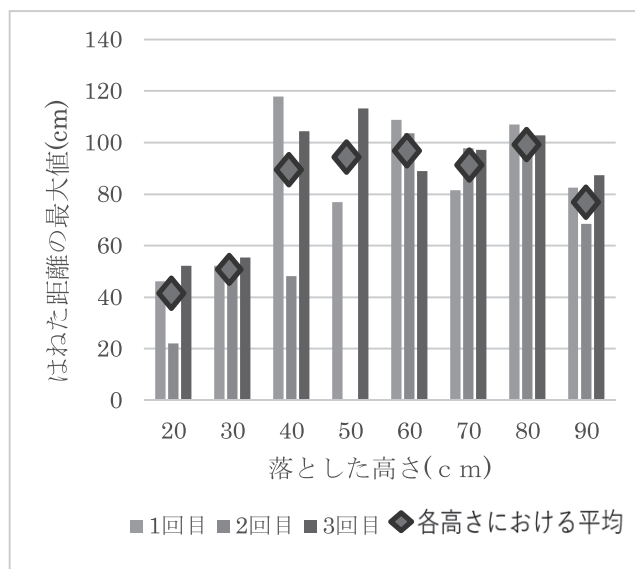


図 2 上から見た実験装置

(2) 実験 1 の結果

グラフ 1 において、赤色のひし形の部分は各回の平均値を表している。棒グラフは、緑色が 1 回目、青色が 2 回目、黄色が 3 回目を表している。また、赤色のひし形の部分は各回の平均値を表している。（※50cm の 2 回目は記録用紙の外側にまで水滴が多く飛び散ったためにデータを取ることができなかった。）



グラフ 1 高さとお水が水平方向にはねた距離の最大値の関係

(3) 考察 1

実験結果から物体を落下させた高さが高くなるほど跳ねた距離は長くなる傾向にあるが、50 cm より高い地点から落とした場合は、記録が 80cm～100 cm の間に収まった。水はねが最大になる高さの限界値が存在するのではないかと考察する。

4. 実験 2

(1) 実験方法

直径 2.54cm のスーパーボール (7g)、ウレタン球 (11g)、PTFE 球 (19g)、鋼球 (67g) を用意した。落とす高さを 40cm に固定し、落下位置を、目盛りをとった側面に近いところに変更した。また、水の量を増やし、容器いっぱいに入れた。（水槽の壁面の影響が出ないようにした。）測定用紙を横約 90cm 縦約 180cm に変更した。

球を落下させ、球の落下地点から最も遠くにある水滴から遠くにある順に 5 つとり、それぞれの落下地点までの距離を測る。それぞれの種類の球で 5 回球を落とし距離を計測した。

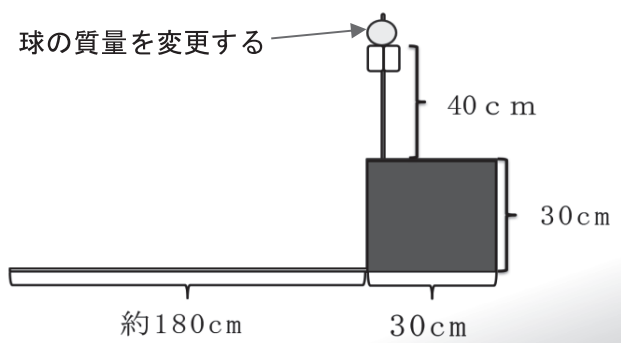


図3 横から見た実験装置

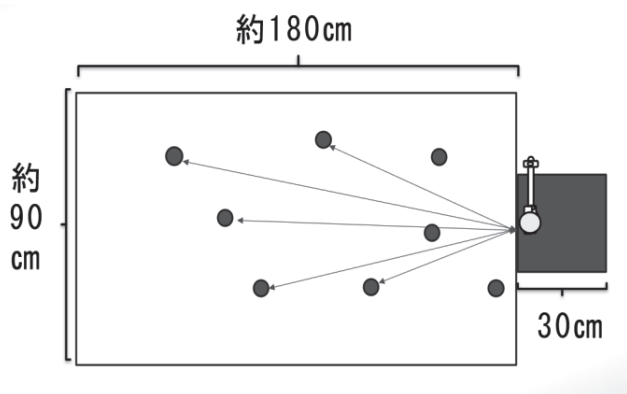
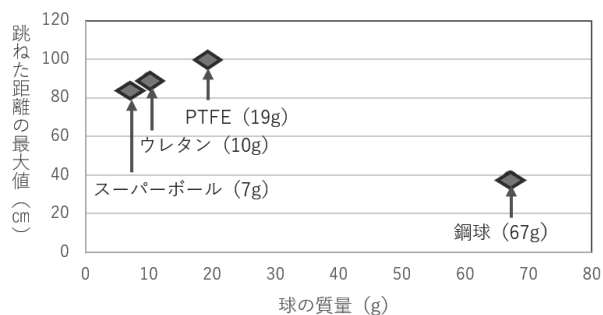
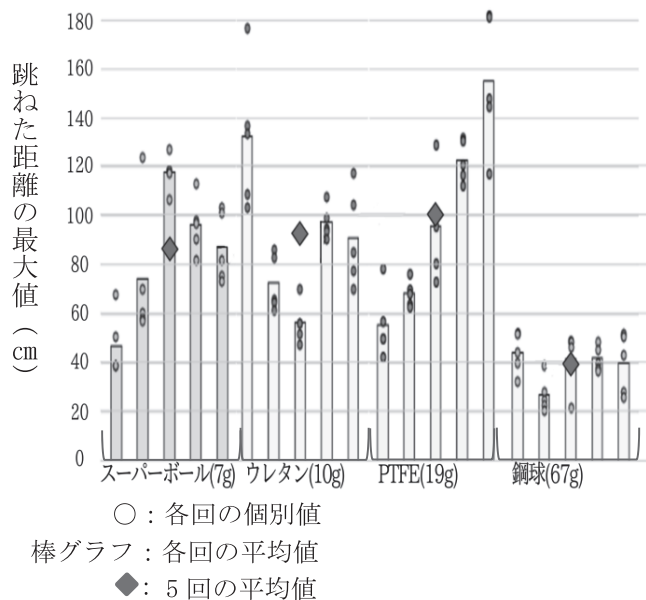


図4 上から見た実験装置

(2) 結果 2



グラフ3 実験2の平均値と質量の関係

(3) 考察 2

今回の実験から 7g～19g においては跳ねた距離は長くなり 67g では距離が小さくなる. 水はねが最大になる質量が存在するのではないかと考えられる. (ゴム球や樹脂球は柔らかいため水はねの距離が大きい. 硬球は硬いため水はねの距離が大きくなる.)

5. 実験 1, 2 をふまえての考察

考察 1, 2 から物体を落下させる高さや物体の質量を大きくすることで水が水平方向に跳ねる距離も大きくなるという仮説は正しくないと考えた. 質量と高さの値を大きくすることで水はねの距離を抑えることができる. 一定量の水に対して, 落下させる物体の持つ質量や速さが水はねに与える影響は限界があると考えられる.

実験 2 から落とす物体の質量を 67g にしたとき跳ねた距離が短くなったということから, PTFE19g から鋼球 67g にかけて, 水しぶきの跳ねの距離が最大となる質量が存在するということが考察できる.

水しぶきが起こる原理から水撥ねの距離を最大にする質量を球が持つとき水に与える衝撃が最大となるのではないかと考えられる. 高さについては 22g 球で 60 cm 付近の高さから落とす場合が水の跳ねが最大となると考察でき, 質量と同様のことが考えられる.

6. スローカメラを用いた考察

スローカメラで見ると球が着水したときに大きな水はねが起こっていることが分かった。

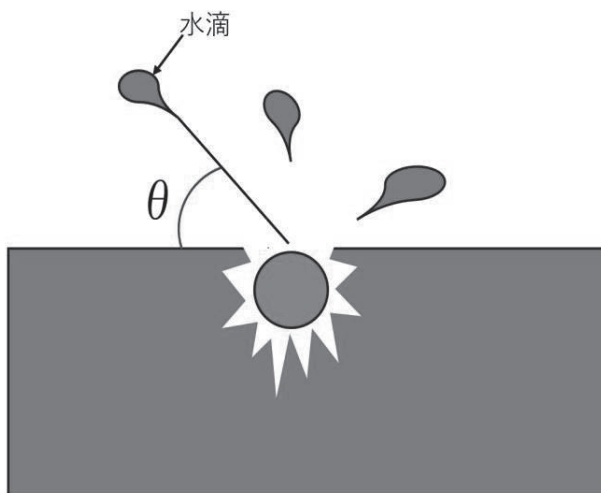


図5 水面付近での水滴と角度の関係を示した図

球と水面の接触面と、水滴が出ていく角度のうち鋭角または直角の角度を θ とする。

(ア) $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$ の場合

θ が大きくなるにつれて水の横はねの距離（以後水の横はねとする）が大きくなっていることが分かった。
 45° 付近で最大になっていた。

(イ) $45^\circ < \theta \leq 90^\circ$

θ が 90° に近づくにつれて水の跳ねた縦方向の距離（以後縦はねとする）が大きくなっているが、その分横はねは短くなっていることが分かった。

よって水の縦はねは角度が大きくなればなるほど長くなっていて、水の横はねは斜方投射の軌道をたどっているため水面付近で 45° の角度をもった水滴の水の横はねが最も大きくなることが確認できた。

7. 今後の展望

物体が一定量の水に与えるエネルギーの限界値について調べるために球の質量をさらに様々にする（具体的には20g～60gの間の質量）。そして今回の実験の40cmから落とすという限定された状況ではあるがその限界値を明らかにしたい。

実験2で使用した4つの球の材質の差を無くすために球の表面に同一のコーティングを施した実験を行いたい。

水滴が水平方向に跳ねる距離だけではなく、跳ねた水の量についても計測したい。

8. 参考文献

[1] 千葉市立緑町中学校. 液体に物を落とした時の水はね方について

<https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoikushido/documents/24mizuniotosu.pdf>

[2] 学校間総合ネット. 水はねの最高地点の高さの法則. 2022

<https://school.gifu-net.ed.jp/enahs/ssh/R04ssh/sc2/22221.pdf>

[3] 古川幹雄. 液滴の衝突現象. 2000

https://www.google.com/url?q=https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvs1990/20/2Supplement/20_2Supplement_217/pdf&usg=AOvVaw3vMMqMgHIU3WpHk3BA59Fi&hl=ja-JP

フェンスの構造と衝撃吸収の関係

北川祐樹 田村絢乃 堤蒔悟 赤坂和花 田上新之助 村田日向
Kitagawa Yuki Tamura Ayano Tsutsumi Makisato
Akasaka Aika Tanoue Shinnosuke Murata Hyuga

要約

フェンスの編み方や形状による衝撃吸収性能の変化を調べるため、加速度を測定し、衝撃荷重という指標を用いて考察を行った。実験を行った結果、網目の形状がひし形で、ひねりの回数が多いほど、物体に働く衝撃荷重が少なくなることが分かった。

ABSTRACT

In order to investigate changes in the impact absorption performance of fences depending on the weave and shape of the fences, acceleration was measured and discussed using the index of impact load. The experimental results showed that the more rhombic the mesh shape and the greater the number of twists, the lower the impact load acting on the object.

1. はじめに

モータースポーツのサーキットに設置されているフェンスに興味を持った。昨今の技術の進歩によるマシンの高速化などもあり、フェンスに直撃するような事故の件数が増加した。また、車両が浮き上がってフェンスに直撃する際のフェンスの衝撃吸収性能にはまだまだ改善の余地があるように考えた。そこで、同じ材料という条件のもと、そのフェンスの構造によって衝撃吸収性能を向上させる方法を模索することにした。

2. 事前調査

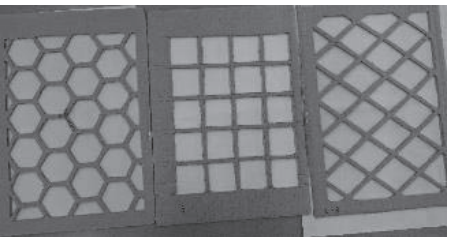


図 1: フェンスの構造

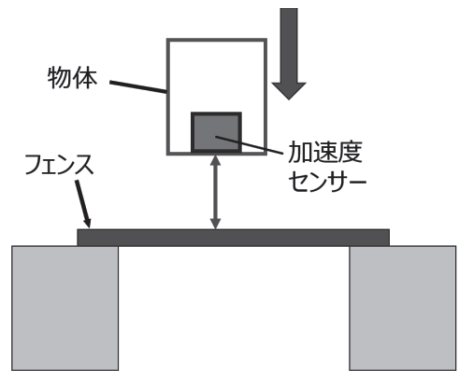


図 2: 実験装置の模式図

落石防止フェンスなどの性能試験は、フェンスの上から物を落下させる方式が用いられていることが分かった。また、衝撃荷重という指標が用いられていることも分かった。本研究では、物体に働く衝撃荷重が小さい場合、衝突したフェンスの衝撃吸収性能が高いと評価する。衝撃荷重は以下のように定義される。

$$\text{衝撃荷重[N]} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

m =質量 Δv =速度変化
 Δt =速度変化にかかった時間

3. 主な実験方法

まず、実験によって条件を変えたフェンスモデルを作成する。次に、加速度センサーを搭載した物体を落下させる。図 1, 図 2 はフェンスの写真と実験装置の模式図である。加速度センサーにより、 x, y, z 方向の加速度 $\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z$ のデータが送られる。加速度を $\vec{p}$ とすると、 $\vec{p} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z$ であり、また、 $|\vec{p}| = p$ とし、 $p-t$ グラフを作成し分析する。

$$|\vec{p}| = \sqrt{|\vec{a}_x|^2 + |\vec{a}_y|^2 + |\vec{a}_z|^2}$$

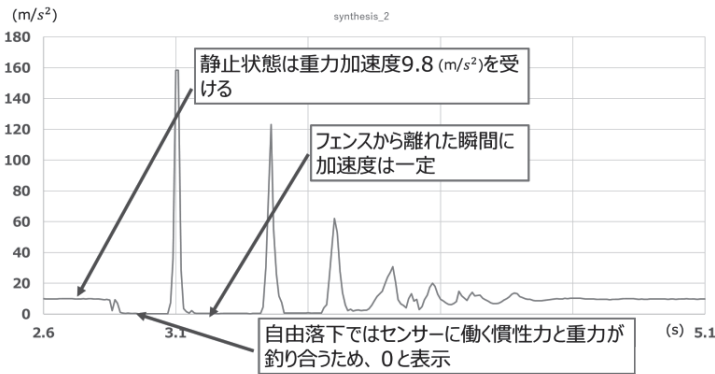


図 3: $p-t$ グラフの見方

また、p-t グラフの見方は図3のようになる。なお、実験は重りの質量と落とす高さを変えて行い、図2はその結果の一例である。また、実験は以下の流れで行った。

1. 段ボール製フェンスで、図形とフェンスの衝撃吸収性能の関係を調べる
2. ビニール製フェンスで、同様の方法で調べる
3. 金属製フェンスでねじる回数とフェンスの衝撃吸収性能の関係を調べる
4. 3 と同時にビニール製フェンスの妥当性を調べる

4. 予備実験

4. 1 目的

図形とフェンスの衝撃吸収性能について調べる。

4. 2 実験方法

段ボールを用いて正方形、ひし形、六角形の網目を持つフェンスモデルを作成した。3つの図形の面積は等しくした。以下の条件で実験を行った。

～条件（段ボール）～

- 素材は段ボール
- 落とす高さは 10 cm
- 重りの質量は 350g
- 試行回数は正方形 2 回、ひし形 2 回、六角形 3 回

4. 3 結果

結果は表1のとおりである。時間(s)はフェンスと物体が接している時間（※）のことである。

（※） p (加速度の絶対値)が0から上昇し、再び0に戻るまでの時間。詳しくは図3を参照。

表1：網目の形状と接触時間、加速度の関係

図形	時間(s)	加速度(m/s^2)
正方形	0.6	121
ひし形	0.8	126
六角形	0.3	83

4. 4 考察

重りがフェンスに当たった時の加速度が小さい六角形、フェンスと接している時間が長いひし形のどちらかがフェンスの網目の形として適しているのではないかと考えた。

4. 5 改善すべき点



図4：段ボール断面

図4のような段ボールの構造により、厚みが均一ではなく、金属製のフェンスとの性質の違いが明確でない。そのため、予備実験の考察が金属製フェンスにも適応できるのかが確かでないことが挙げられる。また、フェンスモデルを作成する効率が悪いこと、試行回数が少ないことが挙げられる。

5. 実験1

5. 1 実験方法

これらの改善点より、我々はフェンスに使う材質としてビニールに注目した。ビニールは段ボールに比べ伸縮性があり、厚さが均一で、加工もしやすいからである。しかし、ビニールフェンスを用いた実験の結果の妥当性を調べる必要があるので以下の条件で実験を行う。

まず、手編みによる針金製のフェンスとビニール製のフェンスを作製し、以下の条件で、実験1と同じ要領で実験を行った。

～条件（針金）～

- 素材は金属
- 落とす高さは 20cm
- 重りの質量は 463g
- ねじる回数は 1 回

～条件（ビニール）～

- 素材はビニール
- 落とす高さは 15cm
- 重りの質量は 125.5g
- 形状はひし形

また、図5は、針金製フェンスの写真である。

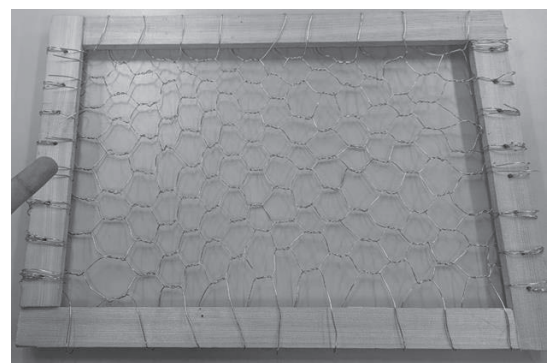


図5：針金フェンス

5. 2 結果

グラフは図6、図7のとおりである。

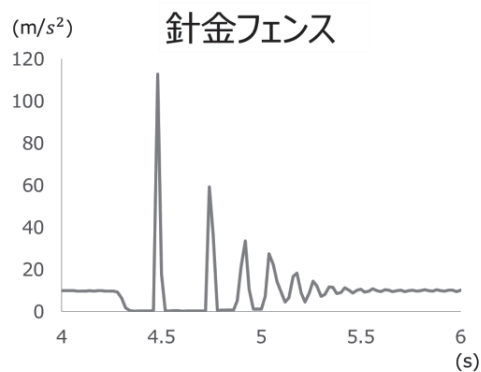


図 6: 針金フェンスの p-t グラフ

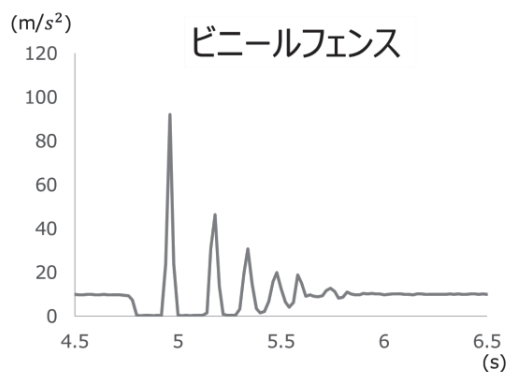


図 7: ビニールフェンスの p-t グラフ

材質の耐久面を考慮し、落とす高さや重りの質量は適宜変更しているため、グラフの加速度のピークなどのスケールは異なる。

5. 3 考察

概形を比較すると、ピークごとの時間とピークの大きさの比率など、全体的な挙動は一致している。ゆえにビニールを用いてフェンスを作製し、実験を行うことは妥当であると判断する。

6. 実験 2

6. 1 目的

より実際のフェンスに近いモデルを用いて、ひし形と六角形ではどちらがフェンスの網目の形として優れているかを調べる。

6. 2 実験方法

厚さ 0.04mm のビニールシートを切ってフェンスのモデルを作成した。網目の形が六角形のものを 4 枚、ひし形のものを 6 枚作り、実験を行った。落とす物体は 6cm×6cm×13cm の立方体で質量は 125.5 g である。また、物体を落とす高さは 10 cm とした。

6. 3 結果

加速度センサーのデータからグラフを作成し、重り

が初めてフェンスに当たったときに注目して、物体が受けた衝撃荷重を算出し比較した。以下がそのデータである。

表 2: 網目の形状ごとの $\Delta v / \Delta t$ の値

ひし形	1	2	3	4	5	6
$\Delta v / \Delta t$	25	28.07	36.01	24.76	36.32	34.6
				7	平均	標準誤差
				31.1	30.84	1.749
六角形	1	2	3	4	平均	標準誤差
$\Delta v / \Delta t$	28.58	35.52	38.55	39.78	35.61	2.172

ただし、衝撃荷重の定義における質量 m はそろえてあり、比較には不要なので計算では代入していない。よって表 2 では「衝撃荷重」ではなく $\Delta v / \Delta t$ を表記している。

加速度の変化のグラフは次の図 8, 図 9 のようになる。

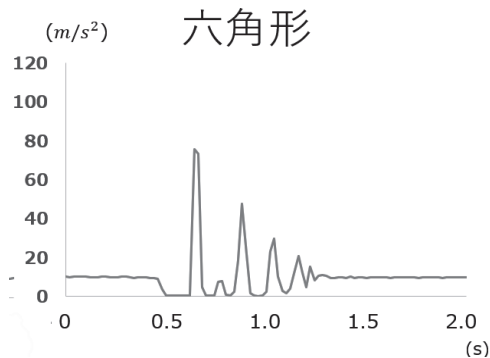


図 8: 網目が六角形のフェンスの p-t グラフ

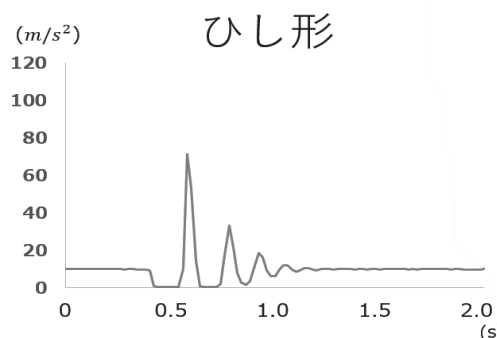


図 9: 網目がひし形のフェンスの p-t グラフ

6. 5 考察

加速度のグラフのピークを比べると、六角形とひし形ではあまり変化が見られなかった。一方、物体の $\Delta v / \Delta t$ の値を比較すると、ひし形フェンスの方が六角形フェンスよりも値が低い。前者は物体に働く衝撃荷重が後者よりも小さいと分かる。ゆえに、六角形よりもひし形の方が衝撃吸収の面において優れている。

と考えられる。

7. 実験 3

7. 1 目的

我々はねじめる回数を増やすことで、衝撃吸収性能の向上が期待できるという仮説を立てた。そこでその仮説を検証するべく、以下の条件で実験を行った。

7. 2 実験方法

まず、1 回ねじりと 3 回ねじりの針金製のフェンスを作製した。素材は金属。落とす高さは 20cm、重りの質量は 463g である。以下の図 10 はねじる部分と、それらを図示したものである。



図 10: ねじりのモデル

7. 3 結果

$\Delta v / \Delta t$ の値は表 3 のグラフのとおりである。

表 3: ねじりの回数と $\Delta v / \Delta t$ の値の関係

1ねじり	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta v / \Delta t$	46.26105	55.28801	46.36274	46.61954	46.26623	51.59396	49.66147
				8	9	平均	標準誤差
				53.21807	51.22839	49.61105	1.075539

3ねじり	1	2	3	4	5	平均	標準誤差
$\Delta v / \Delta t$	42.66255	48.32943	38.90717	43.89749	45.527	43.86473	1.560775

7. 4 考察

加速度のグラフのピークを比べると、六角形とひし形ではあまり変化が見られなかった。一方それぞれの $\Delta v / \Delta t$ の平均値を比べると、3 回ねじりのフェンスは、1 回ねじりのフェンスに比べて、 $\Delta v / \Delta t$ の平均値は約 12% 減少した。このことから、ねじりの回数が増えると、衝突する物体にかかる衝撃荷重が減少することが示唆された。（2 種類のねじりの回数を変えたフェンスから得られた根拠が少ないので、衝撃荷重が減少するとは言い切れない）

8. 結論

実験 2 より、ひし形のフェンスが最も、物体に働く衝撃荷重が小さいことがわかった。実験 3 よりビニール製のフェンスの実験の妥当性が確かめられたので、ひし形がフェンスの網目の形として最も適していると結論付けた。

実験 3 より、フェンスのねじめる回数が増えること

で衝撃荷重が小さくなり衝撃吸収性能が向上することが示唆された。

9. 今後の展望

本研究では衝突するものの衝撃荷重を評価方法とし実験と考察を行ったが、今後は運動エネルギーの吸収の仕方やフェンスの素材の硬度による衝撃吸収の違いを明らかにしていきたい。

また、フェンスの網目を小さくすることでフェンスと落下物の比を変え、落下物が落ちる位置による影響を小さくしたい。ねじりの回数が増えると衝撃吸収性能が向上されるという仮説を立証するために、よりねじりの回数を増やしたフェンスを用いて実験を行いたい。さらに、針金のフェンスは手編みのため実際のフェンスとは異なる点がある。そこで、より正確に実物に近いモデルのフェンスの作成方法を模索するとともに、ほかの実験も試行回数を増やし再現性と正確性を高めていきたい。

10. 参考文献

ループフェンス研究会

<https://loopfence-vx.com/>

JAF モータースポーツ

<https://mortersports.jaf.or.jp/>

三光合成 テックショップ

<https://www.sankogosei.shop/post/>

(最終閲覧はいずれも 2024.9.12)

磁力の総量と配列の関係

Relation Between the Total Amount of Magnetic Force and Array of Magnets

井筒亮人 梅谷将大 岡安孝太郎 生喜葵 吉川源
Ryoto Izutsu Shota Umetani Kotaro Okayasu Aoi Seiki Gen Yoshikawa

要約

ある1方向での磁力を強める磁石の効率的な利用についてはハルバッハ配列などが知られているが、磁石全体での磁力を強めることについての先行研究は見つからなかった。そこで新たに「総引力」を定義し、磁石の配置と引力に注目して実験を行ったところ、磁石の配列によって総引力が変化することがわかった。また、実験の考察を経て、総引力の変化の仕方を磁力線を考えることで予測することができた。

ABSTRACT

Halbach arrays and other magnets have been considered for the efficient use of magnets to strengthen the magnetic force in one direction, but no previous research has been found on strengthening the magnetic force of the entire magnet. Therefore, we newly defined "Total attraction". It was found the Total attraction changes depending on the arrangement of the magnets. The magnitude of the total attraction could be predicted by considering the movement of magnetic field lines.

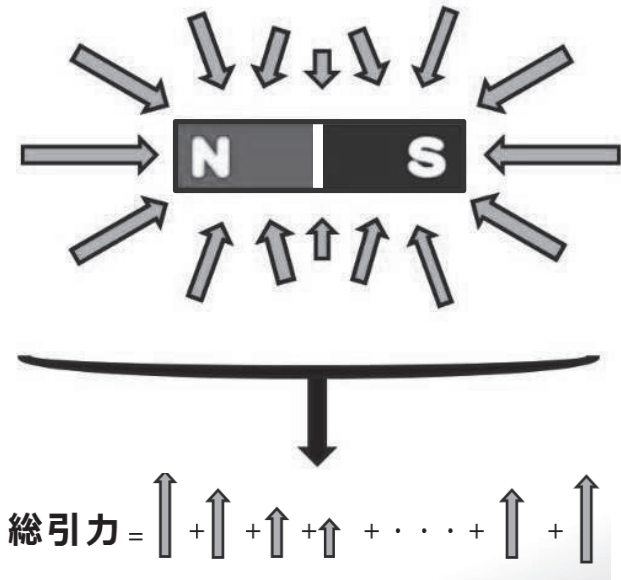
キーワード: 総引力 配列 磁力線

1. はじめに

この研究では、磁石を効率的に使用することを目的として、様々な配列で磁石を組み、特に磁石の鉄を引き付ける力に注目しどうすれば効率的に磁石を利用できるかを調べてきた。そこで、同じ量の磁石でもその配列によって磁力にどのような違いが出るのか気になり、様々な配列で磁石を組み、磁力の総量を調べることにした。

2. 前提知識

同じ磁石でも場所によって磁力は異なるが、全体の磁力の大きさをすべて合わせたものを「総引力」と定義し、磁石全体に付着する砂鉄の質量で測定できると考えた。



3. 実験 1

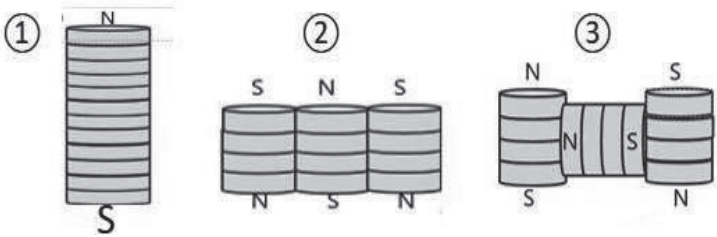
3. 1 仮説

磁力線の数や磁石によって一定で、磁力は磁力線の密度で決まる。そのためどんな配列でも総引力は変わらないのではないかと考えた。

3. 2 実験方法

総引力は磁石全体につく砂鉄の量に比例すると仮定し、様々な配置で総磁力を調べる。

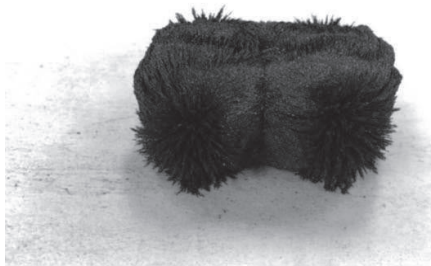
12個の磁石の配列を変更し、以下の①②③各パターンで付着する砂鉄の量を測定した。



使用した磁石



砂鉄の付着する様子



3. 3 結果

	1回目	2	3	4	5	平均
①	133.6	132.0	133.7	132.9	133.3	133.1
②	140.1	139.7	141.1	140.3	141.1	140.5
③	154.1	154.5	155.3	155.1	154.9	154.8

付着した砂鉄の量は①<②<③

3. 4 考察

①②③で明らかな違いがでたため総引力は一定でないと考えた. 仮説 1 は否定された.

4. 実験 2

4. 1 仮説

実験 1 より, 総引力は一定でないと考えた. しかし円柱型の磁石を使用していたため表面積が配列によって異なり, その影響が否定できなかった. そこで, 立方体磁石を使用することでその影響を無視できるようにし, それによってより正確な結果が得られると考えた.

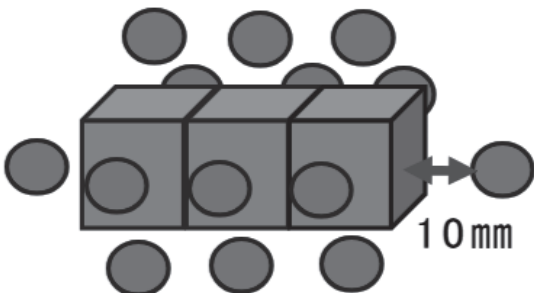
磁石は同じ個数, 強さならば磁力線の数是一定となる. 配列の違いによって磁力線密度が高い部分があればその分低い部分もできる. そのため総引力は一定になるのではないかと考えた.

また, 極間の距離や磁石の配列を固定する際に必要となる外力の大きさも関連があるのではないかと考えた.

4. 2 実験方法

3つの立方体磁石の配列を変更. 各パターンで付着する砂鉄の質量を調査した.

その後, 磁力計にて各地点で下図の丸印の14か所の磁束密度を測定した.



使用した磁石



4. 3 結果

→は先端がN極, 尾がS極を表している

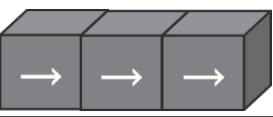
①付着した砂鉄の量 (g)

→→→	↑→↓	↑↓↑
70.5	62.7	49.7
↑↑↑	→←→	←↑→
111.0	53.0	64.0

②各配列の磁束密度の和(mT)

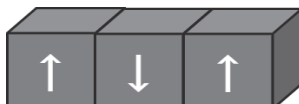
→→→	↑→↓	↑↓↑
90	105	84
↑↑↑	→←→	←↑→
268	52	110

③各地点での磁束密度(mT)

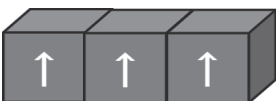
			
正面	10	1	3
奥	7	2	6
上	6	1	6
下	7	1	6
右	17	左	17



正面	11	1	13
奥	10	1	12
上	7	1	6
下	20	3	15
右	2	左	3



正面	7	3	7
奥	7	3	7
上	8	1	11
下	14	1	12
右	2	左	1



正面	23	26	20
奥	21	25	20
上	21	24	17
下	22	26	20
右	1	左	2

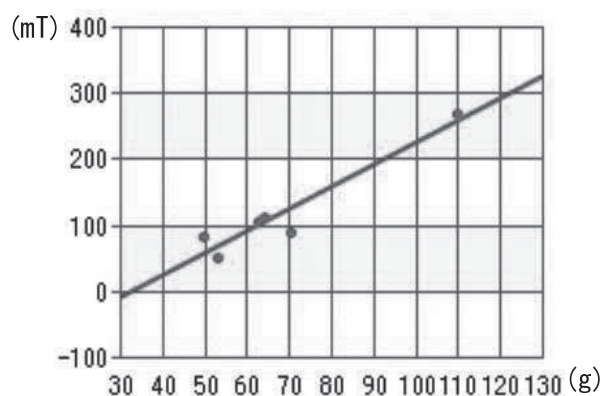


正面	3	1	3
奥	3	1	1
上	3	0	2
下	3	1	5
右	15	左	11



正面	7	1	3
奥	6	1	8
上	4	3	5
下	7	23	13
右	15	左	14

①と②の相関



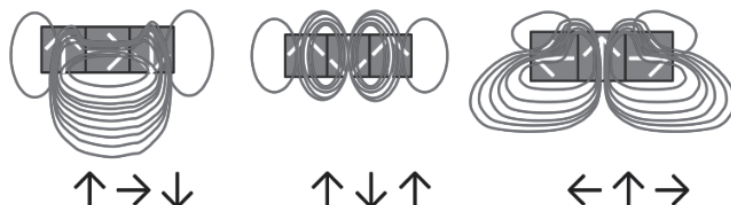
4. 4 考察

砂鉄の付着量に関して、実験1では多くの砂鉄が付着した③の配列と対応する↑→↓の配列で最も砂鉄の付着した量が少ないなど実験1と2で異なる結果となったことから実験1では、表面積の影響があった可能性があると考えられる。

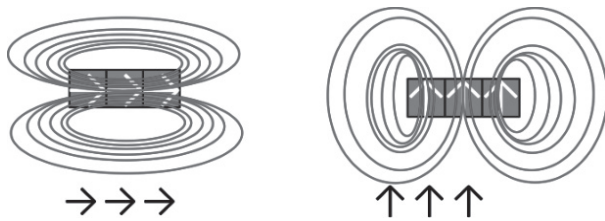
①と②の相関関係より砂鉄を用いた磁力測定の妥当性が得られた。なお①②の値の相関係数は0.958となっている。

一番無理やりな配列は→←→であるが砂鉄の付着量、磁束密度の和とともに値が小さかったため固定時の外力は関係ないと言える。

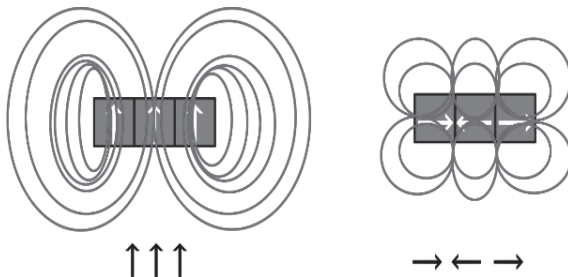
実験の結果からそれぞれの配列での磁力線について予想し、それに基づいてさらに考察した。



異極間距離が短いと磁力線がN極から出発してもすぐにゴールのS極に入り、磁力線の流れが小回りになるため磁力の及ぶ範囲が狭くなる。



異極間距離が長いと磁力線の流れが大回りになり磁力線の及ぶ範囲が広がる。しかし異極間距離が離れすぎると磁束密度が小さくなる。



同極間距離は小さい方が、斥力が働き磁力が磁石中に逃げず磁力線の及ぶ範囲が大きくなり砂鉄の付着量が多くなる傾向にある。ただし、向かい合うと磁力線が重ならず磁力線の密度が小さくなる。

5. 結論

異極間距離が短ければ短いほど、長ければ長いほど総引力が高まるということではなく、総引力を高めるには磁力線の存在範囲と密度のバランスをとることが重要となる。

同極間距離は短くかつ、同極が向かい合わないようにし磁力の存在範囲を確保し、磁力線の重なる流れを作ることが重要となる。

6. 今後の展望

磁束密度の測定地点を増やし、より精密に磁束密度を測る。

シミュレーションなどの手段も用いて結果を吟味する。

ヨークなどを用いて総引力の実用面での活かし方についても考察する。

13. 参考文献

ハルバッハ配列—NeoMag 用語集

https://www.neomag.jp/mag_navi/glossary/glossary_main.php?title_name=%E3%83%8F%E3%83%AB%E3%83%90%E3%83%83%E3%83%8F%E9%85%8D%E5%88%97

閲覧2024 年 9 月 11 日

霞堤の効果と改良について

Exploring the Effectiveness and Optimization of the Kasumi-Tei Levees

杉本一心 瀧川奏星 馬場陸人 早川寛人 隼瀬良太

Sugimoto Isshin Takigawa Kanase Baba Rikuto Hayakawa Hiroto Hayase Ryota

要約

河川モデルを作成し、霞堤の角度と水の流入量の関係を調べた。
そして、最適な霞堤の角度を算出し、霞堤を改良する方法を確立した。

ABSTRACT

We created a river model and investigated the relationship between the angle of the Kasumi-tei levee and the amount of water inflow.

We then calculated the optimal angle of the levee and established a method for improving the Kasumi-tei levee.

キーワード：霞堤 治水事業 洪水 防災 最適化 シミュレーション

1. はじめに

霞堤とは、河川の本流の水の流量を減らして流域の浸水を防ぐ治水機構である。定義では「霞堤とは河川堤防の一形態であり、ところどころが切れていて不連続になっているものをいう。」とされている。大雨時には堤防が霞雲のように不連続になっている部分から水が溢れ出て一時的に水を河川外に蓄え（下図中央）、雨が止んだ後には水が引いて本流へ戻り、通常時と同じ流れに戻る（下図右）。

で、洪水が起こりやすい扇状地に設置される傾向がある。



図2 2022年8月 滋賀県高時川の霞堤の様子



図1 霞堤 模式図

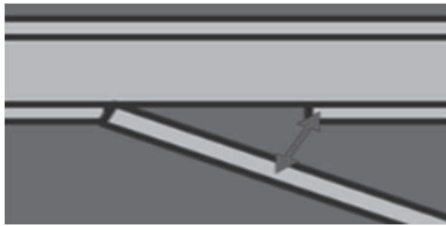
・実例

- ・2022年8月には、滋賀県長浜市高時川（左下写真）での洪水で実際に霞堤が機能した。これによって、川沿いの田畑は浸水したものの、下流家屋や人命の被害は抑えられた。
- ・石川県の手取川、愛知県の豊川などの川には、典型的な霞堤が多く存在している。全国各地

2. 研究目的

本研究の最終目的としては、霞堤の形状に着目し、霞堤を効果的に活用することである。武田信玄が発案したとも伝わる霞堤は古くから日本でその治水効果が認められ、現在でも広く活用されている。その一方で、経験則や特異的なシミュレーションによって設計されており、形状とその治水効果の関係に関する一般的な研究は行われていない。このことから、霞堤の治水効果について、一般性がある研究が必要であると考えた。

霞堤周辺は農地利用が多く、霞堤内の浸水面積が少ないことが望ましいが、霞堤以外の場所で洪水が発生しては意味がない。そのため、最適な霞堤を「霞堤以外の場所で洪水が発生しない範囲内で、霞堤内の浸水面積が最小となるもの」と定義した。実際の霞堤は複数個連続して設置されているが、本研究では、霞堤への水の流入量を調節する手段として堤防の角度（下の図の赤矢印）に注目した。したがって、それぞれの霞堤における霞堤の最適な角度とその求め方を探ることが本研究の目的である。



3. 実験モデル

実際の河川で霞堤の角度を変えて個々に実験を行う先行研究とは異なり、角度が変更可能な一般的な河川モデルを作成した。

プラスチック段ボールを用い、比較のために霞堤のない河川も作成した。下流に池・湖・海を設置したのは、河川に水がある程度とどまるようにするためである。仮に河川しか設置しなかった場合、滝のように水が流れ落ちる状況になってしまい、実際の河川とはそぐわない。

予備実験の結果、霞堤がある場合には、堤防の不連続な部分から水が溢れ出し、霞堤のない場合と比べて氾濫までの時間が長くなった。すなわち、霞堤が機能した。また、洪水の様子が実際の河川に近かったことから、実験モデルの妥当性がある程度確認されたといえる。

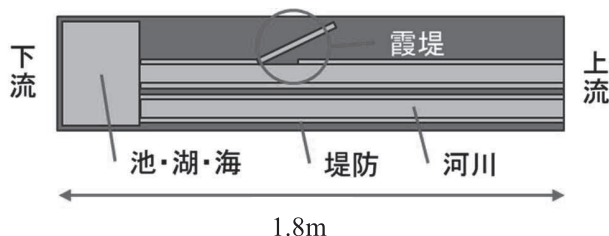


図3 上から見た図



図4 横から見た図

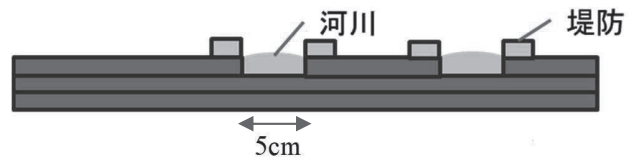


図5 断面図

4 実験1

霞堤の角度を変えて水の流入量を調整するため、角度と流入量の関係を調べる。実験モデルの角度を変え、それぞれの角度で水が流入する様子を動画で記録した。これにより、経過時間ごとの溜まった水量を測定し、累計の水量から、単位時間あたりに霞堤に流入した水量（流入速度）を求めた。ただし、霞堤に流入した水の面積を疑似的に流入した水量とみなした。

角度：15° ～45°（7.5° ずつ）

流した水量：140 cm³/s

試行回数：各5回

霞堤の角度と水の流入速度の関係

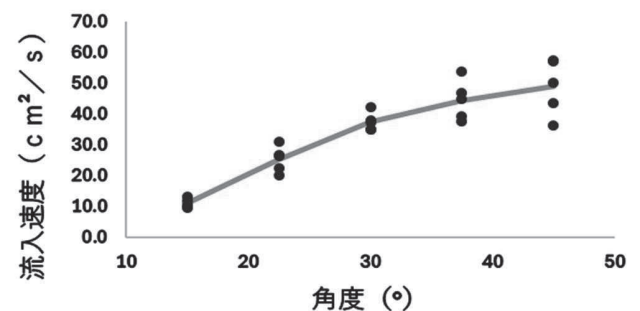
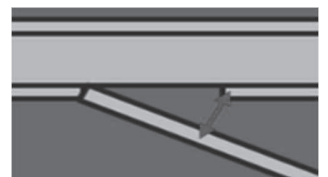


表1 霞堤の角度と流入速度の関係

・霞堤の角度が大きいほど、水の流入速度は大きくなった。これは、右図の赤矢印の長さが長くなったからだと考えられる。

・また、平均値を表すグラフの傾きが小さくなっていったため、流入速度に上限があると予想される。



5. 実験2

実験1では、データのばらつきが大きく、実際の河川とのスケールの違いという問題もあった。正確性の向上のために、河川シミュレーションソフトを用いて、実験1と同様の実験を行った。そして、霞

堤に入る水の速度や水深から、流入速度を求めた。ただし、スケールに合わせて実験モデルを少し変更している。

- ・用いたソフト iRIC について



International River Interface Cooperative の略。北海道大学の教授らによって開発されたソフトで多くの大学や研究機関で使用されている。

実験条件

角度：15° ～60°（5° ずつ）

流した水量：1000 m³/s（4000 秒間）

下の図 6 は、シミュレーションの様子を示す。黄色や赤色は水深が深いことを表している。川下に対して右側の霞堤の部分に水が溜まっていることが分かる。



図 6 シミュレーションの写真

以下に示すのがシミュレーションの結果である。

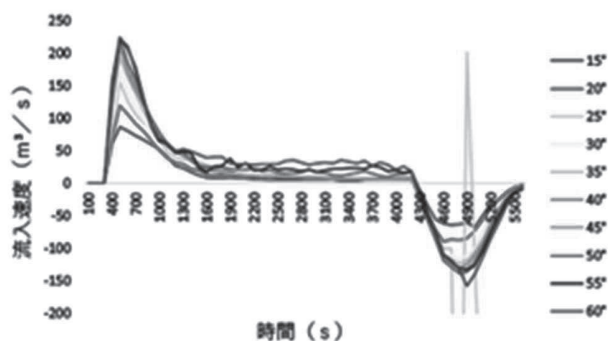


表 2 時間ごとの流入速度の推移

最初に流入速度が大きくなり、次第に減少した。流す水を止めてからは値が負になっているが、これは霞堤から水が引いていったことを表している。このグラフから、水を流し始めてからおよそ 1000 秒間で霞堤内に水がたまり、水を止めた 4000 秒あたり

から霞堤内の水が本流に戻ったことが読み取れる。

【実験 1】と同様のグラフを作成するため霞堤が十分に機能している 400 秒から 1000 秒に着目して、100 秒ごとに霞堤の角度と水の流入量の関係を調べた。

【実験 1】と同様に、横軸に時間、縦軸に流入速度を取ったグラフを用意し、比較することを試みた。しかし、経過時間、角度により流入速度に大きな差があり、【実験 1】と同様のグラフでは概形の比較が難しい。そこでグラフで角度と流入量の関係を比較するために、それぞれの時間の流入速度の平均を 1 としたときの比で角度ごとの流入速度を表したものを相対流入速度と定義し、それを縦軸にとることでグラフの概形を一つのグラフで比較した。

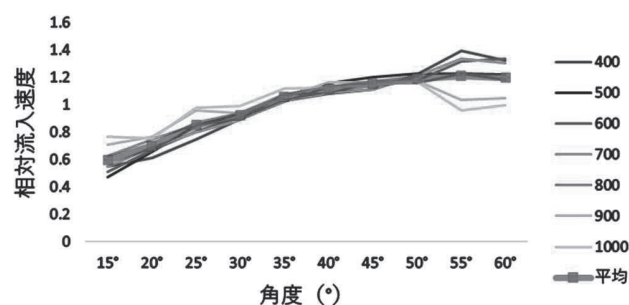


表 3 相対流入速度と角度の関係

経過時間によらずグラフは同じような概形になった。実験 1 と同様に、霞堤の角度が大きいくほど、水の流入速度も大きくなり、グラフの傾きは小さくなった。実験 1 の結果とシミュレーションによる結果（前頁下部の両グラフ）が概ね一致したことから製作した実験モデルの妥当性が確かめられたといえる。

6. 実験結果の利用

今回得た実験結果を特定の河川に当てはめて、霞堤の最適な角度を算出する方法を検討する。

- ① 想定される最大降水時の河川の想定最大水量と、霞堤がない場合に河川が洪水しない最大水量を求める。これらの情報はハザードマップ等から入手可能である。その差が、霞堤に流入する水量の理想値となる。
- ② 適当な角度の霞堤を実際の地形に設置し、シミュレーションを行う。30° 程度が望ましい。
- ③ ①で求めた霞堤への流入速度の理想値と②結果を比較し、流入速度と角度の関係のグラフを用いて、最適な角度を計算する。

この①～③を行うことで各々の霞堤の最適な角度が算出可能である。

7. 今後の展望

- 上記（6）のようなシミュレーションを、典型的な霞堤が複数設置されている石川県の手取川で進めている。
- 地形条件等によっては、霞堤の角度を変化させるだけでは対応できない場合もあるので、それについて考察したい。具体的には、霞堤の個数に着目し、複数の霞堤を設置することにより対応できると考える。
- モデル実験やシミュレーションでは、堤防の侵食・決壊を計算できないためその影響を考慮に入れたい。

8. 参考文献

- ・島谷幸宏「霞堤の機能と近年の研究成果のレビュー」、RIVERFRONT 研究所、94 号、2022
https://www.rfc.or.jp/pdf/vol_94/p010.pdf
- ・瀧 健太郎・中村 亮太・原田 守啓・田中 耕司「霞堤の治水機能の評価方法および 流域治水計画における位置付けに関する一考察」河川技術論文集、27 巻、2021 年 [Microsoft Word - 河川技術_霞堤機能評価法_210521（画像）.docx \(jst.go.jp\) s](#)
- ・関口威人『激甚災害時代の川と人の関係―愛知・豊川の「霞堤」から考える』2021
- ・「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」令和 5 年度理数科課題研究論文集
- ・朝日新聞社(2022)『「見事な治水」にみんなでありがとうを 片付けに追われた農家の思い』
<https://www.asahi.com/articles/ASQ8L63RCQ8LPLZU>
- ・iRIC(International River Interface Cooperative)
<https://i-ric.org/about/>

グランディ数を用いた自作ゲームの必勝法の考察

Discussion of winning strategies using the Grundy number in a home-made game

阿部 孝我 谷 創 藤川 智哉 別所 愛斗 森本 哲平
Abe Koga Tani Hajime Fujikawa Tomoya Bessho Manato Morimoto teppei

要約

グランディ数というゲームの数学ゲームの遷移図における状態を表すことができる数について知り、グランディ数が0であるか、0でないかを判別する方法を、我々が独自に考案したゲームにおいて考えた。結論としてはグランディ数が0かどうかを判別する方法を発見するには至らなかったが、その過程で興味深い規則性クロスフラクタルをもつ表を発見した。

ABSTRACT

We learned about the Grundy number, a number that can represent a state in the transition diagram of a mathematical game. We thought about how to determine whether the Grundy number is zero or not in a game that we created ourselves. In conclusion, we did not find a way to determine whether the Grundy number is zero or not, but we did find a regular table, “Cross-fractal”, in the process.

1. はじめに

ある局面のグランディ数はその遷移先のグランディ数の集合に含まれない最小の非負整数で定められる。

1. 1. 前提知識

(iii) グランディ数の性質

グランディ数について次の性質が知られている。

1. 1. 1. mex

ある集合Aに含まれない最小の非負整数を $\text{mex}(A)$ と表す。本研究では、特に「ゲームの遷移先に含まれない最小の非負整数」を示すのに用いる。

(1) グランディ数が0の状態から1手後に0の状態に遷移することは出来ない。

1. 1. 2 グランディ数

(i) グランディ数の定義

G をゲームの局面とする。 $g(G)$ を G のグランディ数と呼び、次のように再帰的に定義する。

$$g(G) = \text{mex}(\{g(G') \mid G' \text{ は局面 } G \text{ から1手で遷移できる局面}\})$$

但し、最終局面のグランディ数は0

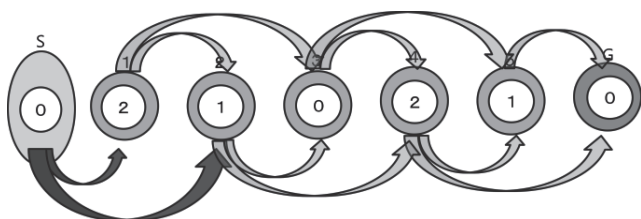
(2) グランディ数0以外の状態から1手後に0の状態にする方法が存在する。

これらの性質を用いると、最後に行動をした人が勝利するゲームの場合、自らの行動の後グランディ数が0になるように行動を取り続けることができれば、自分が必ず最後の行動をすることになり、必ず勝利することが出来るということがわかる。

(ii) グランディ数の説明

グランディ数はゲームのある局面の状態を判断するための数である。

最初に、あるゲームの遷移図を描き、最終局面のグランディ数を0とする。そして遷移先の全ての局面のグランディ数が分かっている局面においてのみグランディ数を求めることが出来る。



1. 2. 研究の目標、終着点

1. 1. 2 のようにグランディ数を0に保つことができればゲームに勝つことができる。

しかし、遷移図をすべて書き上げることはゲームが複雑化、大規模化したときに困難になる。したがって我々の研究目標は遷移図を書かずに各ゲームに勝つ方法を発見することであった。

結果として扱ったゲームの必勝法を発見することはできなかった。しかし、その過程で偶然興味深い規則性のある数字の表を発見したため、その表にの発見に至った過程とともに我々の研究について説明する。

1.3. Nimについて

Nim は別名「石取りゲーム」とも言う。このゲームは、遷移図を用いることなく任意の状態のグランディ数が0かどうかを判別する方法が確立されており、研究の参考にしたため紹介する。



1.3.1. ルール

- ・いくつかの山にそれぞれいくつかの石がある。
- ・プレイヤーは交互に石を取る。同時に取れるのは同じ山の石のみ。1回で1個以上何個でも取れる。
- ・最後の石を取った方が勝ち。

1.3.2. 排他的論理和 (XOR) を用いた必勝法

- ①自分の手番ごとに、それぞれの山の石の数を二進数表記し XOR (*1) を求める。
- ②XOR が自分の番の後に必ず0になるように石を取っていく。(相手は次の番で XOR を0のまま維持することはできない)

Nimにおいて、排他的論理和が0であることと、XOR が0であることは同値であることが知られている(証明は割愛する)。そのため、グランディ数の代わりに XOR を使うことができる。

* 1) XOR は以下のような計算方法で求めることができる。

足し合わせたい数を全て二進数表記し、各桁を比較し、桁ごとに以下の規則で0または1を返す。

〈0または1の判別方法〉

m を0以上の整数とする。

- i) 同じ桁の1の個数が偶数となるとき
計算結果として0を返す。
- ii) 同じ桁の1の個数が奇数となるとき
計算結果として1を返す。

具体例) {1 1, 5, 9} の排他的論理和の計算

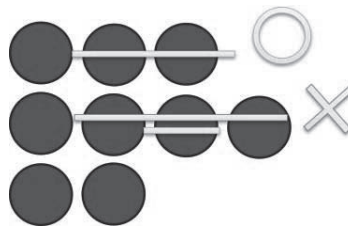
```

1 0 1 1   同じけたの1の個数
  1 0 1   {1個, 3個} → 1を返す
1 0 0 1   {2個} → 0を返す
1 0 1 1 1

```

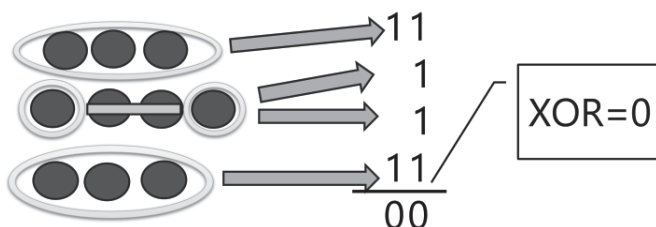
2. 新Nim

上記のNimのルールを一部変更し新たなゲームを作成した(新Nimと呼ぶ)。また、このゲームにおいてもNimと同様にXORを用いて必勝法を考えることができることが分かった。



2.1 ルール (Nimとの違い)

- ・いくつかの列にそれぞれ任意の個数だけ石を配置する。
 - ・プレイヤーは交互に石を取る。
- ただし、プレイヤーがとれる石の数に上限はないが、一度に同じ列上にある隣り合った石しか取ることができず(Nimの山と対応している)、すでに取られている石をまたいで石を取ることはで



きない。

- ・最後の石を取った方が勝ち。

2.2 XOR を用いた必勝法

一度に取ることができる石全部のまとまりを単にまとまりと呼ぶ。それぞれのまとまりの石の数を二進数表記し、XORを出すことで、その局面でのグランディ数が0かどうかを判別できることがわかった。したがって、Nimと同様に自身の手番の後にグランディ数が0になるように石を取ることで勝つことができる。

2.3 新しいNimの必勝法の証明

(※ここでは、1山の石の個数を二進数表記したのも XOR と表現している)

以下のA、Bを示すことで、新しいNimの必勝法が使えることを証明する。

A: XOR が0である状態からどのように石を取っても、1手後に必ずXORが0でない状態になる。

B: XOR が0でない状態から、1手後にXORが0である状態にする消し方が必ず存在する。

Aの証明

XOR が0である状態から、ある山(以下M)の石を消すことを考える。操作前のMのXORをmとし、M以外の山のXORをnとする。このとき、mとnのXORは0である。操作後のMのXORをm'と

する。操作後に XOR が 0 となる、すなわち $m' \oplus n = 0$ であると仮定する。このとき、 m と m' は一致する必要がある。しかし、1 山を 1 山にするような消し方をすると、 $m > m'$ となり m と m' は一致しない。また、1 山を 2 山に分けるような消し方をすると、新たにできる 2 山の XOR は m' になり、消した石の個数を 2 進数表記したものを t とすると、 m' と t の XOR が m であったことより、 $m > m'$ となり m と m' は一致しない。したがって、XOR が 0 である状態からどのように消しても、1 手後に必ず XOR が 0 でない状態になる。

B の証明

必勝法を用いる際、1 山を 2 山に分けるような消し方はしない。XOR が 0 である状態でないある局面の XOR を H とし、その最高位を h とすると h が 1 である山が必ず存在する。その山のうち 1 つの XOR を a 、その山以外の山の XOR を b とすると、 a と b の XOR は H になっている。ここで、 $a > b$ が成り立つことに注意すると、1 手で a を b に変えるような消し方が必ず存在する。このような消し方をすれば、(操作後の XOR) = (b と b の XOR) = 0 となり、XOR が 0 でない状態から、1 手後に XOR が 0 である状態にする消し方が必ず存在する。

3. Kom

3.1.1 ルール

Kom は我々が新たに作成したゲームである。Kom は、複数の正方形に区切られた正方形の盤と 2 個のコマを用いる。盤に初期位置として任意の 2 マスに互いに重ならないようコマを配置する。2 人のプレイヤーが交互にコマを動かす。各手番で、それぞれのプレイヤーはいずれかのコマを選択し、それを左または上に 1 以上任意のマスだけ動かす。(ただし、二人のプレイヤーは同じ側から盤面を見ているため、左と上は双方にとって同じ方向を指す。) このとき、もう一方のコマに重なったり、飛び越したりしてはいけない。

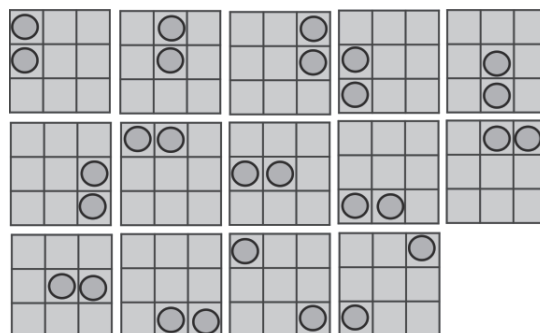
両方のコマがこれ以上動けなくなったときにゲームは終了し、最後にコマを動かしていた人が勝利となる。

3.1.2 1 つ目の考察

作成したプログラムを用いて、遷移図をすべて書きだしグランディ数が 0 になる場合を考えることで、マスが少ない場合 (例えば 3×3 (下図) など) の必勝法を発見した。

(図、 3×3 の場合の必勝法)

下のようにグランディ数 0 の場合すべてを書き出す。自分の手番の後に下の 14 パターンのうちいずれかになるように動かし続けることで、最後の状態に持ち込むことができ、勝つことができる。



しかし、この方法はプログラムを用いた方法であり、マス目が大きくなった場合など一般化できない状況についての必勝法は考えることができなかった。

3.1.3 必勝法が使える理由

グランディ数の定義から、グランディ数 0 の状態からどのように動かし、1 手後にグランディ数 0 の状態にすることはできず、グランディ数の 0 でない状態から、1 手後にグランディ数 0 の状態にする動かし方が必ず存在することが分かる。これらより、相手の操作によらず、自分の操作後にグランディ数が 0 となるように調整し続けることが可能となる。

3.2 Kom (ルール変更版)

3.2.1 ルール変更の内容、目的

3.1.2 で示したように、マス目が大きくなることで遷移図が複雑になり、必勝法を考えることができなくなった。ここで、私たちは Kom のルールを変更した。左上のマス目だけ二つのコマが重なることを許し、左上のマスに二つのコマが重なるとゲームが終了するというルールに変更した。この変更によって、ゲーム終了時の状態が 4 種類から 1 種類に変わり、考察がしやすくなった (下図)。以後、このルール変更後の Kom を新 Kom と呼ぶことにする。

3.2.2 2つ目の考察

(i) 表の作成

新Komの考察に際して「一つのコマのみでのKom」を考えると、コマの位置と局面は1対1に対応する。よって、すべてのマスにグランディ数を書き込むことができる。(手順図参照)

①左上:
G=0

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	3	2	5	4	7	6	9	8	11
2	3	0	1	6	7	5	4	10	11	8
3	2	1	0	7	6	4	5	11	10	9
4	5	6	7	0	1	2	3	12	13	14
5	4	7	6	1	0	3	2	13	12	15
6	7	5	4	2	3	0	1	14	13	12
7	6	4	5	3	2	1	0	15	14	13
8	9	10	11	12	13	14	15	2	3	0
9	8	11	10	13	12	15	14	1	0	3
10	11	10	9	8	15	14	13	2	3	0

②G=すべての遷移先に含まれない最小の非負整数

【表作成の手順】

② 左上のマス目のグランディ数は0

②あるマスについて、次にコマが動くことができるすべてのマスのグランディ数が決まっているならば、それに含まれない最小の非負整数をそのマスのグランディ数とする。

(ii) 特別な場合の必勝法

最終局面まで2つのコマが1列に並ぶことがなかった場合の必勝法を考えた。

上の表を利用し、自分の手番の後に2つのコマのマス目のグランディ数が一致するように動かし続けると勝つことができる。

※このような場合に上記の必勝法が使える理由

グランディ数の定義より、あるコマの上1列と右1列のマスのグランディ数にはコマのあるマスのグランディ数未満のすべての非負整数が含まれている。このことから、2つのコマが1列に並ばないとき、グランディ数が大きいほうのマスのコマを適切に動かすことで、必ず自分の操作後に2つのコマのグランディ数が一致するようにコマを動かすことができる。

3.2.3 表の性質

(性質1)

3.2.2の図のように、表の2×2のマスの着目す

ると二つの数字がクロス形の形(この構造をチェッカークロスと呼ぶ)に配置されている。さらに、4×4のマスの着目すると二種類の2×2のマスの着目がチェッカークロスになっており。同様に8×8のマスの着目では4×4のマスの着目がチェッカークロスになっている。このようにチェッカークロスが再帰的に繰り返される。この性質をクロスフラクタルと呼ぶ。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	3	2	5	4	7	6	9	8	11
2	3	0	1	6	7	5	4	10	11	8
3	2	1	0	7	6	4	5	11	10	9
4	5	6	7	0	1	2	3	12	13	14
5	4	7	6	1	0	3	2	13	12	15
6	7	5	4	2	3	0	1	14	13	12
7	6	4	5	3	2	1	0	15	14	13
8	9	10	11	12	13	14	15	2	3	0
9	8	11	10	13	12	15	14	1	0	3
10	11	10	9	8	15	14	13	2	3	0

(性質2)

それぞれのマスの「左に移動できるマスの数」と「上に移動できるマスの数」を二進数で表し、それらのXORを計算し、その値を再び10進数に戻すとそのマスにかかっている数字と一致する。

※証明は次のページから

4. 今後の展望

作成したクロスフラクタルの表を用いて、新Kom、Komの必勝法を考察したい。特に本論文には掲載していないが、別のゲームでコマとゴールの位置関係ではなく、コマ同士の位置関係によってグランディ数を見極めることができるゲームが存在しており、それと同様にクロスフラクタルの表を用いることでコマ同士の位置関係を用いた必勝法の考察につながるのではないかと考えている。

また、クロスフラクタルについての新しい考察も行いたい。

5. 参考文献

「組合せゲーム理論の世界
-数学で解き明かす必勝法-」
安福 智明・坂井 公・末續 鴻輝 著

6. 謝辞

滋賀大学教育学部教授 長谷川武博先生に研究のアドバイスをいただきました。

(性質 1 の証明)

グランディ数の表(以下表と呼ぶ)

(図 1)

(図 2)

において、数字の並びを左上端から数字が $2^n \times 2^n$ (n は自然数)個ずつ並ぶように正方形に区切ったとき、それらの中身の数字の並びを M_n と表す。また、ある M_n を $2^{n-1} \times 2^{n-1}$ のマスずつ4つに区切ったとき、左上、右上、左下、右下の数字の並びをそれぞれ a_n 、 b_n 、 c_n 、 d_n とする。このとき、 b_n と c_n が一致し、かつ a_n と d_n が一致するようなとき、 M_n がチェッククロスとなると表現する。

0 1	2 3	4 5	...
1 0	3 2	5 4	
2 3	0 1	6 7	
3 2	1 0	7 6	
4 5	6 7	0 1	
5 4	7 6	1 0	
:			

0 1 2 3 ... $2^{n-1}-1$	$2^{n-1} \dots \dots \dots 2^n-1$
1 0	
2	
.	a_n
.	
.	b_n
$2^{n-1}-1$	
2^{n-1}	
.	
.	
.	c_n
.	
2^n-1	d_n

※図 1 は例として表を M_2 ごとに区切ったもの

※図 2 は例として左上端が 0 になるような L_n についての説明

<証明の流れ>

- (1). 表の左上端から $2^k \times 2^k$ の数字の並び(以下 N_k) (k は自然数)の中で、 $M_1 \sim M_k$ がチェッククロスとなると仮定する。
- (2). N_k のすべての行、列にはそれぞれ $0 \sim 2^k - 1$ が1つずつ含まれることを示す。
- (3). (2)を用いて、 N_{k+1} の中で M_{k+1} がチェッククロスとなることを示す。
- (4). (1)~(3)より、数学的帰納法から、グランディ数の表が再帰的にチェッククロスを持つことを証明する。

(1) N_k の中で、 $M_1 \sim M_k$ がチェッククロスとなると仮定する。… i

(2)① i のより、 N_k の中で、 M_1 がチェッククロスとなるので、 M_1 の1行目と2行目に並ぶ数は同じになる。よって、 N_k の中で $2m-1$ 行目と $2m$ 行目(m は自然数)に並ぶ数字が同じになる。

② i のより、 N_k の中で、 M_2 がチェッククロスとなるので、 M_2 の1行目と3行目に並ぶ数は同じになる。よって、 N_k の中で $4m-3$ 行目と $4m-1$ 行目に並ぶ数字が同じになる。

①、②と同様に考えてまとめると、i のより、 N_k の中で、 $1 \leq n \leq k$ とき M_n がチェッククロスとなるので、 M_n の1行目と $2^{n-1}+1$ 行目に並ぶ数は同じになる。よって、 N_n の中で $2^nm - (2^n - 1)$ 行目と $2^nm - (2^{n-1} - 1)$ 行目に並ぶ数字が同じになる。

したがって、 N_k のすべての行には同じ数字が並ぶが、1行目にはKomのルールから明らかに $0 \sim 2^k - 1$ が1つずつ含まれるので、 N_k のすべての行にはそれぞれ $0 \sim 2^k - 1$ が1つずつ含まれる。

表の対称性より、 N_k のすべての列にはそれぞれ $0 \sim 2^k - 1$ が1つずつ含まれる。… ii

(3),(2)より、 a_{k+1} のすべての行、列にはそれぞれ $0 \sim 2^k - 1$ が 1 つずつ含まれるので、 b_{k+1} のすべてのマスの左 1 行 (Kom におけるコマの進行方向) に並ぶグランディ数に $0 \sim 2^k - 1$ がちょうど 1 つずつ含まれていることがわかる。
ゆえに、 b_{k+1} は a_{k+1} にそれぞれ 2^k を加えたものになる。… iii

表の対称性より、 c_{k+1} も a_{k+1} のすべてにそれぞれ 2^k 加えたものになる。… iv

iii、iv より、 b_{k+1} と c_{k+1} が一致する。… v

また、iii、iv と i より、 b_{k+1} と c_{k+1} すべての行、列にはそれぞれ $2^k \sim 2^{k+1} - 1$ が 1 つずつ含まれている。このことより、 d_{k+1} のすべてのマスの上 1 列と左 1 行 (Kom におけるコマの進行方向) に並ぶグランディ数に $2^{k-1} \sim 2^k - 1$ がちょうど 2 つずつ含まれていることがわかる。したがって、 a_{k+1} と d_{k+1} が一致する。… vi

v、vi より、 N_{k+1} の中で、 M_{k+1} がチェッカークロスとなる。…vii

さらに、iii、iv、vi と i より、 b_{k+1} と c_{k+1} と d_{k+1} の中で $M_1 \sim M_k$ がチェッカークロスとなる。…viii

i、vii、viii より、 N_{k+1} の中で、 $M_1 \sim M_{k+1}$ がチェッカークロスとなる。

(4) 表の図から明らかに N_1 の中で、 M_1 がチェッカークロスとなる… ix

ix と (3) より、数学的帰納法から、表が再帰的にチェッカークロスを持つこと示された。

(性質 2 の証明)

あるマスでその左に i マス、その上に j マスあるようなマスの数字を $N(i,j)$ と表し、i と j の XOR を $\text{xor}(i,j)$ と表す。このとき、すべてのマスについて、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$ が成り立つことを数学的帰納法を用いて証明する。

(I) $L = 1$ のとき、明らかに、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$

(II) $L = k$ のとき、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$ が成り立つと仮定する。

仮定より、 $i < 2^k$ かつ $j < 2^k$ のとき、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j) \cdots a$

(A) $2^k \leq i < 2^{k+1}$ かつ $j < 2^k$ のとき、 $\text{xor}(i,j) = \text{xor}(i-2^k, j) + 2^k$

$$= N(i-2^k, j) + 2^k \quad (\because a)$$

$$= N(i, j) \quad (\because (\text{性質 1 の証明}) \text{ の iii})$$

(B) $i < 2^k$ かつ $2^k \leq j < 2^{k+1}$ のとき、(A) と同様に考え、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$

(C) $2^k \leq i < 2^{k+1}$ かつ $2^k \leq j < 2^{k+1}$ のとき、 $\text{xor}(i,j) = \text{xor}(i-2^k, j-2^k)$

$$= N(i-2^k, j-2^k) \quad (\because a)$$

$$= N(i, j) \quad (\because (\text{性質 1 の証明}) \text{ の iv})$$

(A) ~ (C) より、 $L = k+1$ のときも、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$ が成り立つ。

(I)、(II) より、数学的帰納法から、すべてのマスについて、 $\text{xor}(i,j) = N(i,j)$ が成り立つことが示された。

発表ポスター集（日本語）

キノコの電気シグナル



滋賀県立膳所高等学校 2年 9組 1班

飯島淑登 中川いづみ 藤原悠太郎 丸野裕貴

要約

キノコに刺激を与えると、刺激の種類によってキノコ間の電位差が異なっている。

動機・目的

京都大学などの研究で、キノコの降雨後の電氣的な活性が大きくなることがわかっているが、キノコが他の刺激では、どのような反応を示すのかはわかっていない。そこで、キノコは降雨以外の刺激に反応し、電氣的な変化がみられるのか調べようと思った。キノコの電気シグナルが条件で、発せられるのか研究する。

仮説

直接的な刺激の方が、キノコの生存にかかわる



接触的刺激か、非接触的刺激かによって、電位の変動パターンに一定の法則性がある。

実験1

1. 目的

市販のキノコも電気シグナルを行っていることを確認する。

2. 方法

A、B、Cの三つのキノコを用意して、以下の二つを比較した。

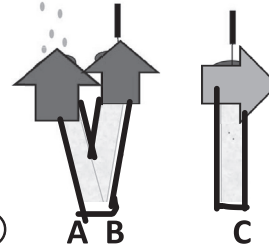
①A、Bのみが菌糸でつながっており、下部が分かれている。

②A、B、Cのすべてが菌糸でつながってる。

Aのみに水を霧吹きでかけるとい刺激を加え、B-C間の電位差をデジタル電圧計を用いて測定する。

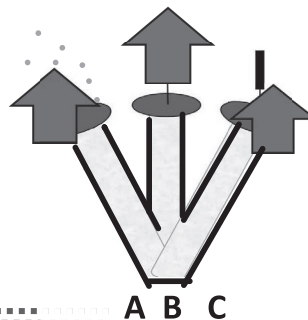
実験1の結果

①



刺激を加えて数十秒後B-C間に電位差の変化が生じ始めた。

②



B-C間の電位差に変化は見られなかった。

実験1の考察

①では、Aに刺激を加え、Aの電氣的な活性が大きくなり、それがBに伝わったことで、BとCの間で電位差の変化が見られた。

②では、Aに刺激を加え、Aの電氣的な活性が大きくなったのは①と同様だが、B、Cにも等しい電氣的な活性が伝わり、BとCの間では電位差が見られなかった。

実験2

1. 目的

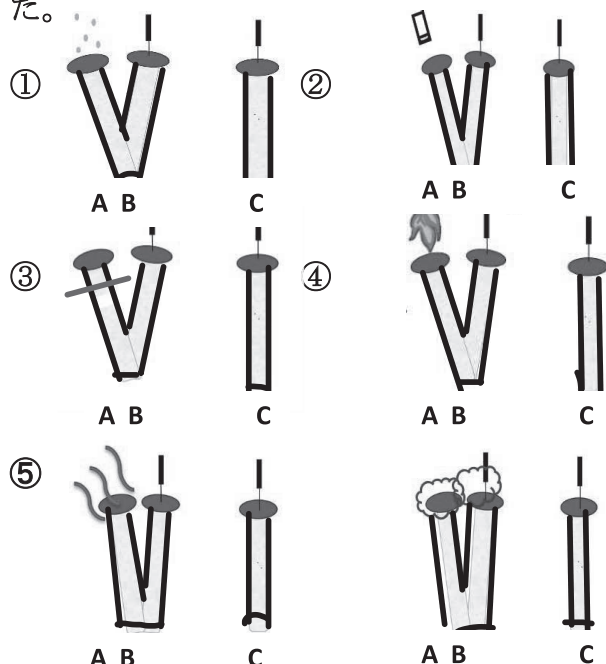
水以外の外的刺激を加えたときに、市販のキノコがシグナル伝達を行うのかを確かめる。

2. 方法

実験1と同様の状態を作り、以下の六つの刺激を与え、電位差を比較した。

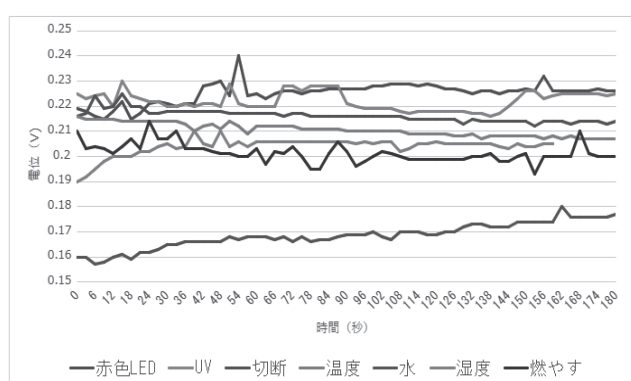
- ①Aに霧吹きで2回水をかける。
- ②Aの傘に光(UV、赤色LED)を当てる。
- ③Aの傘と絵の部分とを切断する。
- ④Aの傘を焦げるまで燃やす。
- ⑤Aの周りを温度を上げる。
- ⑥Aの周りの湿度を上げる。

※キノコをデジタル電圧計に接続し、電位差の変化が止まるまで待ってから測定を開始した。



実験2の結果

刺激による電位差の変化を3秒ごとに記録し、グラフにまとめる。



大きな電位差の変化が見られたのは、霧吹きで水をかけたとき(紫色)
次いで湿度を上げたとき(黄緑色)
温度を上げる(水色)
傘を切断する(緑色)においては、全体的な変化が小さくなった。

実験2の考察

- ・水と湿度の刺激を与えたときにのみ明らかな電位差の上昇が見られたことと時間の経過とともに上昇傾向であることから水に関する刺激に対してキノコは電位が大きくなる反応を示しやすいと考えられる。
- ・光や燃やすという刺激で変化の仕方が大きく、電位差の上昇や下降を断続的に繰り返していたことからキノコは刺激に大きく反応していて、伝達にパターンがあるが、不安定だったのではないかと考えられる。

結論

- ・刺激の変化によって、キノコの電位差の変動の特徴には大きく違いがみられたので、環境の変化に応じて発する電気シグナルを変化させていると考えられる。
- ・また、電位差が上昇、下降を繰り返しているものがあるので、その電気シグナルには方向性があると思われる。
- ・接触的な刺激と非接触的な刺激での差はあまり見られず、環境変化の種類と電気シグナルの間に一定の法則性を見出すことはできなかった。

今後の展望

- ・測定開始時の電位差に個体差があったことの原因を解明する。
- ・電位差の上昇、下降がキノコにとって何を意味しているのかという観点に注目し、法則性を見出す。

参考文献

雨後のキノコの電氣的な会話を測定 菌糸のネットワーク | プレスリリース・研究成果 | 東北大学 -TOHOKU UNIVERSITY-
公開日 2023年3月24日 東北大学 アクセス日 5月17日

雨後のキノコの電氣的な会話を測定-菌糸のネットワークによるシグナル伝達の可能性を野外で初確認- | 京都大学(kyoto-u.as.jp)
公開日 2023年3月27日
アクセス日 5月18日

ケラチンが燃料電池に与える影響の解明



滋賀県立膳所高等学校 2年 9組 2班

青木 咲穂 貝塚 遼青 廣田 琴音 松本 一花 南井 慶也

要約

私達は昨年度の理数探究を聞き、ケラチンが燃料電池の持続時間を伸ばすことを知った。ケラチンとはタンパク質の1つであり、タンパク質がなぜ、また、どのように燃料電池に影響を及ぼすのかを疑問に思った。上記の理由から私たちはケラチンが燃料電池に与える影響を調べることにした。

実験過程で行う加水分解によりケラチンの結合が切れ、電気分解を行ったことで切れた結合が再結合し、できた固体が燃料電池に影響を及ぼすことが分かった。

実験1

目的:ケラチンを含む燃料電池が持続時間を伸ばすのか検証する。

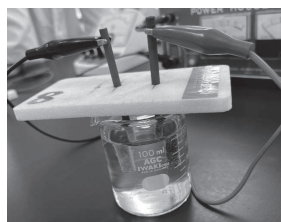
方法

- I 硫酸カリウム水溶液+ケラチン
- II 硫酸カリウム水溶液のみ

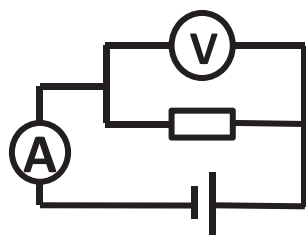
①羊毛を加水分解(Iのみ)

②電気分解(3V3分間) ←充電

③回路を繋ぎ変え、プロペラの回る時間を測定 ←放電



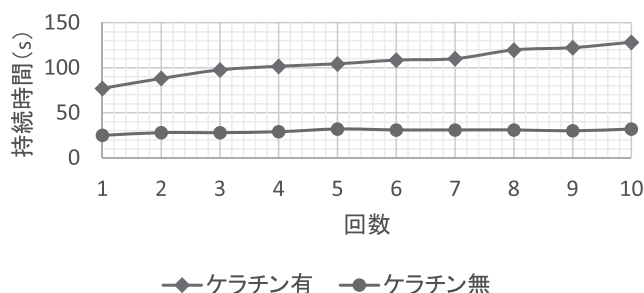
▲写真 電気分解



▲図 回路図

結果

ケラチン有と無の比較



ケラチンを含む方が持続時間が伸びた。電気分解時に水溶液の表面に泡が多く発生した。



実験1の考察

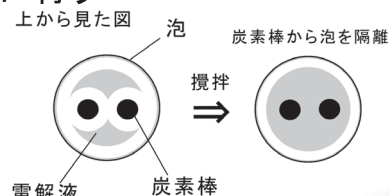
ケラチンが電池の持続時間に何らかの影響を与えていることが明らかとなった。また、電気分解時に発生する泡の層が電池の持続時間に影響を及ぼしているのではないかと考察した。

実験2

目的:実験回数を経るごとに蓄積された泡の層が持続時間に影響するのか調べる。

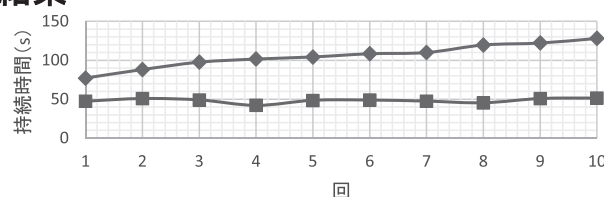
方法

- I 実験後に毎回ビーカー内の溶液を攪拌して泡を取り除く。
- II 実験1と同様に行う



結果

攪拌有と無の比較



溶液をかき混ぜて泡を取り除いた実験2では、増加傾向が見られなかった。

実験2の考察

実験2では、実験回数を重ねても持続時間が見られなかったため、蓄電時に生じる泡が電池の持続時間に影響していると考えられる。

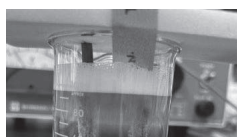
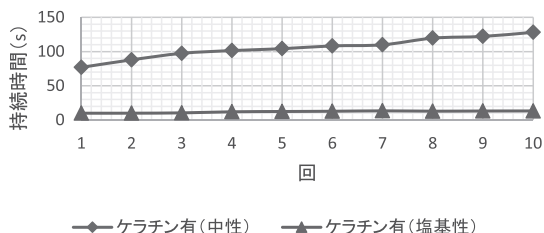
実験3

目的:炭素棒の周りが電気分解時に発生する水素イオンによって酸性に偏ることで、ケラチンが変性して泡が発生するのではないかと仮説を立てたため、それを検証する。

方法:ケラチンを加水分解したものを中和せず、塩基性条件のまま実験した。

結果

塩基性条件下との比較



塩基性条件のまま実験しても泡が発生した。また、塩基性条件下の方が、持続時間が短くなった。

考察

塩基性条件のまま実験しても泡が発生したこと、加水分解時にケラチンは既に変性しており、電気を流すことによって泡の層を形成する固体が発生するとわかった。電池の持続時間は中性条件下の方が長くなったが、それは中和をすることで変性したケラチンの量が増え、泡の層が厚くなったからではないかと考えられる。

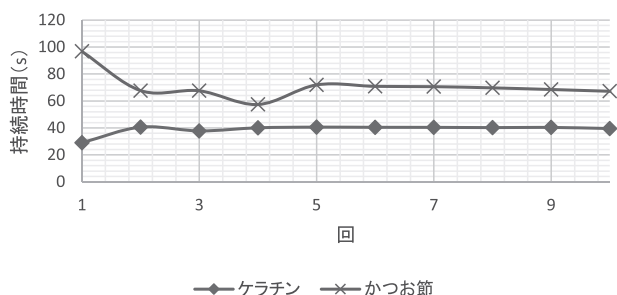
実験4

目的:他のタンパク質を使用し、ケラチンが燃料電池の増加に影響を与えているかを調べる。

方法:ケラチンの代わりにタンパク質の含有量の多い鰹節を使って実験を行う。

結果

ケラチンとかつお節の比較



ケラチンを含むものと比べて、鰹節を用いたものの方が、燃料電池の持続時間が長くなった。

考察

ケラチン、鰹節ともに、燃料電池の持続時間が長いことから、タンパク質を含むとき、持続時間が伸びるのではないかと考えた。

結論

ケラチンを加水分解や中和するとき、強酸強塩基条件下においてタンパク質の結合が切れ変性している。しかし、電気分解において泡の層を形成する白い固体が発生するのは、電気を流すと電解重合が起こり、ケラチン由来のたんぱく質が再形成されることが原因であると考えられる。そのようにしてできたたんぱく質が電気分解時に発生する気体を閉じ込めながら蓄積し、燃料電池の持続時間を伸ばしたのではないかと考察した。

加水分解



ジスルフィド結合切断

タンパク質の変性

電解重合



結合再形成

電気分解により酸化・還元

固体(泡)析出

持続時間に影響

今後の展望(と課題)

他のタンパク質でも実験

→鰹節の持続時間がのびた理由や、種類、タンパク質の含有量による結果の違いなどを調べる。

参考文献

ケラチンが燃料電池に与える影響(2023年度 膳所高校 理数探究2班)

・加水分解とは? イハラニッケイ化学工業株式会社

<https://www.iharanikkei.co.jp/column/detail.php?c=21>

・燃料電池-パナソニックエナジー株式会社

<https://www.panasonic.com/jp/energy/study/academy/fuel.html>

色素増感太陽電池における電解液のゲル化とその最適条件



滋賀県立膳所高等学校 2年 9組 3班
紀井 奈菜 笹尾 真希 徳田 風薫 野末 智子 眞継 将輝

要約

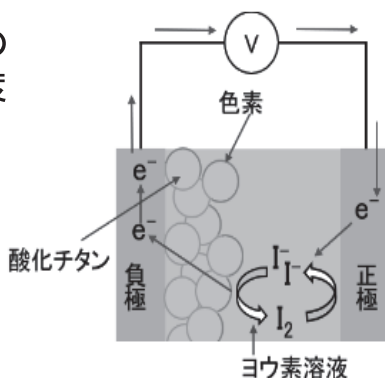
色素増感太陽電池の電解液の条件による起電力の変化を調べた結果、電解液の寒天濃度4～6%、ヨウ素濃度4%で起電力が高く、さらにN719色素を用いたときに安定することが分かった。

動機・目的・仮説

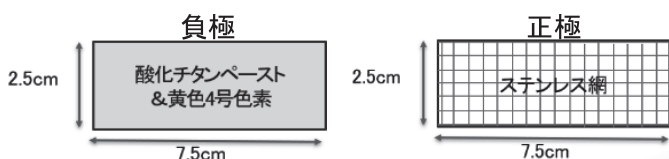
色素増感太陽電池は液漏れを起こし、この液漏れによって失明などの事故を引き起こす可能性がある。先行研究では、液漏れを防ぐために電解液をゼラチンでゲル化したものが多かった。しかし夏の高温に耐えられるかどうかは不明だったため、ゼラチンが夏場の高温に耐えられるかを確認し、ゼラチンの代替として寒天を用いたゲルの様々な条件下での起電力を調べた。

前提知識 色素増感太陽電池の仕組み

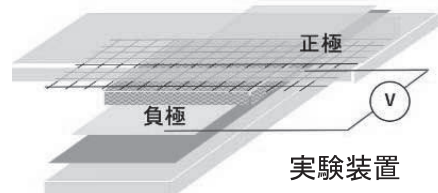
- ①セル内の色素に光が当たる
- ②色素が光エネルギーを吸収して電子を放出する。
- ③電子が酸化チタンに受け取られる
- ④電子が導電体を通して陰極のステンレス板に移動する
- ⑤ヨウ素溶液中のヨウ素に電子が渡される。
- ⑥ヨウ化物イオンは電子を色素に渡し、色素は電気を伝導して発電する



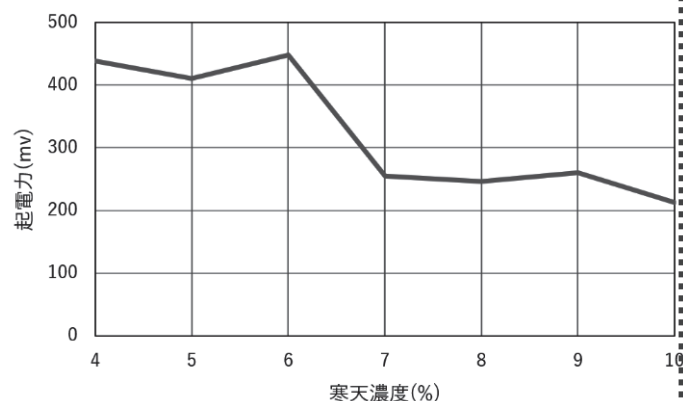
実験Ⅰ 内容(続き)



負極…アルミニウム箔に酸化チタン(IV)ペーストを塗布・焼き付け＋黄色4号(1滴)
正極…ステンレス網
起電力をテスターで5分間、1分間隔で2回測定



実験Ⅰ 結果・考察



- ・寒天濃度が低いほど起電力が大きくなる
→寒天濃度が低いほどアガロース繊維の密度が小さく、電子が流れやすくなるため
- ・寒天濃度3%以下のゲルは液体に近く、電解液の漏れを防ぐことができない

実験Ⅰ(寒天濃度の最適条件) 内容

電解液

80℃の水25ml、寒天、
約7%のヨウ素溶液2.0ml、
寒天濃度 4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%

実験Ⅱ-①(色素比較) 内容

黄色4号色素とN719色素の起電力を比較する

黄色4号色素/N719色素をそれぞれ1滴ずつ酸化チタンペーストに吸着

その他の実験操作は本実験Ⅰと同様

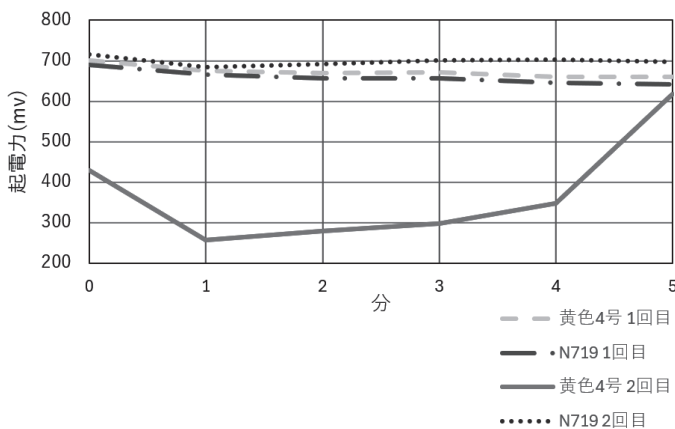
実験Ⅱ-① 結果・考察

黄色1回目	N719 1回目	黄色2回目	N719 2回目
700.7mv	690.1mv	618.5mv	716.1mv

起電力の最大値に大きな変化はなかった



起電力の時間経過による推移に着目した



N719

→2回目とも5分間で起電力が安定していた

黄色4号

→2回目は5分間の増減が大きく値がまばら



N719の方がより安定した起電力を示す

実験Ⅱ-②(ヨウ素濃度の最適条件) 内容

実験Ⅱ-①でより安定していたN719を用いて、起電力が高くなるヨウ素濃度を明らかにする

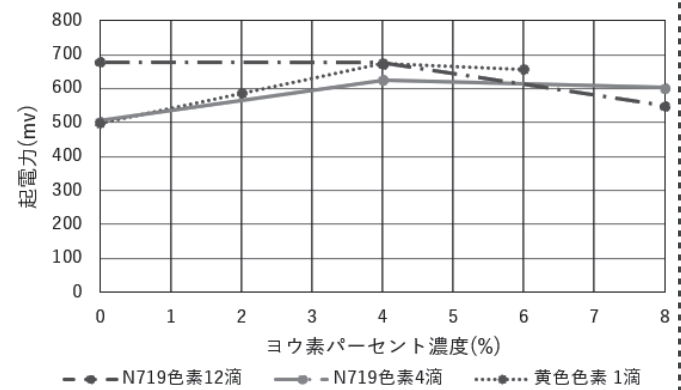
寒天濃度 →4%で固定

N719 →4滴、12滴

ヨウ素濃度 →0%、4%、8%

その他の実験操作は本実験Ⅰと同様

実験Ⅱ-② 結果・考察



・ヨウ素4%でどれも起電力が大きい
→ヨウ素が少ない場合電子を受け渡す役割を担う物質が少くなる



電流が流れにくい
→ヨウ素溶液のイソジンは褐色であり、ヨウ素が多いと光を通しにくくなる

・ヨウ素濃度0%でも他と同程度の起電力
→寒天に含まれるミネラル等がヨウ素に代わる役割を担い、発電に関与した

結論

寒天濃度は4~6%、ヨウ素濃度は4%、色素はN719を使用した時に最も高く、安定した起電力を示す。

今後の展望

より均一な焼き付け方法を見つけたい。また、先行研究で計測された起電力1.0Vを目指すため、より最適な寒天濃度を細かく観察したり、色素を変えたりしたい。加えて、寒天のゲル化作用に影響しない防腐剤を探したい。

参考文献

- ・溶液をゲル化した色素増感型太陽電池の作成 桜丘高等学校 2024 7/1閲覧
- ・固体電解質を用いた色素増感型太陽電池 2024 5/13閲覧
- ・色素増感太陽電池(DSSC)とは 2024 9/9閲覧
<https://www.processio.co.jp/structure/>
- ・Food Yellow No.4 東京化成工業株式会社 2025 1/15閲覧
<https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/F0144>
- ・色素増感太陽電池用ルテニウム色素 メルク 2025 1/15閲覧
<https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/dye-solar-cells?msocid>

物体の衝突と水の散らばり



膳所高校2年理数科物理4班

岩島志依奈 芝田宗汰 高山智也 武田莉菜子 塚本湖太郎

要約

水面に落とす物体の質量や物体を落とす高さを変化させる実験を行ったことで、水平方向に水が跳ねる距離や跳ねる水の量は大きくなり続けないということが分かった。

動機

コップに水や氷を注いだとき、水が液面から跳ね返ってコップの外に放出される様子を観察し、落下の高さや質量など、物体の落下に関連する要素を変えたときに水がどのように飛び散るかを調べたいと思った。

仮説

落とした物体の持つエネルギーが大きければ大きいほど、水滴が水平方向に跳ねる距離とその水の量は大きくなる。つまり物体を落とす高さや物体の質量が大きければ水の飛散は大きくなる。

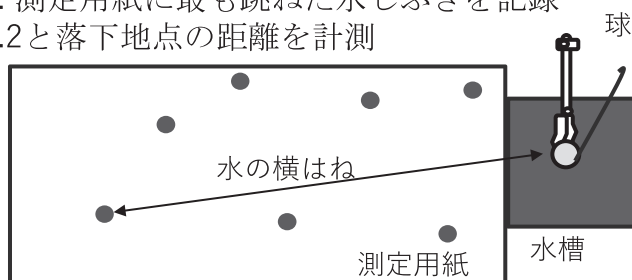
実験の概要

主な実験器具

- ・水槽（一辺30cmの立方体、容積は27L）
 - ・落下球（スーパーボール, ウレタン, PTFE, 鋼球）
- ※大きさは後述

基本的な方法

1. 水槽に球を落とす
2. 測定用紙に最も跳ねた水しぶきを記録
3. 2と落下地点の距離を計測



予備実験

スピードセンサーを用いて水面に衝突する瞬間の球の速度を測定

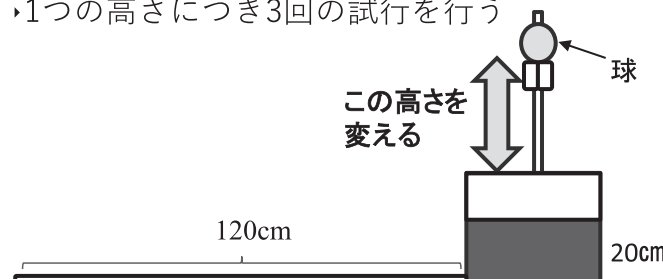
高さ(cm)	速度(m/s)
60	3.38
70	3.62
80	3.9
90	4.1
100	4.42

左表はスーパーボールでの結果
他の球でも同じような結果が得られた
→衝突時の速度はどの球でも変わらない

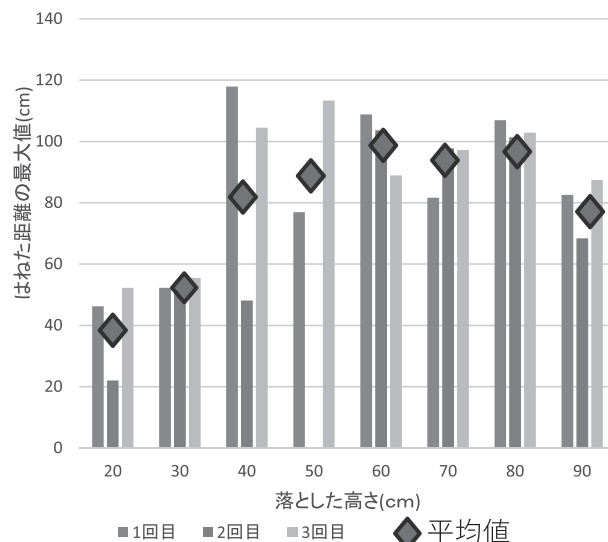
実験1

落下高さと水の横跳ねの距離に関する実験

- ・水槽に18Lの水を入れる
- ・スーパーボール（1インチ7g）を20cmから90cmまで10cmずつ高さを変えて落下させる
- ・1回の試行の最も跳ねた水跳ねの距離を測定
- ・1つの高さにつき3回の試行を行う



実験1の結果



実験1の考察

20cm～50cmまでは高さが大きくなることで水の横跳ねの距離は長くなっている
それ以降では横ばい、やや右下がり

↓
水の横はねを最大にする高さ、速度が存在するのではないか

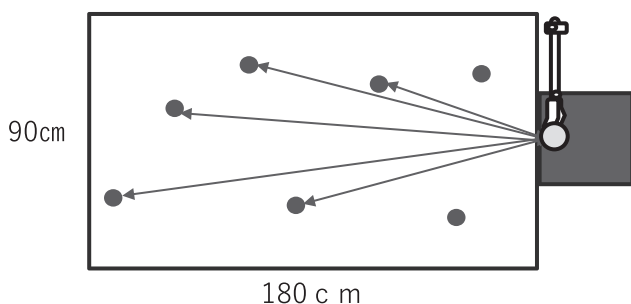
実験2

質量と水滴の横跳ねの距離に関する実験

実験1からの変更点

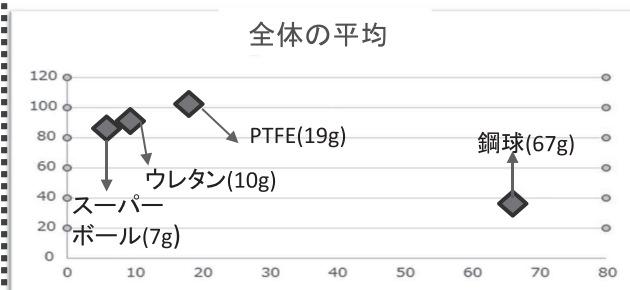
- ・直径1インチ(2.54cm)のウレタン球(10g)、PTFE球(19g)、鋼球(67g)を実験道具に追加。
- ・落下の高さは40cmに固定
- ・落下位置を水面中央から記録を取る側面付に変更
- ・水の量を27Lに変更
- ・ボールを落下させ、落下地点から遠い順に5滴ずつ水滴の距離を測定し、それぞれのボールの落下地点までの距離を測る
- ・各種類のボールを5回ずつ落下させ、距離を測定。

具体例(上から見た図)



実験2の考察

ボールの質量を7g～19gにかけて大きくすると、水滴が水平方向に跳ねる距離もある程度徐々に大きくなるが、ボールの質量を67gにするとその値は小さくなる。水滴が横に跳ねる距離が最大になるようなボールの質量があるのではないか。



結論

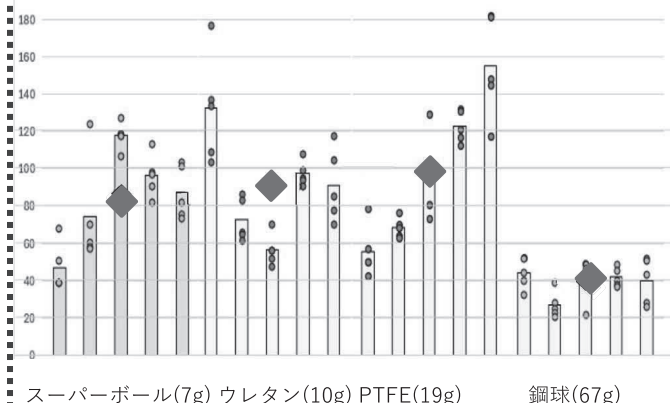
落下球の高さを大きくしていくと、水滴が水平方向に跳ねる距離はある値（実験1では縦軸の100cm～120cm）に収束する。

落下球の質量を大きくすると、水滴が水平方向に跳ねる距離は、ある値を境に増加傾向から減少傾向に変化する。そして、その質量は20gから60gの間に存在するのではないか。

今後の展望

様々な質量の落下球で同じ実験を行い、水滴が横方向に跳ねる距離が増加傾向から減少傾向に変わる特定の質量値を求めたい。

実験2の結果



○：各回の個別値
棒グラフ：各回の平均値
◆：5回の平均値
(縦軸は水平方向に跳ねた水滴の距離)

参考文献

千葉市立緑町中学校 液体に物を落とした時のね方について

<https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoikushido/documents/24mizuniotosu.pdf>

学校間総合ネット(2022年)水はねの最高到達点の高さの法則 <https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/R04ssh/sc2/22221.pdf>

古川幹雄(2000年)液滴の衝突現象

https://www.google.com/url?q=https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvs1990/20/2Supplement/20_2Supplement_217/_pdf&usg=AOvVaw3vMMqMgHIU3WpHk3BA59Fi&hl=ja-JP

フェンスの形状と衝撃吸収の関係

滋賀県立膳所高等学校 2年 9組 5班



田村 絢乃 北川 祐樹 赤坂 和花 村田 日向 田上 新之助 堤 蒔悟

要約

フェンスの編み方や形状による衝撃吸収性能の変化に注目した。実験を行った結果、網目の形状がひし形で、ひねりの回数が多いほどフェンスとの接触時間が長く衝撃を多く吸収することが分かった。

動機・目的

・モータースポーツの会場などで使われているフェンスに着目。同じ材料を使っても、網目の形状などを変化させることでより効率よく衝撃を吸収することができないかと考えた。

・フェンス衝撃荷重は $\frac{m\Delta v}{\Delta t}$ (N) で表せると分かっている。

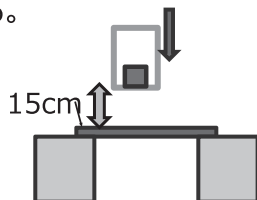
仮説

同じ材料を用いても網目の形状やねじる回数によって衝撃の吸収性能に変化があるのではないかと考えた。

実験及び予備実験

・主な実験方法

1. フェンスモデルを作成
2. 加速度センサーを搭載した重りを落下させる
3. x,y,z方向それぞれの加速度を合成し、その大きさの変化をグラフにして分析する。



・予備実験

図形とフェンス衝撃吸収性能の変化を調べるため、段ボールを用いたフェンスをひし形、六角形、正方形を作成した。

・結果

図形	時間(s)	加速度(m/s ²)
正方形	0.6	121
ひし形	0.8	126
六角形	0.3	83

・考察及び結論

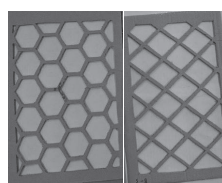
- ・フェンスに当たった時の加速度が小さい六角形
- ・フェンスと接している時間が長いひし形
- のどちらかがフェンスに適しているのではないかと考えた。

実験1(ビニール)

・目的

実際のフェンスに近いモデルで実験をする。網目の形状による衝撃吸収の違いを調べる。

ビニール袋を型に沿って切ってフェンスのモデルを作成した。



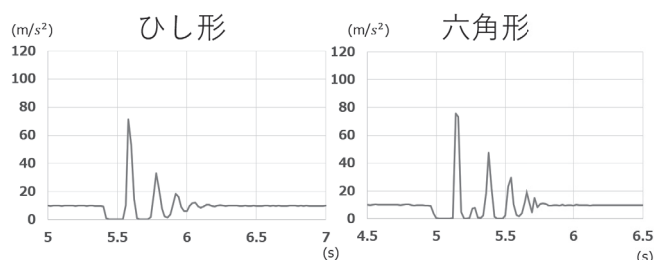
フェンスの型

ビニールの厚み・・・0.04mm
重り・・・125.5g
落とす高さ・・・10cm

他の条件は左記の通り

実験1ー結果

グラフの一例



$\Delta v/\Delta t$ の値

ひし形	1	2	3	4	5	6
$\Delta v/\Delta t$	30.001	28.069	36.015	29.706	36.325	34.601
			ひし形	7	平均	標準誤差
			$\Delta v/\Delta t$	31.103	32.260	1.166
六角形	1	2	3	4	平均	標準誤差
$\Delta v/\Delta t$	35.721	35.521	38.553	39.778	37.393	0.913

実験1の考察

グラフのピークを比べると、六角形とひし形ではあまり変化が見られなかった。一方物体にかかる衝撃荷重を比較すると、ひし形のほうが小さかった。

→ひし形のフェンスのほうが衝撃を吸収するのに優れている。

実験2(針金)

・目的

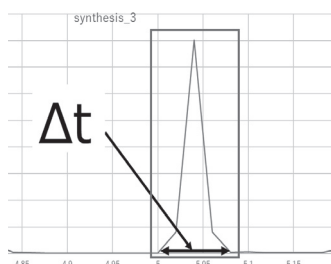
ねじる回数による衝撃吸収性能の変化を調べるとともに、ビニールフェンスの妥当性を調べる。

針金で1回ねじりと3回ねじりのものを用意した。



ねじり

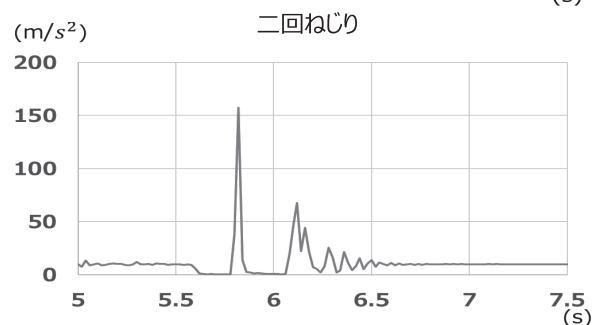
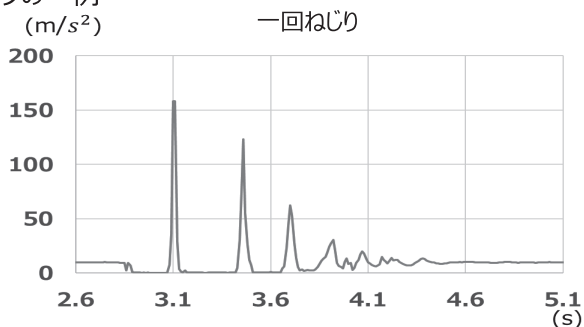
重り…463g
落とす高さ…20cm
試行回数
1ねじり…9回
3ねじり…5回



ピークの大さきの平均は同じなので、 Δt に注目

実験2の結果

グラフの一例



$\Delta v/\Delta t$ の値

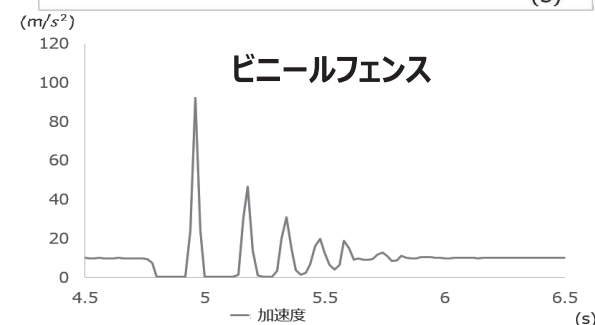
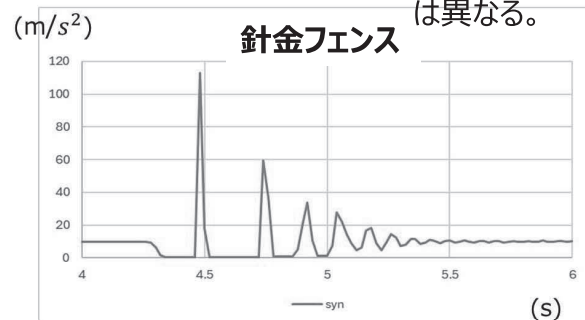
1ねじり	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta v/\Delta t$	46.26105	55.28801	46.36274	46.61954	46.26623	51.59396	49.66147
				8	9	平均	標準誤差
				53.21807	51.22839	49.61105	1.075539

12%減少

3ねじり	1	2	3	4	5	平均	標準誤差
$\Delta v/\Delta t$	42.66255	48.32943	38.90717	43.89749	45.527	43.86473	1.560775

ビニールフェンスの妥当性

※グラフのスケールは異なる。



実験2の考察

ねじる回数が増えると、フェンスとの接触時間が長え、衝撃吸収性能が上がることを示唆された。また、ビニール製フェンスのグラフと針金で作ったフェンスの結果のグラフとを比べると、スケールは異なるもののグラフの概形は一致しており、ビニール製のフェンスがフェンスモデルとして妥当であると考えられる。

結論

実験1より、ひし形のフェンスが最も物体との接触時間が長く、物体に働く衝撃荷重が小さいとわかった。従ってひし形がフェンス網目の形として適していると結論付けた。

実験2より、ねじる回数が増えると、フェンスと物体の接触時間が長くなることが示唆され、またビニールを用いた実験の妥当性が確認された。

今後の展望と課題

- ・フェンスの網目の大きさを変える。
- ・試行回数を増やす。
- ・実験の再現性と正確性を高める。

参考文献

- ・ループフェンス研究会
<https://loopfence-vx.com/>
- ・JAFモータースポーツ
<https://motorsports.jaf.or.jp/>
- ・三光合成 テックショップ
<https://www.sankogosei.shop/post/>
(いづれも最終閲覧2025/1/18)

磁力の総量と配列の関係

物理6班：井筒亮人, 梅谷将大, 岡安孝太郎, 生喜葵, 吉川源



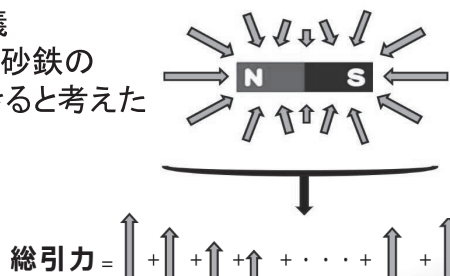
要約

磁石の効率的な利用方法を調べるため、磁石の配置と引力に注目して実験を行い、磁石の配列によって総引力が変化することがわかった。また、実験の考察を経て、総引力の変化の仕方を磁力線の動きを考えることで予測することができた。

前提知識

同じ磁石でも場所によって磁力は異なる
各場所の磁力をすべて合わせたものを
「総引力」と定義

磁石全体につく砂鉄の
質量で測定できると考えた



$$\text{総引力} = \uparrow + \uparrow + \uparrow + \uparrow + \dots + \uparrow + \uparrow$$

動機・目的

磁石の効率的な利用方法に興味を持つ
→磁石の引力と配列の関係に着目
配列によって磁力は変化するか？

様々な配列で磁石を組み、最も引力が強い配列を探す

仮説1

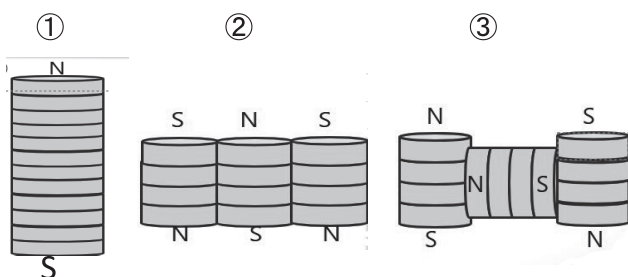
- ①磁力線の数と磁石によって一定
- ②磁力は磁力線の密度で決まる
- ⇒どんな配列でも「総引力」は変わらないのでは

実験1

「総引力」は磁石全体につく砂鉄の量に比例すると仮定し様々な配置で、総磁力を調べる。

方法

- 12個の磁石の配列を変更。
- ①②③各パターンで付着する砂鉄の量を調査。



結果

	1回目	2	3	4	5	平均
①	133.6	132.0	133.7	132.9	133.3	133.1
②	140.1	139.7	141.1	140.3	141.1	140.5
③	154.1	154.5	155.3	155.1	154.9	154.8 (g)

・砂鉄の量：①<②<③

考察

- ・①②③で明らかな違いがでたため総引力は一定でないと考察。
- (仮説1は否定された。)

仮説2

実験1より配置で変化⇒総引力は一定でない。

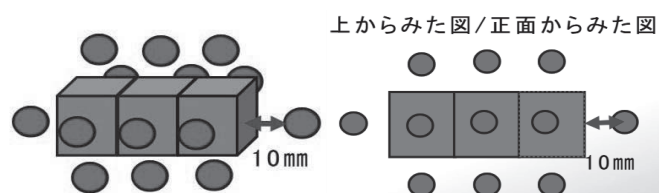
⇒ほかの要素を考察

- ・実験1で生じた違いは、表面積の違いによるものではないか
- 立方体の磁石で、表面積を一定にすることで、表面積の影響を排除
- ・実験1では、最も斥力の生じる配置が強かった
- 固定時に加える外力と関係するのではないか
- ・極間の距離に関係があるのではないか
- 配置を変えて実験

実験2

3つの立方体磁石の配列を変更。
各パターンで付着する砂鉄の質量を調査

→その後磁力計にて各地点で図の赤丸の14か所の磁束密度を測定



結果2

①付着した砂鉄の総量(g)

→→→	↑→↓	↑↓↑
70.5	62.7	49.7
↑↑↑	→←→	←↑→
111.0	53.0	64.0

矢印の
先端がN極
尾がS極
S → N

②磁束密度の和(mT)

→→→	↑→↓	↑↓↑
90	105	84
↑↑↑	→←→	←↑→
268	52	110

①と②の
相関係数
⇒0.958
①と②の相関は
強い

③各地点での磁束密度(mT)

							
正面	10	1	3	正面	23	26	20
奥	7	2	6	奥	21	25	20
上	6	1	6	上	21	24	17
下	7	1	6	下	22	26	20
右	17	左	17	右	1	左	2

							
正面	11	1	13	正面	3	1	3
奥	10	1	12	奥	3	1	1
上	7	1	6	上	3	0	2
下	20	3	15	下	3	1	5
右	2	左	3	右	15	左	11

							
正面	7	3	7	正面	7	1	3
奥	7	3	7	奥	6	1	8
上	8	1	11	上	4	3	5
下	14	1	12	下	7	23	13
右	2	左	1	右	15	左	14

実験2の考察①

表面積を揃えた実験2と、揃えない実験1とで、砂鉄の総量の順位に違いが生じた。

→総引力には表面積の影響がある可能性

最も外力を要する配列は→←→だが、砂鉄の量、磁束密度の和とともに程度が低い

→固定時の外力は関係ない

①と②の相関関係

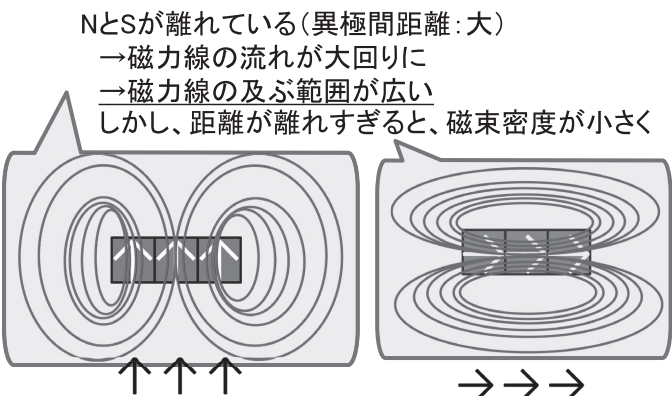
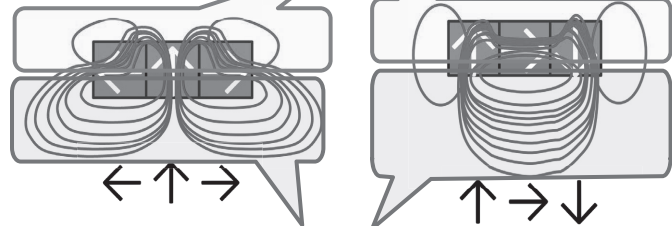
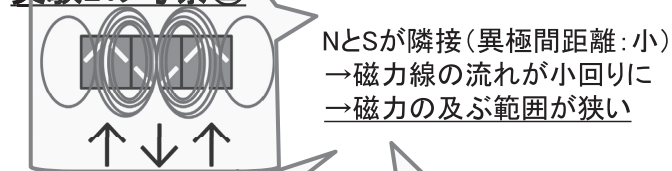
→相関係数が1に近いので、相関が大きい

→砂鉄を用いた磁力測定に妥当性がある。

参考文献

https://www.neomag.jp/mag_navi/glossary/glossary_main.php?title_name=%E3%83%8F%E3%83%AB%E3%83%90%E3%83%83%E3%83%8F%E9%85%8D%E5%88%97

実験2の考察②



ただし、右の配列では
→磁力線の流れが小回りに

結論

総引力を高めるには、

- ・異極間距離:短すぎず、長すぎず
(存在範囲と密度のバランスをとる)
- ・同極間距離:小さくかつ、向かい合わず
(磁力の存在範囲を確保し、
磁力線の重なる流れを作る)

今後の展望(と課題)

- ・磁束密度の測定地点を増やし、より精密に磁束密度を測る。
- ・シミュレーションなどの手段も用いて結果を吟味する。
- ・ヨークなどを用いて「総引力」の実用面での活かし方についても考察する。

霞堤の効果と改良について

滋賀県立膳所高等学校 理数科 7班 地学

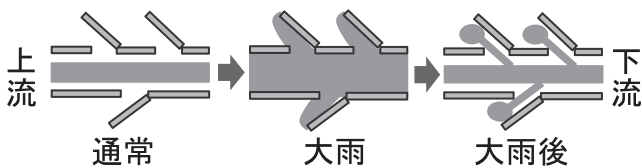
杉本 一心 瀧川 奏星 馬場 陸人 早川 寛人 隼瀬 良太

要約

河川モデルを作成し、霞堤の角度と水の流入量の関係を調べた。
そして、最適な霞堤の角度を算出し、霞堤を改良する方法を確立した。

1. 導入

霞堤…水の流量を減らし
堤防決壊を防ぐための不連続な堤防

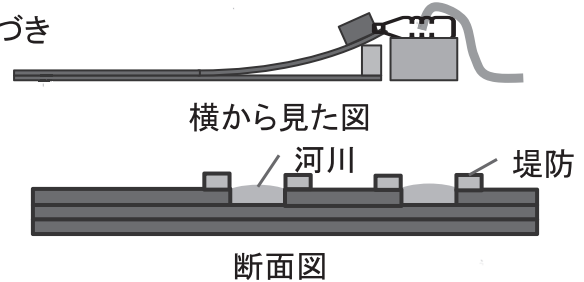


霞堤の開口部は田畑に利用
→人的被害を減らす

滋賀県 高時川
(2022年8月)
霞堤が機能



つづき



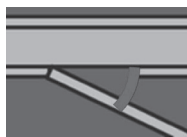
- プラスチック段ボールを用いた
- 比較のために、霞堤のない河川も作成した
- 予備実験では霞堤が機能し、実験モデルの妥当性が示された

2. 研究目的

最適な霞堤 { 霞堤以外で洪水が発生しない
霞堤内の浸水面積が最小となる

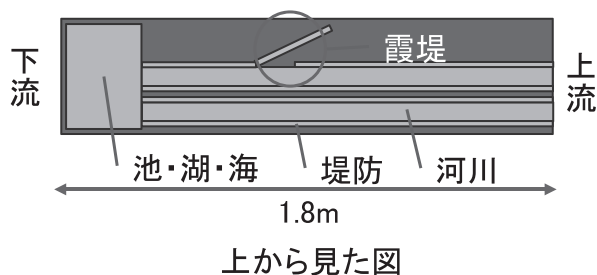
霞堤への水の流入量を調節したい
→堤防の角度に注目

それぞれの霞堤における、
堤防の最適角度の求め方を考察



3. 実験モデル

実際の河川で霞堤の角度を変えて、
それぞれに実験を行うのは難しい
→角度を変更可能な一般的な実験モデルを作成



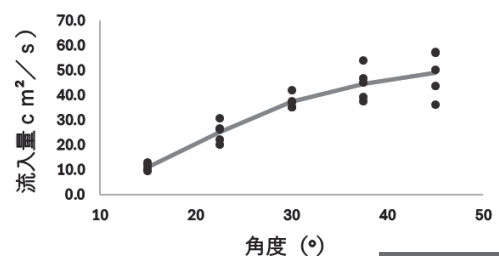
4. 実験1

霞堤の角度を変えて水の流入量を調節したい
→角度と流入量の関係を調べる

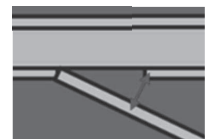
実験モデルの角度を変えて水を流す
それぞれの角度で水の流入を動画で記録
動画を解析し、流入量を算出

- 角度: $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ (7.5° ずつ)
- 本流の流量: $140\text{cm}^3/\text{s}$
- 試行回数: 5回ずつ

霞堤の角度と水の流入量の関係



- 霞堤の角度 $\uparrow$ 流出量 $\uparrow$
開口部が大きくなったから
- 霞堤の角度 $\uparrow$ グラフの傾き $\downarrow$
流出量には上限がある



5. 実験2

実験1: データのばらつきが大きい
実際の河川とスケールが違う
⇒シミュレーションを用いた

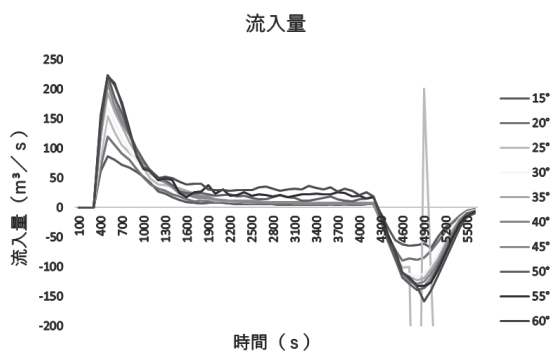
シミュレーション空間に、実験モデルを
1000倍サイズで再現(一部変更)
上流から水を流し霞堤への水の流入量を計算

- ・ シミュレーションソフト: iRIC
- ・ 角度: 15° ~ 60° (5° ずつ)
- ・ 本流の流量: 1000m³/s (4000s)

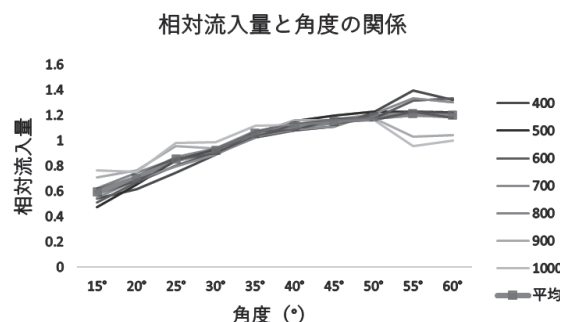


シミュレーション結果 水深

黄色や赤色は水深が深いことを表している
上側の霞堤に水が溜まっている



正の値: 霞堤に水が流入
負の値: 霞堤から水が流出
400~1000秒(霞堤が機能)に着目



- ・ 霞堤の角度 ↑ 流出量 ↑ グラフの傾き ↓ (実験1と同じ)
- ・ 経過時間によらず、平均値に近い概形
⇒平均値のグラフを角度と流入量の関係として常に使える

6. 実験結果の利用

特定の河川における霞堤の最適な角度を
算出する方法を検討

- ① 河川の想定最大水量と河川が洪水しない最大水量を求める(ハザードマップ等)
差が、霞堤に流入する水量の理想値となる
- ② 適当な角度の霞堤を設置し
シミュレーションを行う
- ③ ①で求めた霞堤への流入速度の理想値と
②の結果を比較し、流入速度と角度の関係
のグラフを用いて、最適な角度を計算する

7. 今後の展望

- ・ 上記のシミュレーションを、石川県の手取川で進めている
- ・ 霞堤の角度を変化させるだけでは対応できない場合もあるので、考察したい
- ・ 堤防の侵食や堤防にかかる圧力を考慮し、霞堤の効果を考察する

8. 参考文献

- 島谷幸宏「霞堤の機能と近年の研究成果のレビュー」、RIVERFRONT研究所、94号、2022年
https://www.rfc.or.jp/pdf/vol_94/p010.pdf
- 瀧 健太郎・中村 亮太・原田 守啓・田中 耕司「霞堤の治水機能の評価方法および流域治水計画における位置付けに関する一考察」河川技術論文集、27巻、2021年 Microsoft Word - 河川技術_霞堤機能評価法_210521(画像).docx (jst.go.jp)
- 関口威人『激甚災害時代の川と人の関係—愛知・豊川の「霞堤」から考える』2021年
news.yahoo.co.jp/url
- 「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」令和5年度理数科課題研究論文集
- 朝日新聞社『「見事な治水」にみんなでありがとうを 片付けに追われた農家の思い』2022年
<https://www.asahi.com/articles/ASQ8L63RCQ8LPLZU001.html>

グランディ数を用いたゲームの必勝法の考察

滋賀県立膳所高等学校 2年 9組 8 班
阿部 孝我 谷 創 藤川 智哉 別所 愛斗 森本 哲平



要旨

グランディ数を用いて、自作のゲームにおける必勝法を考察した。

前提知識(グランディ数とは?)

グランディ数…

ゲームの遷移図の各状態に対応する、ゲームの状態を判断する際に用いる数

→これを用いてゲームの必勝法を導く

グランディ数の導出手順:

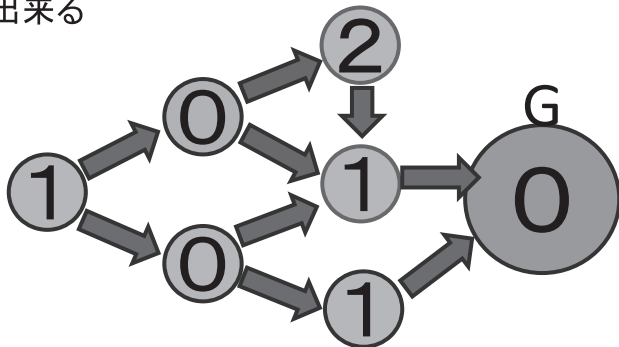
- ① ゴールは0
- ② すべての遷移先のグランディ数が決まっている場合、その遷移先のグランディ数に含まれない最小の非負整数

グランディ数の性質:

グランディ数が0の状態から1手で0の状態に遷移することは出来ない

0以外の状態から1手で0の状態にする方法が存在する

自らの行動の後グランディ数を0になるように行動を取り続けることで、自分が必ず最後の行動をすることができ、必ず勝利することが出来る



研究の目標

グランディ数 = 0 の状態を保つ

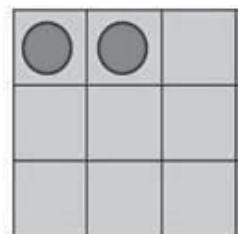
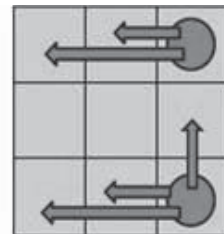
⇒ 必勝法を見つけることができる

《 研究の目標 》

ゲームにおいてグランディ数 = 0 の状態を判別する方法を見つける

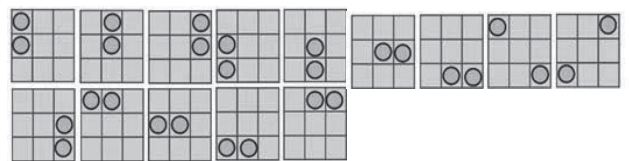
Kom(ルール)研究

$n \times n$ マスのボードを用意し、任意の2マスに重ならないようにコマを2つ置く。2人で順にいずれかのコマを選択し、それを上または左に1マス以上好きなマスだけ動かす。ただし、もう一方のコマに重なったり、もう一方のコマを追い越したりしてはいけない。両方のコマがこれ以上動かさなくなった(下右図のような)ときにゲーム終了。最後のコマを動かしたほうが勝利。



Kom(必勝法の考察)

プログラムを用いてすべての遷移図を書き出すことによって下図のようにグランディ数0のパターンをすべて書き出した。自分の操作後、常に下のパターンになるように動かし続けることで勝つことができる。

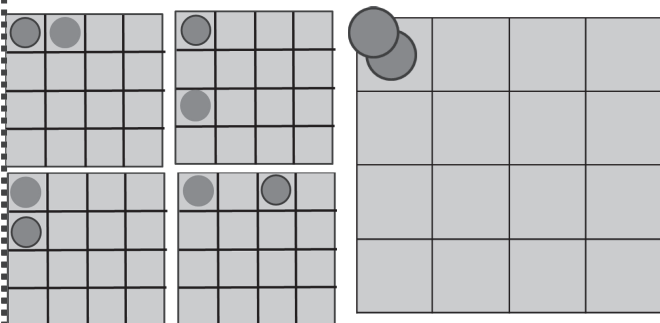


ボードが小さいときはグランディ数0の状態を、プログラムを用いて書き出すことで必勝法を考えることが可能。

しかし、ゴールの局面が4種類あることや、コマが重なったり飛び越したりできないことから、ボードが大きくなったときゲームの遷移図が複雑化してしまう。

Komのルール変更

2個のコマが動かせなくなったら勝ち
→2個のコマが左上で重なったら勝ち(最後だけコマを重ねることができる)に変更する。
⇒ゲーム終了時の状態が1つに決まる。



新たな考察

コマが1つのKomを考えて各マスにグランディ数を書き入れることで表を制作した。

0	1	2	3	4	5	6
1	0	3	2	5	4	7
2	3	0	1	6	7	5
3	2	1	0	7	6	4
4	5	6	7	0	1	2
5	4	7	6	1	0	3
6	7	5	4	2	3	0

相手の操作後に2つのコマが1列に並ばないとき、自分の操作後にグランディ数が大きいほうのマスのコマを動かすことで、2つのコマのグランディ数が一致するようにコマを動かすことができる。最後までこのような動かし方ができれば、勝つことができる。

しかし、相手の操作後に2つのコマが1列に並ぶときの勝ち方はまだわかっていない。

0	1	2	3	4	5	6
1	0	3	2	5	4	7
2	3	0	1	6	7	5
3	2	1	0	7	6	4
4	5	6	7	0	1	2
5	4	7	6	1	0	3
6	7	5	4	2	3	0

グランディ数を常に同じにすることで勝つことができる。

作成した表についての考察

作成した表には下図のように数字の並びが繰り返し交差する構造があることを発見した。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	3	2	5	4	7	6	9	8	11
2	3	0	1	6	5	4	10	11	8	9
3	2	1	0	7	6	5	11	10	9	8
4	5	6	7	0	1	2	3	12	13	14
5	4	7	6	1	0	3	2	13	12	15
6	7	5	4	2	3	1	14	13	12	11
7	6	4	5	3	2	1	13	14	13	12
8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4
9	8	11	10	13	12	15	14	1	2	3
10	11	10	9	8	15	14	13	2	3	0

私たちはこのような構造をクロスフラクタルと呼ぶことにした。

クロスフラクタルの特徴

- ・数字がクロスに配置される構造がある。
- ・この構造がさらに大きな範囲においても繰り返し見られる。
- ・辺上の $(2^n)-1$ 番目の数字は斜めに貫通する

今後の展望(と課題)

グランディ数の表の構造を利用して、新ルールのKomの一般的な必勝法を考える。その後、旧ルールの一般的な必勝法を考える。

謝辞

滋賀大学教育学部教授 長谷川武博先生
に研究のアドバイスをいただきました。
この場を借りて深謝いたします。

参考文献

「組合わせゲーム理論の世界-数学で解き明かす必勝法-」

安福 智明・坂井 公・末續 鴻輝 著

※証明、詳細な説明等は別紙

発表ポスター集（英語）

Electric signals produced by mushrooms



Group1 2-9 biology

Iijima Yoshito Nakagawa Izumi Fujiwara Yutaro Maruno Yuki

Summary

When mushrooms are stimulated, the potential difference between mushrooms differs depending on the type of stimulus.

Description of Research

Studies by Kyoto University and others have shown that the electrical activity of mushrooms increases after rainfall, but it is not known how mushrooms respond to other stimuli. Therefore, we wanted to investigate whether mushrooms respond to stimuli other than rainfall and show electrical changes. We will study the conditions under which electrical signals are emitted by mushrooms.

Hypothesis

Direct stimuli are more relevant to the survival of the mushrooms.



There is a certain pattern of fluctuation in the electrical potential depending on whether the stimulus is contact or non-contact.

1st Experiment

1.Objective

Confirm that mushrooms sold in supermarkets also produce electrical signals.

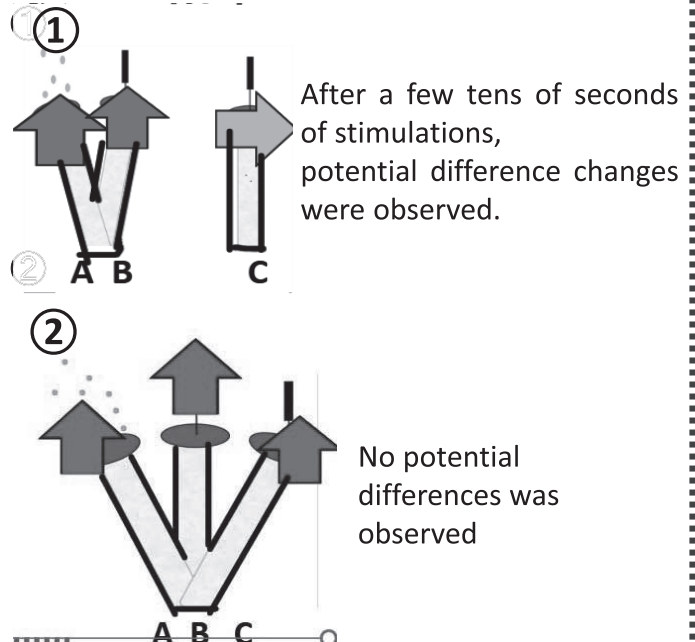
2.Methods

Prepare mushrooms in the following conditions.

- ① A and B are connected, and only C is separated.
- ② All are connected.

Sprinkled water on A using a misting spray, and measured potential difference between A and B.

Results of 1st Experiment



Consideration of 1st Experiment

- Stimulus applied to A transfers the potential increase in A to B, hence the change in potential difference between B and C.
- A potential increase in A caused a potential increase in B and C. The potentials of B and C were together, and no change was observed.

2nd Experiment

1.Objective

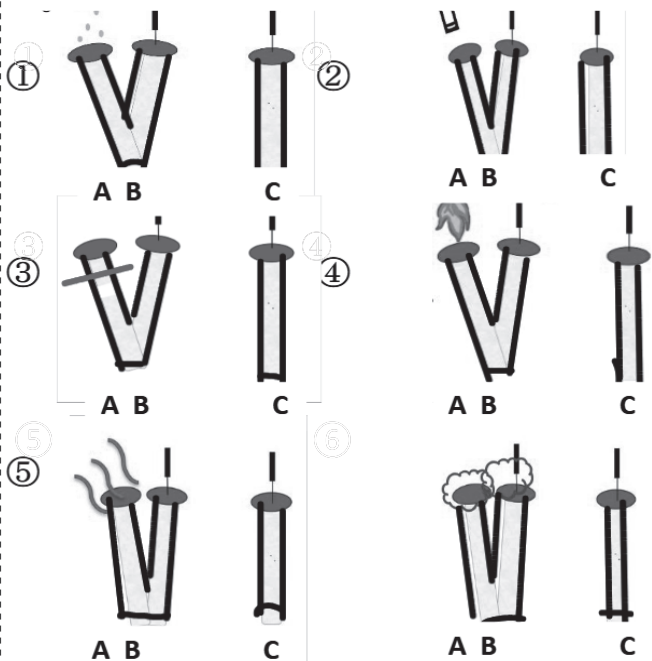
See if the mushrooms signal when stimuli other than water are applied.

2.Methods

Under the same conditions as in Experiment 1, potential differences were compared under the following conditions.

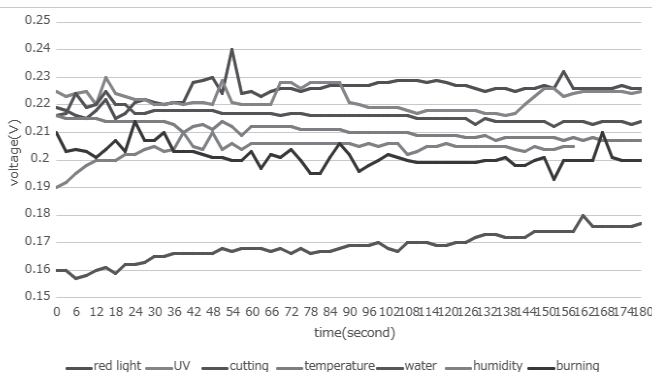
- (1) Sprinkling A with water twice.
- (2) Shining light (UV, red LED) on the cap of A.
- (3) Disconnecting the cap and the picture part of A.
- (4) Burning the cap of A until it is scorched.
- (5) Raise the temperature around A.
- (6) Raise the humidity around A.

*The mushrooms were connected to a digital voltmeter and waited until the potential difference stopped changing before starting the measurement.



Results of 2nd Experiment

Graph the change in potential difference.



- The most significant change was seen when water was applied (purple), followed by increased humidity (yellow green).
- In increased temperature (light blue) and disconnecting (green), there was no overall change.

Consideration of 2nd Experiment

- The fact that the potential difference increased clearly only when water and humidity stimuli were applied and that it tended to increase with time suggests that mushrooms tend to respond to water-related stimuli with an increase in potential.
- The fact that the mushrooms showed a large change in the way they responded to the stimuli of light and burning, and that they intermittently repeated the rise and fall of the potential difference, suggests that the mushrooms responded significantly to the stimuli and that there was a pattern to the transmission, but that it was unstable.

Conclusion

- The characteristics of the fluctuations in the mushroom's potential difference varied greatly with changes in the stimulus, suggesting that the mushroom is changing the electrical signals it emits in response to changes in the environment.
- The electrical signals of the mushrooms are thought to be directional, since some of them repeatedly rise and fall in potential difference. The difference between contact and non-contact stimuli was not so great, and we could not find a

certain law between the type of environmental change and the electrical signals.

Future Prospects

- Elucidate the cause of the individual differences in potential difference at the start of measurement.
- We would like to focus on what the rise and fall of the potential difference means to the mushrooms.

References

- Measuring Electrical Conversation of Mushrooms after Rain - First Field Confirmation of Possible Signal Transmission by Mycelial Networks - | Press Release / Research Achievements | Tohoku University-Release date March 24, 2023 Tohoku University Access date May 17
- 2023Measuring Electrical Conversation in Mushrooms after Rain - First Field Confirmation of Possible Signal Transmission by Mycelial Networks - | Kyoto University (kyoto-u.ac.jp) Release date March 27, 2023 Accessed May 18

Elucidation of the Effects of Keratin on Fuel Cells

Zeze High School, Shiga Prefecture, , Group 2



Saho Aoki, Ryosei Kaizuka, Kotone Hirota, Ichika Matsumoto and Kyoya Minami

Summary

We learned from last year's science and mathematics research that keratin extends the duration of fuel cells. Keratin is a type of protein, and we wondered why and how proteins affect fuel cells. For the reasons mentioned above, we decided to investigate the effects of keratin on fuel cells.

It was found that the hydrolysis process breaks the bonds of keratin, and the subsequent electrolysis recombines the broken bonds, and the resulting substance affects the fuel cell.

Experiment 1

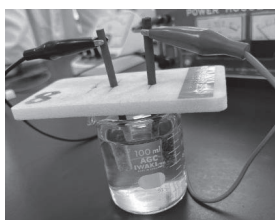
Objective: To verify whether a fuel cell containing keratin extends the duration.

Method

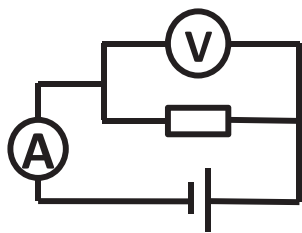
I H_2SO_4 +keratin

II H_2SO_4 only

- ① Hydrolyze wool (I only)
- ① Electrolysis (3V for 3 minutes) ← Charging
- ② Reconnect the circuit and measure the time the propeller rotates ← Discharging



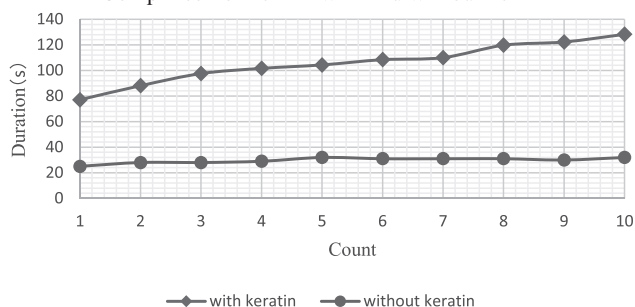
▲Photo: Electrolysis



▲Diagram: Circuit Diagram

Results

Comparison of keratin with and without keratin.



The presence of keratin extended the duration. During electrolysis, a large number of bubbles formed on the surface of the solution.



Discussion of Experiment 1

It has become clear that keratin has some effect on the duration of the battery.

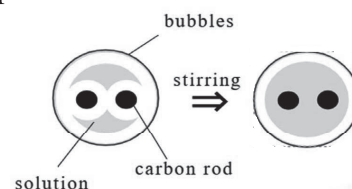
Additionally, it was considered that the layer of bubbles generated during electrolysis may also influence the battery's duration.

Experiment 2

Objective: To investigate whether the layers of bubbles accumulated as the number of experiments increases affect the duration.

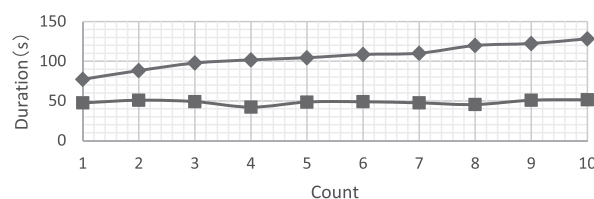
Method

- I After each experiment, stir the solution in the beaker to remove bubbles.
- II Conduct the experiment in the same manner as Experiment 1.



Results

Comparison with and without stirring



In Experiment 2, where the solution was stirred to remove bubbles, no increasing trend was observed.

Discussion of Experiment 2

In Experiment 2, since no sustained duration was observed even after multiple trials, it is believed that the bubbles generated during charging affect the battery's duration.

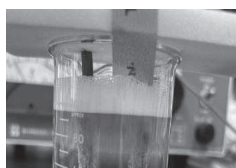
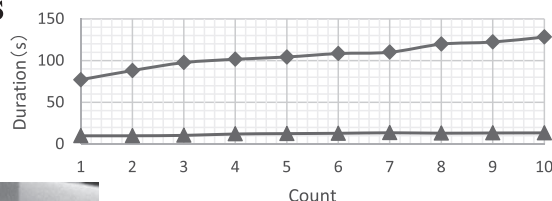
Experiment 3

Objective: A hypothesis was established that keratin may denature and produce bubbles due to the acidic bias caused by hydrogen ions generated around the carbon rod during electrolysis. This will be verified.

Method: The hydrolyzed keratin was experimented with and without neutralization, maintaining alkaline conditions.

Results

Comparison with basic conditions



Even when the experiment was conducted under basic conditions, bubbles were

generated. Additionally, the duration was shorter under basic conditions.

Discussion

From the fact that bubbles were generated even when the experiment was conducted under basic conditions, it was understood that keratin had already denatured during hydrolysis, and that a solid forming a layer of bubbles was produced even when electricity was applied. The duration of the battery was considerably shorter than that of the neutralized sample, which may be attributed to the increased amount of denatured keratin, resulting in a thicker layer of bubbles.

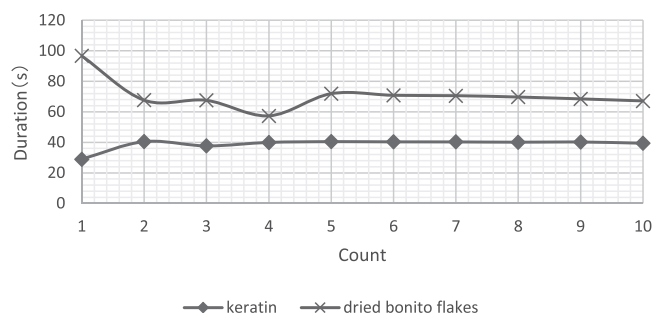
Experiment 4

Objective: To investigate whether keratin affects the increase of fuel cells by using other proteins.

Method: The experiment is conducted using bonito flakes, which have a high protein content, instead of keratin.

Results

Comparison of keratin and dried bonito flakes



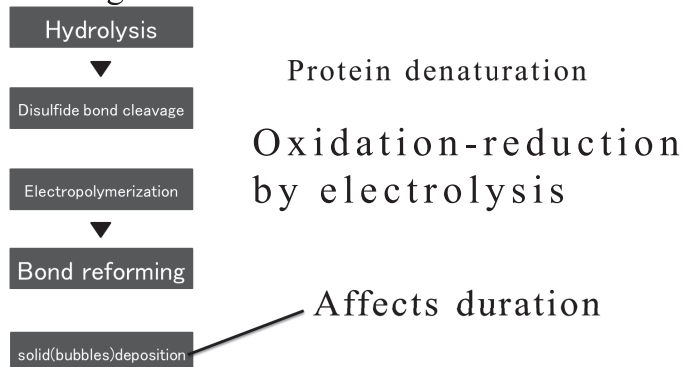
Compared to those containing keratin, the samples using bonito flakes had a longer duration of the fuel cells.

Discussion

Both keratin and bonito flakes showed a long duration of the fuel cells, leading to the hypothesis that the presence of protein may extend the duration.

Conclusion

When keratin is hydrolyzed or neutralized under strong acid and strong base conditions, the bonds of the protein are broken and denatured. However, the formation of a white solid layer of bubbles during electrolysis is thought to be caused by the electropolymerization that occurs when electricity is passed through, leading to the reformation of proteins derived from keratin. It is hypothesized that the proteins formed in this way accumulate while trapping the gases generated during electrolysis, thereby extending the duration of the fuel cell.



Future Prospects (and Challenges)

Experiments with other proteins

→ Investigate the reasons for the extended duration of bonito flakes, the types, the differences in results based on protein content, etc.

References

- The Impact of Keratin on Fuel Cells (2023 Zeze High School Science Research Group 2)
- What is Hydrolysis? Ihara Nikkei Chemical Industry Co., Ltd.
<https://www.iharanikkei.co.jp/column/detail.php?c=21>
- Fuel Cells - Panasonic Energy Co., Ltd.
<https://www.panasonic.com/jp/energy/study/academy/fuel.html>

Gelation of electrolyte in dye-sensitized solar cells and its optimum conditions

Zeze High School 2-9 Chemistry Group3

Kii Nana Sasao Maki Tokuda Fuka Nozue Tomoko Matsugu Masaki



Summary

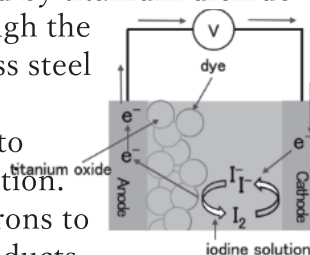
The variation of electromotive force of dye-sensitized solar cells with electrolyte conditions was found to be highest and most stable EMF when agar concentration was 4~6%, iodine concentration was 4%, and N719 was used as the dye.

Hypothesis

Dye-sensitized solar cells are attracting attention as lightweight and low-cost solar cells. However, these cells can leak and cause accidents such as blindness. In previous studies, the electrolyte solution was gelatinized with gelatin to prevent leakage, but it was unclear whether the gelatin could withstand the high temperatures of summer. The purpose of this study is to confirm whether gelatin can withstand high summer temperatures and to investigate the EMF (electromotive force) of gels made of agar as a substitute for gelatin under various conditions.

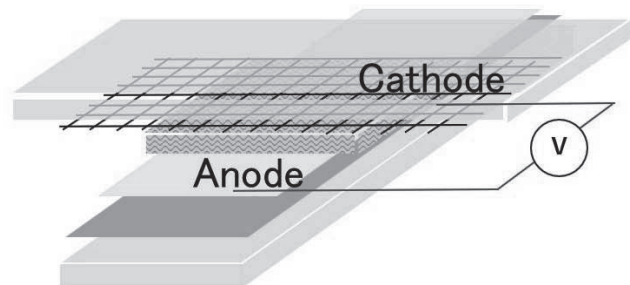
Prerequisite Knowledge

- ① Light strikes the dye in the cell.
- ② Dye absorbs light energy and emits electrons.
- ③ Electrons are received by titanium dioxide
- ④ Electrons move through the conductor to the stainless steel plate of the cathode
- ⑤ Electrons are passed to iodine in the iodine solution.
- ⑥ Iodide ions pass electrons to the dye, and the dye conducts and generates electricity.

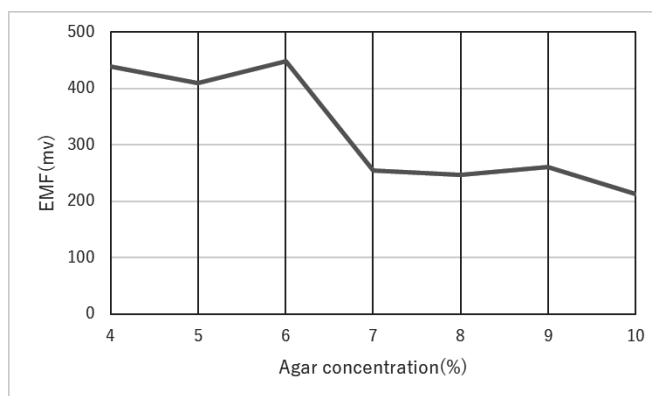


Experiment I Contents (succession)

- Electrolyte solutions were prepared and experiments were performed with agar concentrations of 4-10% (in 1% increments).
- EMF was measured twice with a tester for 5 minutes at 1 minute intervals.



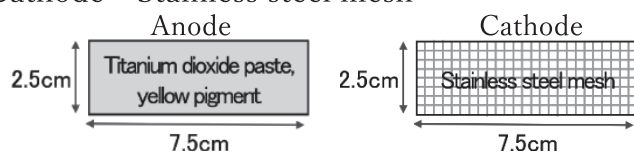
Experiment I Result, Consideration



Experiment I (Optimal conditions for agar concentration) Contents

Anode...Aluminum foil coated with titanium dioxide (IV) paste, baked, and one drop of yellow dye added

Cathode...Stainless steel mesh



- The lower the agar concentration, the greater the EMF
→ The lower the agar concentration, the higher the fluidity and the easier it is for electrons to flow
- Gels with an agar concentration of 3% or less are close to a liquid and cannot prevent electrolyte leakage.

Experiment II -①(Dye comparison)

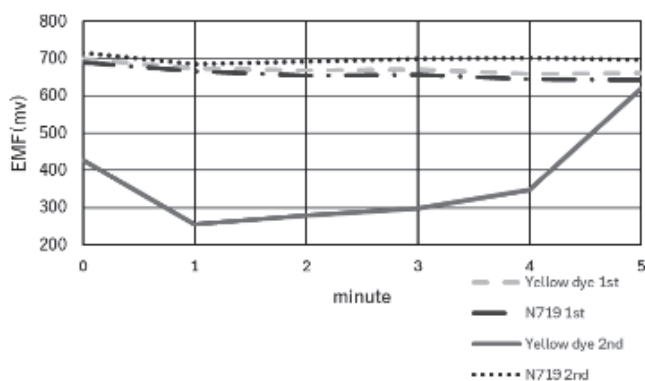
Contents

Comparison of the EMF of yellow dye and N719 dye was performed. The electrolyte was prepared and one drop of yellow dye or N719 dye was placed on the baked titanium dioxide paste at the negative electrode. Other experimental operations are the same as in Experiment I .

Experiment II -① Result , Consideration

Yellow 1st	N719 1st	Yellow 2nd	N719 2nd
700.7mv	690.1mv	618.5mv	716.1mv

Since there was no significant change in the maximum value of EMF, we focused on the transition of EMF over time.

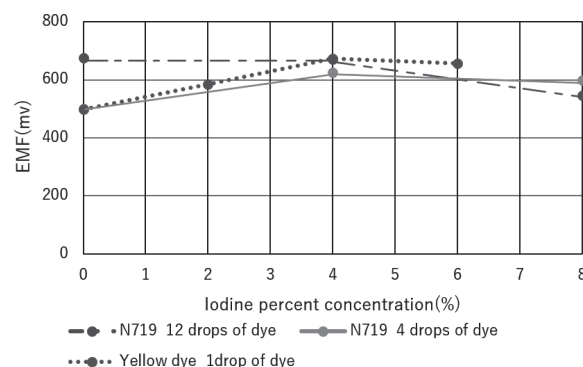


N719 showed stable EMF in 5 minutes in both cases, but the second case of yellow showed large increase/decrease in 5 minutes, and the values often varied.
→N719 shows more stable EMF

Experiment II -②(Optimal conditions for iodine concentration) Contents

Experiment II -① showed that the N719 dye was more stable. The next experiment was conducted to determine the iodine concentration at which the electromotive force increases in dye-sensitized solar cells using N719. The agar concentration was fixed at 4%, and the EMF was measured at iodine concentrations of 0%, 4%, and 8% for 4 and 12 drops of N719, respectively. The experimental apparatus was the same as in Experiment I .

Experiment II -② Result , Consideration



The reason why the EMF is high for all the samples with 4% iodine is thought to be because iodine in the iodine solution is brown in color, which makes it difficult for light to pass through, although electric current is difficult to flow when iodine is low. The fact that even at 0% iodine concentration, the values of EMF are the same as the others is thought to be due to the involvement of minerals and other substances contained in the agar in the generation of electricity.

Conclusion

The highest electromotive force is obtained when the agar concentration is 4-6%, the iodine concentration is 4%, and the dye is N719, respectively, within the range where the electrolyte does not leak.

Prospect

In order to achieve the EMF of 1.0V measured in a previous study, we would like to conduct experiments using different agar concentrations, dyes, and baking. Also, we would like to find a preservative that does not affect the gelling action of the agar.

References

- Preparation of dye-sensitized solar cells by gelation of solution Sakuragaoka High School 2024 viewed 7/1/2024
- Dye-Sensitized Solar Cells with Solid Electrolytes 2024 viewed 5/13
- What is Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) 2024 viewed 9/9/2012
<https://www.processio.co.jp/structure/>
- Food Yellow No.4Tokyo Kasei Kogyo K.K. 2025 viewed 1/15
<https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/F0144>
- Ruthenium dye for dye-sensitized solar cells Merck 2025 1/15 view
<https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/dye-solar-cells?msocid>

Collision of objects and scattering of water



zeze high school science and mathematics class Physics 4

Iwajima Shina Shibata Sota Takayama Tomoya Takeda Rinako Tsukamoto Kotaro

Summary

No matter how large the mass of the ball dropped on the water surface or the height at which the ball is dropped, the amount of water that bounces and the distance that the water droplets bounce laterally do not continue to increase.

Motive

After observing how water bounces off the liquid surface and is released out of the cup when water and ice are poured into the cup, we wanted to investigate how water splashes when the factors related to how objects fall, such as drop height and volume, are changed.

Hypothesis

The more energy a dropped object has, the greater the amount of water that bounces off and the greater the distance a drop of water bounces laterally. In other words, the greater the height at which an object is dropped and the greater the mass of the object, the greater the scattering of water.

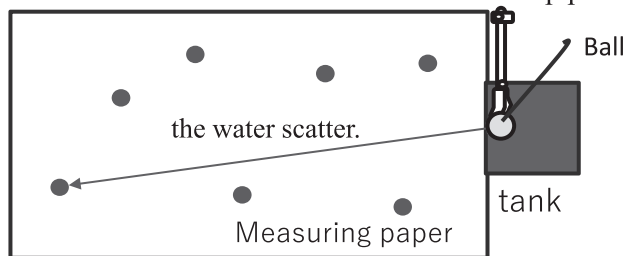
Outline of Experiment

Main Experimental Tools

- Cubic tank of 30 cm per side
- Ball (Super ball, urethane, PTFE, steel ball)

Fundamental method

- 1.drop the ball into the water tank
2. record the most splashes on the measurement sheet
3. measure the distance between 2 and the drop point



Preliminary experiments

Use speed sensor to examine the ball's fall.

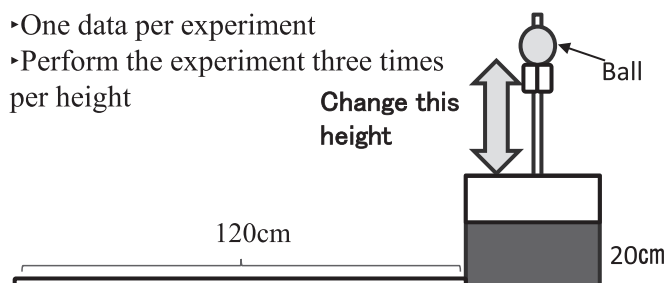
Height(cm)	Velocity(m/s)
60	3.38
70	3.62
80	3.90
90	4.10
100	4.42

The results with the Superball
Similar results were obtained
with other balls
→Velocity at the time of
collision is the same for all
balls

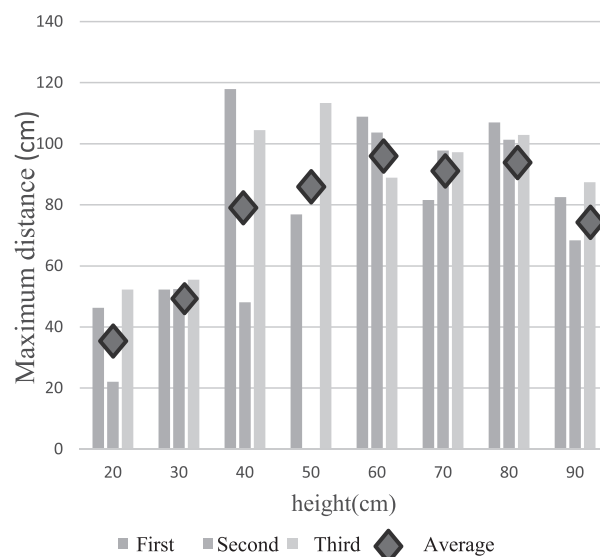
Experiment 1

See how height relates to the distance of the water scatter.

- Fill the tank with 18L of water.
- Drop the ball, varying the height from the water surface, 10 cm from 20 cm to 90 cm in 10 cm increments.
- One data per experiment
- Perform the experiment three times per height



Results of Experiment 1



Consideration of Experiment 1

Increasing the height of the drop does not necessarily mean monotonically increasing the water scatter.

There may be a height, a velocity, at which the lateral splash of water is maximized

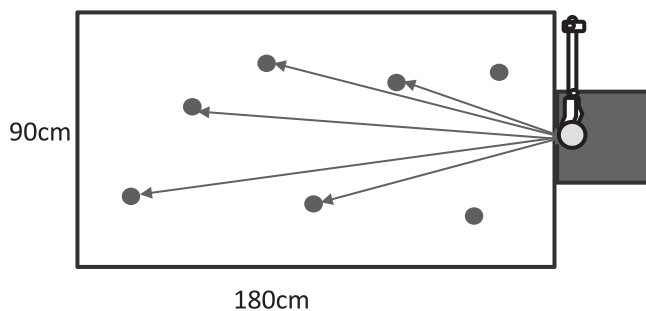
Experiment 2

See how weight relates to the distance a drop of water bounces laterally.

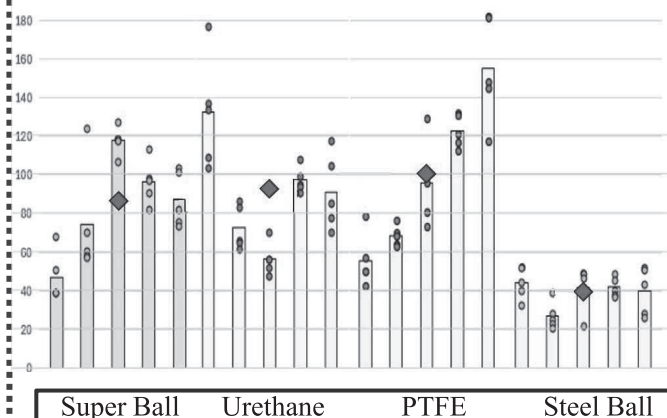
Changes from Experiment 1

- A 1-inch (2.54 cm) diameter superball(7g), a urethane ball(10g), a PTFE ball(19g), and a steel ball(67g) were added to the experimental tools in Experiment 1.
 - The height of the drop was fixed at 40 cm.
 - The drop position was changed from the center of the water surface to near the side where the scale was taken.
 - The volume of water was increased to fill the container to the brim.
 - The balls were dropped, and five drops of water were taken in order of distance from the drop farthest from the drop point, and the distance to the drop point of each ball was measured.
- Drop the ball five times with each type of ball and measure the distance.

Specific example (top view)



Results of Experiment 2



○: Individual value of each frequency

Bar graph: Average value of each frequency

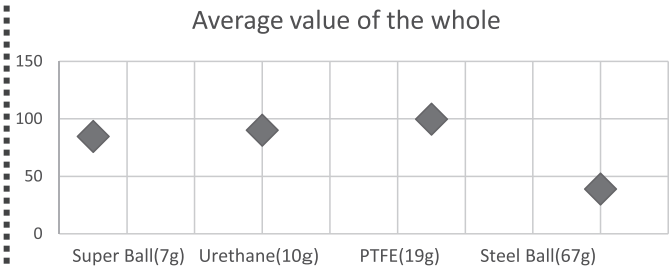
◆: Average value of the whole

(Vertical axis shows the distance of water droplets bounced horizontally)

Consideration of Experiment 2

As the mass of the ball is increased, the distance at which the water droplets bounce sideways also gradually increases to some extent, but the value becomes smaller if the mass of the ball is too large.

There may be a value for the mass of the ball such that the distance at which the water droplets bounce sideways is the maximum value.



Conclusion

No matter how much the height of the falling ball is increased, the distance that water droplets bounce horizontally converges to a certain value.

When the mass of the falling ball is changed, the distance that water droplets bounce horizontally changes from an increasing trend to a decreasing trend after a certain value.

And we concluded that its specific mass value might be between 20g and 60g.

Future Outlook

By performing the same experiment with falling balls of various masses, we would like to find the specific mass value at which the distance at which the water droplets bounce laterally changes from an increasing trend to a decreasing trend.

References

- [1] Midorimachi Junior High School, Chiba City, about splashing when dropping something in a liquid
<https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoikushido/documents/24mizuniotosu.pdf>
- [2] Comprehensive Net Between Schools (2022) Law of Height of Highest Reach of Water Splash
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/R04ssh/sc2/22221.pdf>
- [3] Furukawa, M. (2000) Droplet collision phenomena
https://www.google.com/url?q=https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvs1990/20/2Supplement/20_2Supplement_217/pdf&usg=AOvVaw3vMMqMgHIU3WpHk3BA59Fi&hl=ja-JP

The structure of fences and shock absorption

Shiga prefectural Zeze high school 2-9 Physics-group 5
 Tamura Ayano Kitagawa Yuki Akasaka Aika Murata Hyuga
 Tanoue Shinnosuke Tsutsumi Makisato



Summary

Observed changes in shock absorption performances caused by differences in the structure of fences. Finally, we concluded that diamond-shaped ones and twisted more times are suitable.

Introduction, Purpose

- Interested in fences installed in racing tracks for motorsports.
- How can we optimize the structure of fences to make their absorption performance more effective?
- Shocking weight = $\frac{m\Delta v}{\Delta t}$ [N]

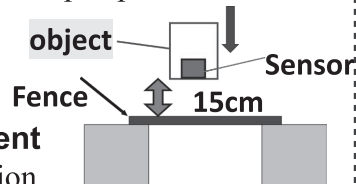
Hypothesis

The shape of the mesh and the number of twists changes the absorption performance.

Experiment method and exploratory experiment

Fundamental method

1. Create models of fences.
2. Drop a weight with an acceleration sensor onto the fence.
3. Synthesize the acceleration of each direction-x-y-z and generate graphs and analyze them.
4. Assess the fences from the perspective of contact time and maximum acceleration.



Exploratory experiment

To understand the relation between the mesh's shape and the absorption performance, we tested diamond, squared, and hexagonal cardboard fences.

Result

	Contact time[s]	Acceleration[m/s ²]
Square	0.6	121
Diamond	0.8	126
Hexagon	0.3	83

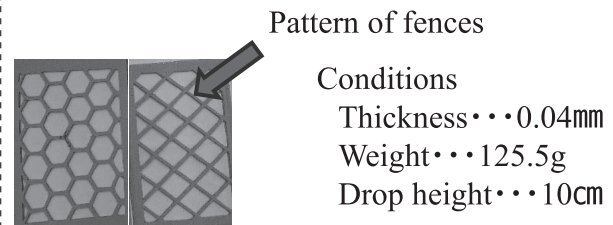
Discussion, Conclusion

Hexagon→ First peak is the lowest.
 Diamonds→ Length of the first peak is longest.
 Either of these may be suitable for the fence.

Experiment-1(Low Density Polyethylene)

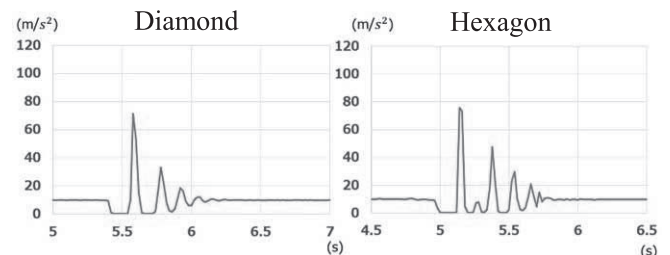
Purpose, Method

- Using fences, more similar to actual ones, test the relation between the mesh's shape and their performance.
- Create fences by cutting plastic bags.



Experiment-1 Result

- Instance of the graphs



- $\Delta v / \Delta t$

	1st	2nd	3rd	4th	5th
Diamond	30.001	28.069	36.015	29.706	36.325
Hexagon	35.721	35.521	38.553	39.778	N/A
	6th	7th	Average	Standard error	
	34.601	31.103	32.260	1.166	
	N/A	N/A	37.393	0.913	

Experiment-1 Discussion

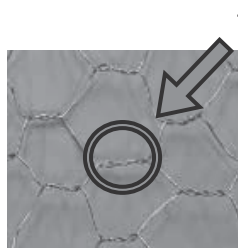
The peak of the diamond and hexagonal fences doesn't differ greatly, but the former ones have longer contact with the weight.
 →Diamond fences can absorb the shock longer and disperse the shock.

Experiment-2(metal wire)

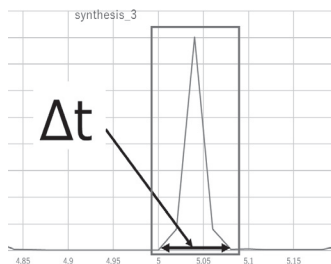
•Purpose

Examine the change in shock absorption performance with number of twists and the adequacy of the plastic fences.

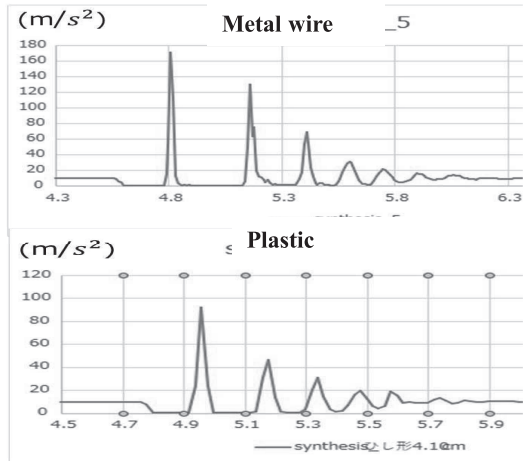
Prepare fence models consists of metal wire.
Change the number of twist.



Weight...463g
Height...20cm
Number of trials
1 twist... 9 times
3 twist... 5 times



Focus on time the objects touch on the fence



Discussion

The more the number of twists increases, the longer the time objects touch with a fence model, which perhaps leads to absorbing the impacts well.

In addition, though graph scale is different, a sketch of graphs of fences made of plastic is really similar to the graph of fences consist of iron wire suggesting that plastic fence models are appropriate for fence model.

Conclusion

- It was concluded that the rhombus shape is suitable for the shape of the fence mesh.
- Experiment 2 suggests that the contact time between the fence and the object increases as the number of twists increases. It also confirms that plastic fence models are appropriate for fence model.

Future prospects

- Change the size of the mesh.
- Increase the number of experiment more.
- Improve reproducibility and accuracy.

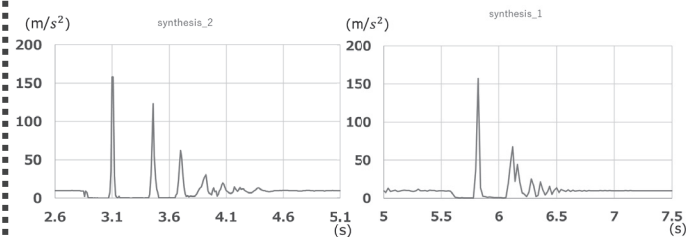
References

- Loop fence research group
<https://loopfence-vx.com/>
- JAF motorsports
<https://motorsports.jaf.or.jp/>
- Mitsubishi chemical corporation tech shops
<https://www.sankogosei.shop/post/>

(Last viewed on 2025/1/18)

Experiment-2 Result

Example of graph



Twist once	1st	2st	3st	4st	5st	6st	7st
$\Delta v / \Delta t$	46.261	55.288	46.362	46.619	46.266	51.593	49.661
				8st	9st	Average	standard error
				53.218	51.228	49.611	1.075
				20% reduction			
Twist 3 times	1st	2st	3st	4st	5st	Average	standard error
$\Delta v / \Delta t$	42.662	48.329	38.907	43.897	45.527	43.864	1.560

※ graph scale(m/s²) is different.

'Relation between the Total Amount of Magnetic Force and array of magnets'

Group 6 Physics Ryoto Izutsu, Shota Umetani, Kotaro Okayasu, Aoi Seiki, Gen Yoshikawa

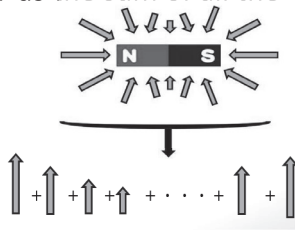
Summary

It was found the total attraction changes depending on the arrangement of the magnets. The magnitude of the total attraction could be predicted by considering the movement of magnetic field lines.

Prerequisite knowledge

The same magnet has different magnetic forces at different locations.

We defined "Total attraction" as the sum of all the magnetic forces at each location, which we thought could be measured by the mass of iron sand that sticks to the entire magnet.



Result

	1回目	2	3	4	5	average
①	133.6	132.0	133.7	132.9	133.3	133.1
②	140.1	139.7	141.1	140.3	141.1	140.5
③	154.1	154.5	155.3	155.1	154.9	154.8

The mass of iron sand: ① < ② < ③ (g)

Considerations

We can see a clear difference between ①, ② and ③, so the total magnetic force is not constant.

Motive Purpose Hypothesis

We are interested in efficient use of magnets
 → Focus on the relationship between magnetic force and sequence
 Would the attraction change depending on the arrangement?
 Find the most attractive array by forming magnets in various arrays

Hypothesis 1

1. The number of magnetic field line is constant depending on the magnet
 2. Magnetic force is determined by the density of magnetic lines
- ⇒ "Total attraction" remains the same regardless of the arrangement?

Hypothesis2

From experiment 1, "total attraction" changed depending on the arrangement.

⇒ "Total attraction" is not constant

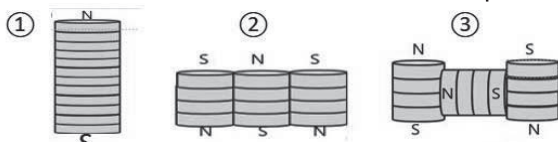
- The difference in experiment 1 may be due to differences in surface area.
- ⇒ By using a cubic magnet and keeping the surface area constant, the effect of surface area is eliminated.
- In experiment 1, the configuration that produced the most repulsive forces was the strongest.
 ⇒ Could this be related to the external force applied during fixation?
- Could it have something to do with the distance between the poles?
 ⇒ Experimenting with different arrangement

Experiments1

Total Magnetic Force was examined by changing the array of the 12 magnets and weighing the total mass of iron sand adhering to each.

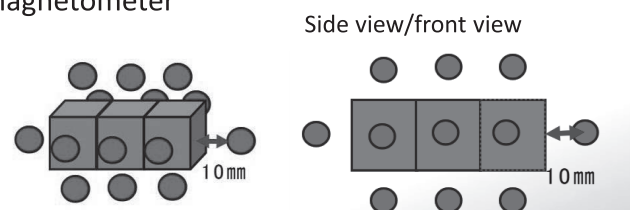
Method

Alter the array of 12 magnets and investigate the mass of attached iron sand in each pattern



Experiment

Alter the array of the three cube magnets. Investigated the mass of attached iron sand in each pattern. Then measured the magnetic flux density at 14 locations circled in red below with a magnetometer



Result

① Mass of attached iron sand

→→→	↑→↓	↑↓↑
7 0. 5	6 2. 7	4 9. 7
↑↑↑	→←→	←↑→
1 1 1. 0	5 3. 0	6 4. 0

The tip of arrows is North pole.

② Magnetic flux density at each location(mT)

→→→	↑→↓	↑↓↑
90	105	84
↑↑↑	→←→	←↑→
268	52	110

Correlation Coefficient Is 0.958

Magnetic flux density at each location(mT)

							
front	10	1	3	front	23	26	20
back	7	2	6	back	21	25	20
above	6	1	6	above	21	24	17
under	7	1	6	under	22	26	20
right	17	left	17	right	1	left	2
							
front	11	1	13	front	3	1	3
back	10	1	12	back	3	1	1
above	7	1	6	above	3	0	2
under	20	3	15	under	3	1	5
right	2	left	3	right	15	left	11
							
front	7	3	7	front	7	1	3
back	7	3	7	back	6	1	8
above	8	1	11	above	4	3	5
under	14	1	12	under	7	23	13
right	2	left	1	right	15	left	14

Consideration①

The total amount of iron sand varied when the surface area was kept constant and when it was not.

→The surface area may affect total attraction.

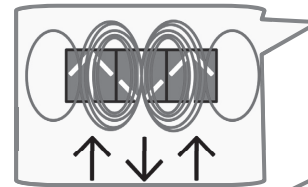
The array that requires the most external force is →←→, but the amount of iron sand is low

→The external force to fix is not relevant.

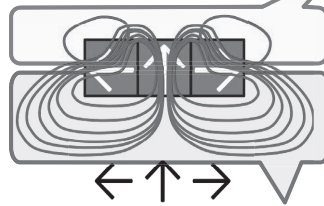
Correlation between ① and ②

→the magnetic force measurement using iron sand was valid . (Correlation coefficient is 0.958)

Consideration②

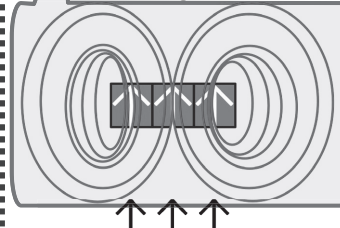


N and S are adjacent
→The flow of magnetic field Lines is small
→The range of the magnetic force is narrow.



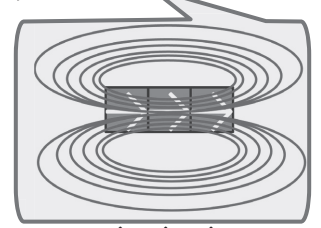
N and S are far apart
→Magnetic field lines flow in a large circumference
→The magnetic field lines cover a large area.

However, if they are too far apart, the magnetic flux density is small

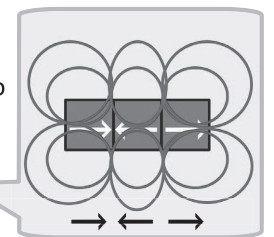


The shorter the same pole distance

→Repulsion prevents the magnetic force from escaping into the magnet → large range
However: Magnetic lines of force do not overlap when facing each other → small density



→→→



→←→

Conclusion

To increase total attraction,

- Different poles: not too short or long(balance the range of existence and density)
- Distance between co-poles: small , not face to each other space(to maintain the range of existence of magnetic field lines and create an overlapping flow of magnetic field lines)

Future outlook

Increase the number of magnetic flux density measurement points .

Use simulation.

discuss how to utilize “total attraction” in practical applications using yokes and other devices.

References

https://www.neomag.jp/mag_navi/glossary/glossary_main.php?title_name=%E3%83%8F%E3%83%AB%E3%83%90%E3%83%83%E3%83%8F%E9%85%8D%E5%88%97

Exploring the Effectiveness and Optimization of Kasumi-Tei levees

2nd Grade Class 9 Group 7 Earth Science

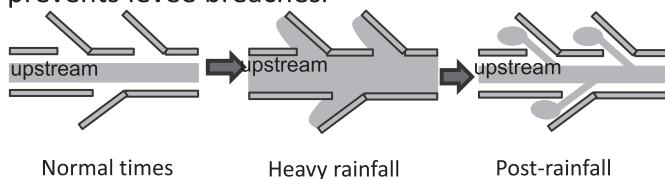
Isshin Sugimoto Kanase Takigawa Rikuto Baba Hiroto Hayakawa Ryota Hayase

Summary

When a model experiment on river flooding was conducted, Kasumi-Tei functioned effectively, confirming the validity of the experimental model.

1.Introduction

Kasumi-Tei Levee is Japanese traditional flood control structure which reduces water flow and prevents levee breaches.



Normal times

Heavy rainfall

Post-rainfall

Example

August 2022

Takatoki River (Shiga)

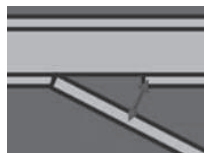


2.Research Objectives

Our study focused on making Kasumi-Tei more effective. During normal time, because the area of Kasumi-Tei levee is used as a farmland, it is good that the water inflow area is small. The optimal Kasumi-Tei Levees is

- Prevent flood except Kasumi-Tei Levees.
- Water inflow area in The levee is minimum.

To regulate inflow into the Levee, we focused on the angle of the Kasumi-Tei Levees.



Our Research Objective

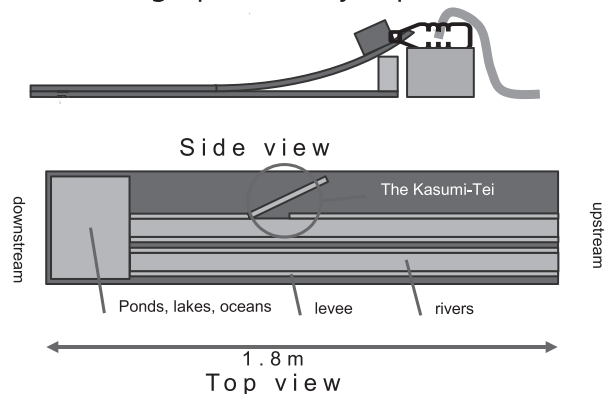
Find the best levee angle for each Kasumi-Tei levee.

3.Experiment 1

Conducting individual experiments on actual rivers is impossible.

Created an experimental model with two rivers, one is with Kasumi-Tei while the other is not.

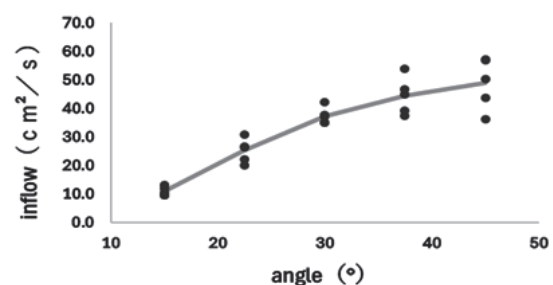
※Confirm the validity of the experimental model through preliminary experiments.



Adjusted the angle of Kasumi-Tei Levee to regulate water inflow.

- Angles: 15°,22.5°,30°,37.5°,45°
- Number of attempts: 5 per angle
- Volume of water flowed: 140.25[cm³/s]

Relationship Between Angle and Inflow



The larger the angle is, the larger the amount of water inflow is. Also, the larger the angle is, the smaller the slope of the graph is.

⇒Upper limit of the amount of water inflow .

4. Experiment 2

In Experiment 1, there was a problem of large data variability and differences in scale from the actual river. To improve accuracy, the same experiment as Experiment 1 was conducted using the river simulation software iRIC. The inflow velocity was then determined from the velocity and depth of water entering the Kasumi-Tei levee.

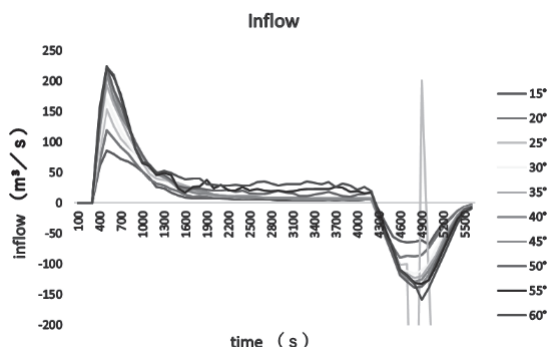
Angle: 15° to 60° (in 5° increments)

Water flow rate: 1000 m³/s (4000s)

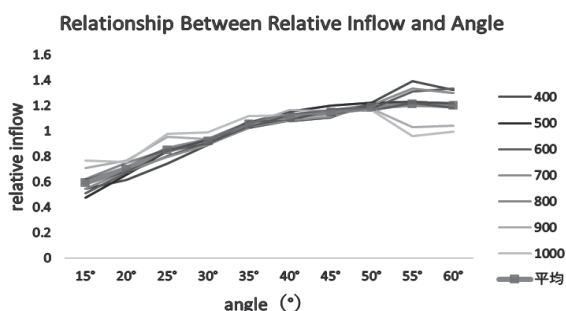


Simulation Results – Water Depth

Yellow and red areas indicate deeper water levels, showing water accumulation upstream of Kasumi-Tei.



The inflow rate first increased and then gradually decreased. Negative values indicate that the water receded from the Kasumi-Tei.



The relationship between the angle of Kasumi-Tei and the inflow rate was investigated, focusing on the period from 400s to 1000s. The graphs had the same general shape regardless of the time. The results were similar to Experiment 1.

5. Use of experimental results

Consider how to calculate the optimum angle of Kasumi-Tei levee for a particular river.

1. Find the estimated maximum water volume of the river (I) and the maximum water volume that the river will not flood without a Kasumi-Tei levee (II) (available from hazard maps, etc.). The difference between (I) and (II) is the ideal value of the amount of water flowing into the Kasumi-Tei levee.
2. Install a Kasumi-Tei levee with an appropriate angle and run the simulation.
3. Compare the ideal value of the inflow velocity into the Kasumi-Tei levee obtained in (1) with the result of (2), and calculate the optimum angle using a graph of the relationship between the inflow velocity and the angle.

5.Future Prospects

- Evaluate the optimum angle obtained in an actual river
- Consider cases where changes in the angle of the Kasumi-Tei Levee cannot accommodate.
- Model experiments and simulations cannot account for levee erosion, and we would like to take its effects into account.

7.References

- 島谷幸宏「霞堤の機能と近年の研究成果のレビュー」、RIVERFRONT研究所、94号、2022年
https://www.rfc.or.jp/pdf/vol_94/p010.pdf
- 瀧 健太郎・中村 亮太・原田 守啓・田中 耕司「霞堤の治水機能の評価方法および 流域治水計画における位置付けに関する一考察」河川技術論文集、27巻、2021年 Microsoft Word – 河川技術_霞堤機能評価法_210521(画像).docx (jst.go.jp)
- 関口威人『激甚災害時代の川と人の関係——愛知・豊川の「霞堤」から考える』2021年 news.yahoo.co.jp/url
- 「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」令和5年度理数科課題研究論文集
- 朝日新聞社『「見事な治水」にみんなであらうを 片付けに追われた農家の思い』2022年

<https://www.asahi.com/articles/ASQ8L63RCQ8LPLZU001.html>

A discussion of a guaranteed victory method of a game using Grundy Number



SHIGA Prefectural ZEZE High School 2-9 Group8

Abe Koga Tani Hajime Fujikawa Tomoya Bessho Manato Morimoto Teppei

Using the Grundy Numbers, we discussed guaranteed victory methods in our own game.

Prerequisite Knowledge (What is the Grundy Number?)

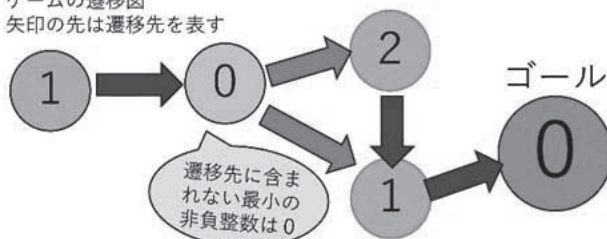
Grundy Numbers... A number used to determine the state of a game, corresponding to each state in the transition diagram of the game.

→ This is used to derive the winning strategy of a game. Procedure for deriving the Grundy Number.

- (1) The goal is 0.
- (2) If the Grundy Number for all transitions is fixed, the smallest non-negative integer that is not included in the Grundy Number for the transitions.
- (3) Winning is achieved by keeping the Grundy Number at 0 until the end of the game Translated.

ゲームの遷移図

矢印の先は遷移先を表す

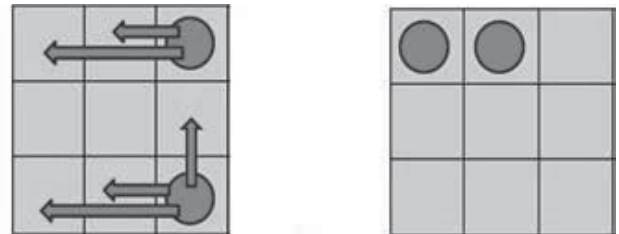


Goals of the study

Keep the Grundy Number = 0
⇒ Find a guaranteed victory methods.

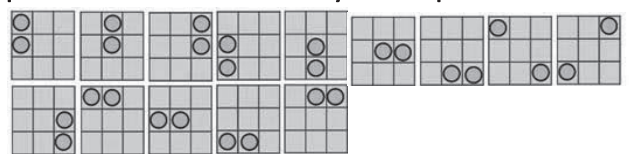
Research of Kom (our original game)

Prepare a board of a $n \times n$ square and place two pieces on a square without overlapping. Both players can select a piece and move it up or to the left as much as they like. (It must not overlap or overtake another one.) When both pieces cannot be moved, the one who moves the piece at last wins.



Kom (Winning consideration)

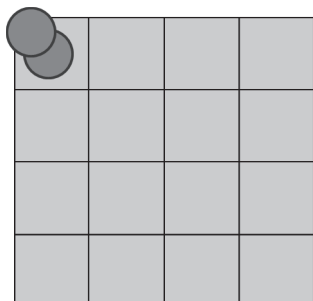
By using programs, I wrote out all the patterns with a Grundy Number of 0 as shown in the figure below. You can win by always continuing to move the pattern so that it will always be the pattern below after your operation.



When the board is small, it is possible to discover a winning strategy by using the program to write out a state with a Grundy number of 0. The game transition diagram becomes more complicated because there are four different goal patterns and the frames cannot overlap or jump over each other when the board is large.

Rule changes of Kom

The game is changed from “You win when you can no longer move” to “You win when two frames overlap in the upper left corner” (frames can overlap only at the end of the game). Only one state is determined at the end of the game.



New consideration

0	1	2	3	4	5	6
1	0	3	2	5	4	7
2	3	0	1	6	7	5
3	2	1	0	7	6	4
4	5	6	7	0	1	2
5	4	7	6	1	0	3
6	7	5	4	2	3	0

Considering Kom when there is only one piece, write in all squares the Grundy Number when there is a piece in that square. When two pieces do not line up in a row after the opponent's turn, they can move the piece on the square with the larger Grundy Number after their operation so that the two pieces have the same Grundy Number. If you can move them in this way until the end, you can win the game. However, we have not yet figured out how to win when two pieces line up in a row after the opponent's turn.

Consideration of the table created

We found that the table we created has a structure that repeatedly intersects the structure as shown in the figure below.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	3	2	5	4	7	6	9	8	11
2	3	0	1	6	5	8	7	10	11	8
3	2	1	0	7	6	9	8	11	10	9
4	5	6	7	0	1	2	3	12	13	14
5	4	7	6	1	0	3	2	13	12	15
6	7	5	4	2	3	0	1	14	13	12
7	6	4	5	3	2	1	0	15	14	13
8	9	10	11	12	13	14	15	0	1	2
9	8	11	10	13	12	15	14	1	0	3
10	11	10	9	8	15	14	13	2	3	0

Outlook

Using the structure of the table of Grundy Numbers, we consider the general guaranteed victory method of the new rule of Kom. Think about general.

Acknowledgement

A professor of Shiga University, Mr.Hasegawa gave advices to our study.

References

Tomoaki Yasufuku, Ko Sakai, and Koki Suegusa
“The World of Combinatorial Game Theory: Mathematical Methods for Winning,”

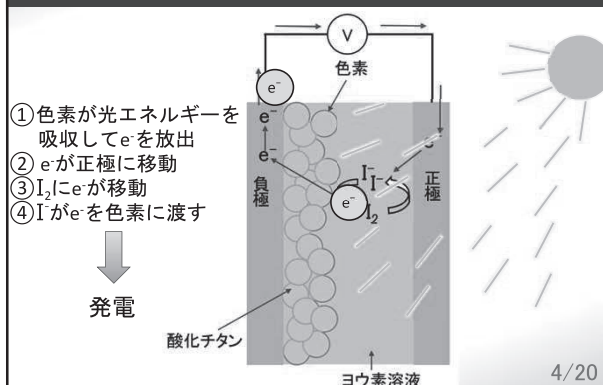
代表口頭発表スライド

令和6年度 生徒研究発表会

色素増感太陽電池における 電解液のゲル化とその最適条件

化学3班
紀井奈菜
笹尾真希
徳田風薫
野末智子
眞継将輝

1 | 前提知識 色素増感太陽電池とは



0 | 目次

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 前提知識 | 6. 本実験Ⅱ-② |
| 2. 研究背景 | 7. 結論 |
| 3. 予備実験 | 8. 今後の展望 |
| 4. 本実験Ⅰ | 9. 謝辞 |
| 5. 本実験Ⅱ-① | 10. 参考文献 |

2/20

2 | 研究背景

色素増感太陽電池は
液漏れを起こすことがある

↓

やけどや失明等の事故を引き起こす

↓

液漏れを防ぎ、かつ寒天を用いたゲルの
起電力が最大となる条件を明らかにする

5/20

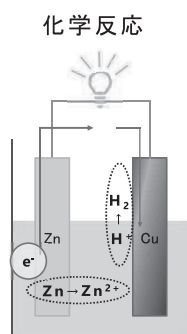
1 | 前提知識 電池とは

電池とは…

- ① 熱や光、化学反応
などのエネルギー

↓
電気エネルギーに変換

- ② 自然に電子を流すもの



3 | 予備実験

実験方法

ゼラチンと寒天の耐熱性の比較→ゼラチンまたは寒天で固めたヨウ素溶液をそれぞれホットプレート(50°C)で温める。

結果

ゼラチン溶けた(×)
寒天溶けなかった(○)

ゼラチンは夏の温度に
耐えられず液漏れする

温度	2%	4%	6%	8%	10%	12%
ゼラチン	×	×	×	×	×	×
寒天	○	○	○	○	○	○

6/20

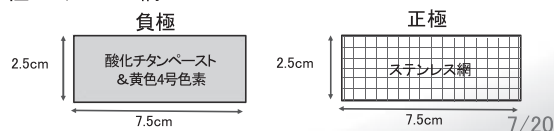
4 | 本実験Ⅰ 実験方法



- ・電解液: ヨウ素溶液(約7%)に寒天(4~10%)を加える

- ・負極: 酸化チタンペースト、
色素塗布済みアルミニウム箔

- ・正極: ステンレス網



7/20

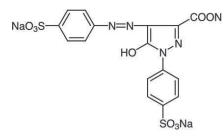
5 | 本実験Ⅱ-① 目的



色素二種の起電力の比較

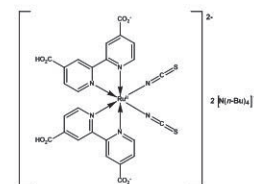
黄色4号

調査した先行研究の中で
最も起電力の大きかった
色素



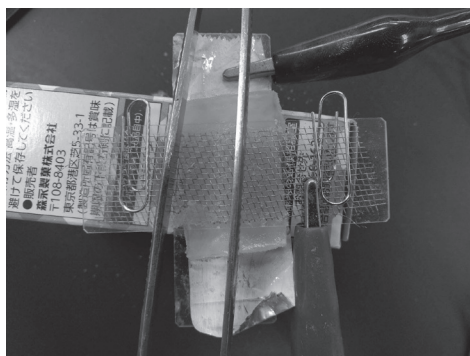
N719

色素増感太陽電池用の色素



10/20

3 | 本実験Ⅰ 実験方法



8/20

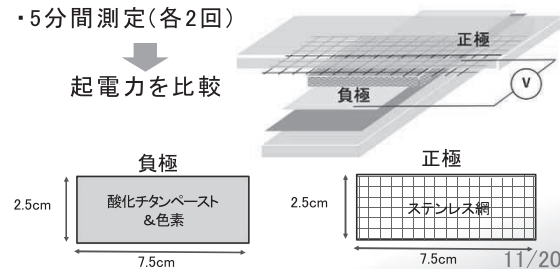
5 | 本実験Ⅱ-① 実験方法



黄色色素とN719色素の起電力の差を調べる
実験方法

- ・寒天濃度4%、ヨウ素4%、色素1滴(約0.05mL)
- ・5分間測定(各2回)

起電力を比較

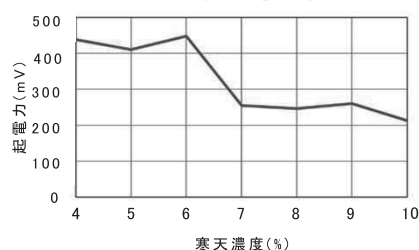


11/20

4 | 本実験Ⅰ 結果・考察



寒天濃度と起電力の関係性



結果

起電力は寒天4~6%が高い

考察

アガロース繊維の密度が大きくなる
→電気が流れにくくなった

9/20

5 | 本実験Ⅱ-① 結果



色素比較

色素	黄色4号	N719
起電力(mV)	642.3	671.3

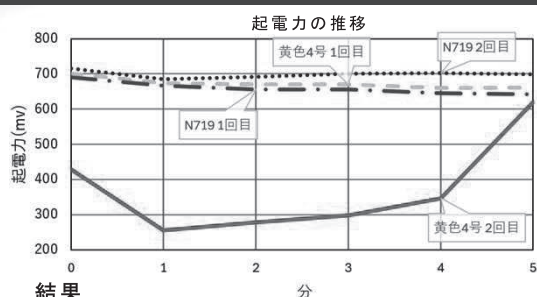
起電力は色素二種につき各2回行った測定の内、
5分後の値の平均値

結果

N719と黄色4号には大きな差は見られない

12/20

5 | 本実験Ⅱ-① 結果



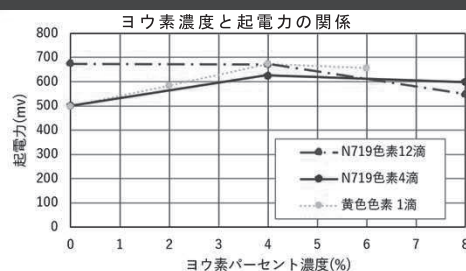
結果

N719 → 安定

黄色4号 → ばらつく

13/20

6 | 本実験Ⅱ-② 結果・考察



結果

①ヨウ素4%のとき起電力大 ②ヨウ素0%でも発電している

考察

①イソジン(ヨウ素溶液)は褐色 → 多すぎると光を通さない

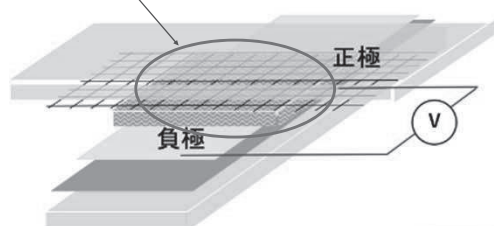
②寒天 → ミネラル等がヨウ素の代わりに

16/20

6 | 本実験Ⅱ-② 目的



電解液の最適なヨウ素濃度の調査



14/20

7 | 結論



・ゼラチンよりも寒天の方が熱に強い

・寒天濃度:4~6%→起電力大

・ヨウ素濃度:4%→起電力大

・色素:N719→起電力安定

} 最適条件

17/20

6 | 本実験Ⅱ-② 実験方法



ヨウ素濃度による起電力の関係を調べる

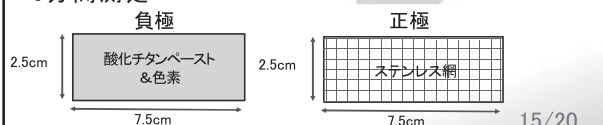
実験方法

・寒天濃度4%、ヨウ素濃度(0,4,8%)

・色素:N719

(比較対象として黄色4号)

・5分間測定



15/20

8 | 今後の展望



①再現性の向上

→酸化チタンの焼き付けを均一にする

②起電力1.0Vを目指す

→濃度の微調整

→色素の変更

③寒天の防腐

→ゲル化を阻害しない防腐剤を探す

液漏れを防ぎ、起電力の高い電解液の寒天濃度を特定

液漏れしない色素増感太陽電池の開発

18/20

9 | 謝辞



色素増感太陽電池の色素N719を
龍谷大学からいただきました。
この場を借りて深謝いたします。

19/20

10 | 先行研究 文献・資料



- ・溶液をゲル化した色素増感型太陽電池の作成 桜丘 高等学校
2024 7/1閲覧
<https://www.pref.mie.lg.jp/common/content/001006521.pdf>
- ・固体電解質を用いた色素増感型太陽電池 2024 5/13閲覧
https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2001/08/56_08pdf/a03.pdf
- ・色素増感太陽電池(DSSC)とは 2024 9/9閲覧
<https://www.processio.co.jp/structure/>
- ・Food Yellow No.4 東京化成工業株式会社 2025 1/15閲覧
<https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/F0144>
- ・色素増感太陽電池用ルテニウム色素 メルク 2025 1/15閲覧
<https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/photovoltaics-and-solar-cells/dye-solar-cells?msockid=3564bd3f98f069a01350aef2994768b9>

20/20

フェンスの構造と衝撃吸収

理数科 物理5班

田上 新之助 赤坂 和花 村田 日向
北川 祐樹 堤 蒔悟 田村 絢乃



1/27

目次

- | | |
|----------|--------------|
| 1. 動機・目的 | 6. 条件Ⅰ（ビニール） |
| 2. 事前調査 | 7. 条件Ⅱ（針金） |
| 3. 仮説 | 8. 結論 |
| 4. 実験方法 | 9. 今後の展望 |
| 5. 予備実験 | 10. 参考文献 |

2/27

動機・目的

・モータースポーツの会場で使用されているフェンスに着目



同じ材料でより効率よく衝撃を吸収できないか



網目の図形を変化
網のねじる回数を変化

3/27

事前調査

落石防止フェンスなどの性能試験



フェンスの上から物を落下させる方式

4/27

事前調査

$$\text{衝撃荷重[N]} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

衝撃をうまく吸収させたい



物体にはたらく衝撃荷重を減少させる

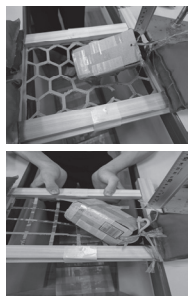
5/27

実験の流れと目的

1. 段ボール製フェンスで、図形とフェンスの衝撃吸収性能の関係を調べる
2. ビニール製フェンスで、同様の方法で調べる
3. 金属製フェンスでねじる回数とフェンスの衝撃吸収性能の関係を調べる
4. 同時に、ビニール製フェンスの妥当性を調べる

6/27

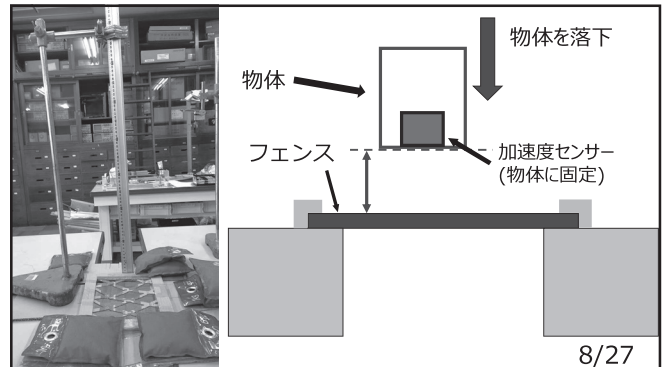
主な実験方法



1. くりぬいた面積をそろえた六角形、正方形、ひし形のフェンスモデル作成
2. 加速度センサーを搭載したおもりを落下させる
3. x、y、z 方向の加速度のベクトルを合成
($\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z$ を合成したベクトルを $\vec{p}$ とする)
4. p - t グラフを作成し分析する

$$|\vec{p}| = \sqrt{|\vec{a}_x|^2 + |\vec{a}_y|^2 + |\vec{a}_z|^2}$$

7/27



8/27

予備実験

目的：図形とフェンスの衝撃吸収性能の変化を調べる

実験方法：段ボール製フェンスのひし形、六角形、正方形

図形	時間(s)	加速度(m/s ²)
正方形	0.6	121
ひし形	0.8	126
六角形	0.3	83

ピークの低い六角形か？
接触時間の長いひし形か？

9/27

改善すべき点

- 段ボールの厚みが均一ではない



- 金属製のフェンスとの性質の違いが明確でない
- フェンス製作の効率が悪い
- 試行回数が少ない

10/27

条件 I (ビニール)

目的：よりフェンスに近いモデルで実験する。

➡ ビニール袋から切りだしたモデルを作成
実験を行う

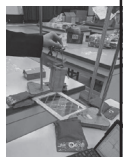
11/27

条件 I (ビニール)

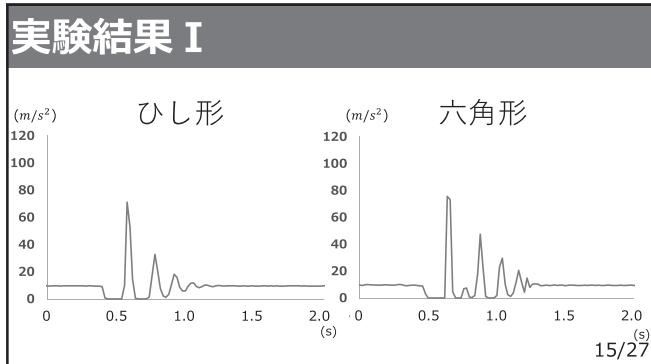
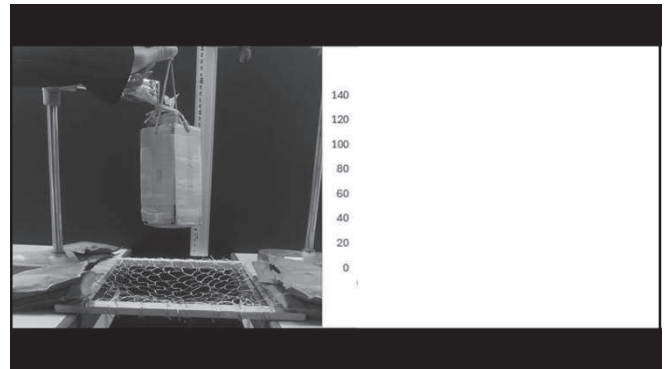
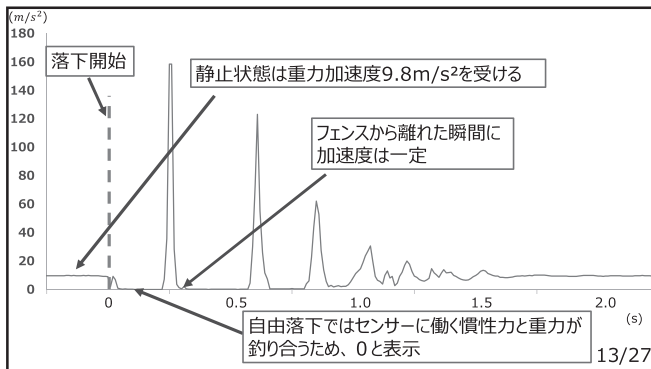


- 条件 重り…6cm×6cm×13cmの直方体
125.5[g]
落とす高さ…10cm

- 試行回数
六角形 (条件 1 と同じ型) …4回
ひし形 (条件 1 と同じ型) …7回



12/27



考察 I

重りの質量は同じ→ $\Delta v/\Delta t$ に注目

$\Delta v/\Delta t$ の値

ひし形	1	2	3	4	5	6
$\Delta v/\Delta t$	25	28.07	36.01	24.76	36.32	34.6
				7	平均	標準誤差
				31.1	30.84	1.749

六角形	1	2	3	4	平均	標準誤差
$\Delta v/\Delta t$	28.58	35.52	38.55	39.78	35.61	2.172

➡ 衝撃荷重・・・六角形>ひし形

16/27

仮説 II

ねじる回数とフェンスの衝撃吸収の性能の関係は？

➡ ねじる回数によって性能に変化があるのでは？

17/27

条件 II

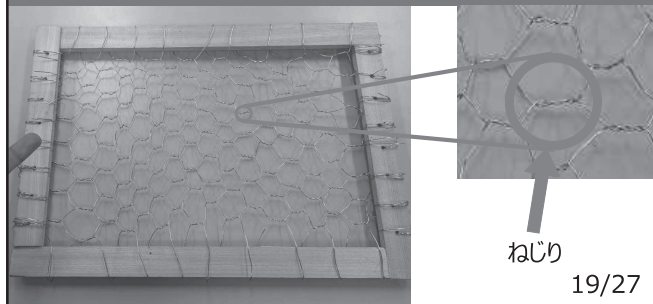
目的：ねじる回数による衝撃荷重の変化を調べる

ビニールフェンスの妥当性を調べる

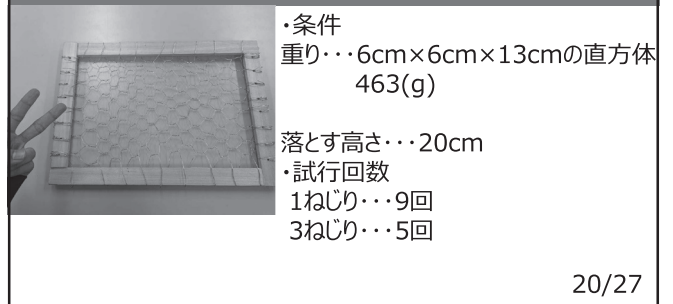
➡ 針金でフェンスモデルを作成
1つ目のピークの時間を調べる

18/27

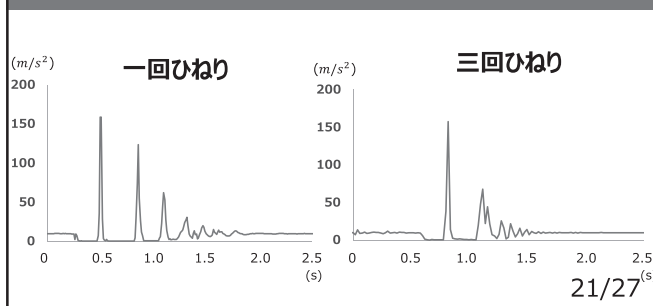
条件Ⅱ (針金)



条件Ⅱ (針金)



実験結果Ⅱ



実験結果Ⅱ

$\Delta v / \Delta t$ の値

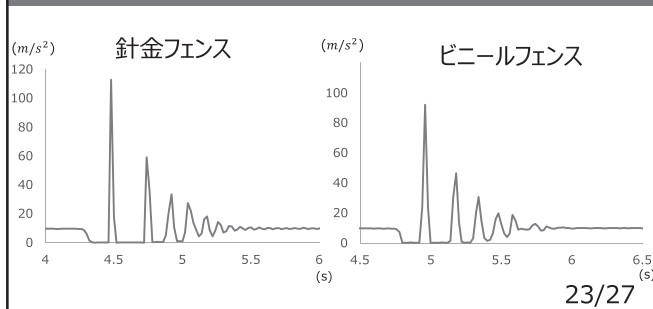
1ねじり	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta v / \Delta t$	46.26	55.29	46.36	46.62	46.27	51.59	49.66	53.22	51.23
								平均	標準誤差
								49.61	1.076

12%減少

3ねじり	1	2	3	4	5	平均	標準誤差
$\Delta v / \Delta t$	42.66	48.33	38.91	43.90	45.53	43.86	1.560

22/27

ビニールの妥当性



考察Ⅱ

- ・ねじる回数が増えると、フェンスとの接触時間が
増え、衝撃吸収性能が上がることを示唆された
 - ・ビニールフェンスの妥当性が確かめられた
- 24/27

結論

ひし形がフェンスの網目の形として
適している。

※網目のねじりの回数を増やすと

衝撃荷重が小さくなる。

25/27

今後の展望

- フェンスの網目のサイズを変える。
- 針金フェンスでの実験の正確性を高める。
- 試行回数を増やす。
- 実験の再現性を高める。

26/27

参考文献

- ループフェンス研究会
<https://loopfence-vx.com/>
- JAFモータースポーツ
<https://motorsports.jaf.or.jp/>
- 三光合成 テックショップ
<https://www.sankogosei.shop/post/衝撃荷重の原理原則を分かりやすく解説！-体重計で起こる意外な現象>
(いずれも最終閲覧2025/1/15)

27/27

講 評

令和6年度 膳所高校理数探究 講評

1 班 キノコの電気シグナル

Electric signals produced by mushrooms

何をするのかをととても明確に持っていたため、テーマの方向性は比較的早く決まった。ただ実際に行うとなった場合、生きた個体では生育条件を整えるのはなかなかできないということになり、栽培されているものやスーパーで市販されているもので実験を行うことになった。物理室にあるオシロスコープや本年度新たに購入したデジタル電圧計を用いて、様々な条件を考えてキノコ(ぶなしめじ)の電圧を測定していた。少ない時間の中、実験の方法を考えたり、実験器具の使い方を自分たちで学んだり、主体的に動くことはできた。また、英語での発表やポスター発表や論文も研究班で協力しながら、形としてまとめ、研究活動に必要な力をこの1年間で身に付けることができたと思う。一方で、行ってきた実験をもう少し多くの個体で行ったり、もう少し文献の調査を行い、研究に関連する内容について、周辺知識を深めたりすることができたのであれば、本研究で行ったこと以外の方法でキノコの情報伝達について更なる知見が得られたものであろうと考える。

1 年間 4 人は限られた時間の中、それぞれの役割を果たして、多くの発表に向けて、計画的に準備を行い、形としてまとめることができたことは素晴らしいことであり、各自今後の研究発表に活かして欲しい。

2 班 ケラチンが燃料電池に与える影響の解明

Elucidation of the Effect of Keratin on Fuel Cells

初めは全く違うテーマを考えていたが実現が難しくテーマ決定にととても苦労したが、最終的には昨年度の研究を引き継ぐ方向で進めることにした。

しかしその後も、組み立てた装置がなかなか電池として機能しなかったり、再現実験で得られたデータが昨年度の通りにならなかったりと、試行錯誤の連続であった。原因がはっきりとわからなかったため、化学的な考察もなかなか立てられず、見通しをもって活動を進めることが難しかった。

そういったこともあり、各種発表会でも初めのころは前提となる理論部分を自信をもって説明することができず、聴衆に研究の成果や状況を伝えきれない、というもどかしさを感じる部分があった。しかしそういった要点を整理して伝えるスキルは、研究や発表の経験を重ねるうちにどんどん改善されていき、活動を通して成長を感じる部分でもあった。

研究内容については、最終の考察についても十分に検証ができていない点が多く、本人たちもまだ納得できていない部分もあったであろうが、最終発表の場では堂々と発表している様子が見られ、見ていてとても頼もしかった。

本校では化学の学習が2年始まりであり、基本知識があまり無い状態で研究を計画していくのはとても大変だったであろうが、苦労しながらも班員どうして協力しながら1年間研究を進めていったという経験は、今後いろいろな場面で必ず生きてくると思う。今後の活躍に期待したい。

3班 色素増感太陽電池における電解液のゲル化とその最適条件

Gelation of electrolyte in dye-sensitized solar cells and its optimum conditions

過去の先輩方の研究の中から「色素増感太陽電池」「電解液のゲル化」の2つに着目し、それらを合わせた形で研究を進めたいという思いからテーマの決定に至った。

先行研究では色素増感太陽電池の作成過程において酸化チタンペーストの塗り付け等に課題があり、実験装置をつくること自体、難易度の高いものであった。しかし、班の中で役割分担をして、それぞれの操作における実験技術を高めながら研究を進めたことで比較的安定した結果が出るようになった。また、実験計画を立てながら着実に実験を積み重ねることで、ゲル化させる電解液がゼラチンか寒天か、それらの適した濃度、適したヨウ素濃度、適した色素の種類、防腐剤の添加（実験中にカビが生じていたため）等、さまざまな条件設定でたくさんの実験を行ってきた。しかし、予想が立てづらく手探りで実験を進めざるを得なかったことや実験技術は上がってきててもどうしても失敗となり外れ値が生じてしまうことなどから、それぞれの条件について試行回数が少なくなってしまった。たればではあるが、1つ1つの条件でどれくらいの数のデータが必要か、どのように結果を分析するつもりか、どのようなストーリーでまとめていくかを考えながら進められるとより研究が焦点化されたのかもしれない。

とはいえ、研究に対する前向きな姿勢や取り組み、発表の場数を踏むたびにわかりやすくなるスライドや説明などから1年間での班員全員の著しい成長が感じられた。この1年間の成長を今後のさらなる飛躍に生かしてほしい。

4班 物体の衝突と水の散らばり

Collision of objects and scattering of water

身近な現象に目を向けてテーマ探しを行い、水面に物体が落下した際に周囲に水が飛び散る様子について調べることにした。先行研究に、水が飛び跳ねる高さについて調べたものがあったため、水が飛び散った水平距離に注目したが、飛び散る範囲の想定が難しく記録の取り方に苦心した。また、非常にランダム性の高い結果が出てしまう実験であったため、その一般化には1年間を通して考え続けることになった。試行回数の少なさや、水槽の一方のみしか記録を取っていないこと、また、飛び散った水の記録は紙に付いた水滴を目視で確認していることなど、データの精度はあまり高いとは言えない。データの数があってこそその実験であったため、もっとそれぞれの班員が積極的になり、繰り返し実験が行われていく必要があった。

物体の質量や物体を落とす高さを変えて調べることで、水面に到達する瞬間に物体がもつエネルギーと、水が飛び散った水平距離について、関係を見つけることができた。エネルギーが大きくなれば遠くまで飛ぶという単純な関係ではなく、なんらかの限界が存在することが考えられ、この原因についても考察を進めた。最後の論文をまとめる段階にはなってしまったが、水が飛び散ることを水滴が斜方投射されたと考えるなど、現象の原理の説明を試みるところまで取り組むことができた点を評価したい。物理現象を理論から説明しようとすることは、今後も研究を行う際に、重要視してほしい観点である。

5班 フェンスの形状と衝撃吸収の関係

The structure of fences and shock absorption

生徒の興味関心からテーマ設定は、円滑に進めることができたものの、具体的な手法が見いだせず実験が難航していた。それはフェンスという、一般的に機械で作製するものを手作りする難しさ、どのようにフェンスを均一にねじめるかなどの工夫の難しさが挙げられる。しかし、生徒たちは身近なもの（段ボール）を活かして、要素（形状のみ）に絞りながら追究している様子が見られた。

中間発表から、段ボール以外のモデルを作成するにあたり、どの素材を使えばより実際に近い実験ができるか考え直したときに、釘をつかって基板を作り、そこでステンレス製の針金を作る手法を選択した。フェンスの形状の辺の長さが一定になるように釘を一定間隔で打ち、力を均等にかけするために担当を分けて作成している姿があり、より精密なデータを得るために見えない工夫点が見られた。ここで、フェンスに衝突させる物体の大きさとフェンスの穴の大きさとの関係性に注目していなかったこともあり、衝突時に反発して落下するときもあれば、穴に引っかかって動かなくなるときもあり、これを同じ衝突として扱うのも難しいと考えられる。

1年間通して、様々な議論を重ねて、より実際の実験モデルに近づける姿勢が見られた。探究していく中で見えてきた課題を整理して、次の理数探究に生かせるとよい。また、生徒たちには、切磋琢磨して話し合った姿勢を将来忘れることなく、続けてほしいと期待している。

6班 磁力の総量と配列の関係

Relation between the Total Amount of Magnetic Force and array of magnets

磁力についての研究を行うという方針が決まったのは比較的早い時期であった。彼らは、磁石に付く砂鉄の総質量が磁石の性能そのものであると考え、手に入りやすい磁石と使い捨てカイロの中身を使った予備実験で、その仮説の妥当性を確かめた。予備実験で使った磁石や実験方法は精密な研究にはほど遠いが、「まずはやってみる」ということが研究を進めるために最も必要な態度である。また、中間発表での指摘を受け、さらに条件を整えていけたことは、彼らの素直で前向きな姿勢によるものだと思う。

実験で得られた測定値から磁力線、つまり磁石が作り出す磁場について考察し、同じ数の磁石を用いても、その配列によって引き付ける砂鉄の総質量が異なることの理由を説明しようとしたところは、磁石の性能を上げたいという当初の目的に近付けたと評価できる。一方で、磁力の向きや大きさを理論計算で評価するということはできず、より深い考察にはたどり着けなかったように思う。物理学の大きな目的の一つは、実際に起こる現象を理論的に説明することである。そのためには物理学に関する基礎的な理解が必要である。今後彼らには、これまでの研究者が発展させてきた物理学の知識を十分に理解し、同じ研究を行う仲間とそれを共有して、新たな理論の構築に向かえるよう努めてもらいたいと願う。

7班 霞堤の効果と改良について

Exploring the Effectiveness and Optimization of Kasumi-Tei levees

生徒たちが治水事業に興味関心があるという理由で、霞堤の存在を知り研究を進めていくことに決定した。現地調査も研究手法の一つではあったが、校内でのモデル実験とシミュレーションを用いて研究を深めていくこととなった。

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、先輩からのアドバイスをもとに当初から水を用いた実験を相当数繰り返して行った。試行錯誤を繰り返す中で、自分たちで工夫を施し、縮小サイズでの安定した再現を一定できるようになった。取得したデータについても、撮影画像から数値表現でグラフを描く処理を行うことに取り組み、解析にも工夫が見られた。

縮小モデル実験での信頼度を確かめるため、シミュレーションでの実験・解析にも取り組んだ。使用ソフトの検索および使用方法の勉強に始まり、自分たちの研究に応用するところまで進められたこと自体大きな成果であるが、実物とシミュレーションの両者を組み合わせて研究を進めた点は過去の理数探究（課題研究）と比較しても類を見ない内容であっただろう。

1年間かけて、班員同士のディスカッションも盛んで、自分たちで時間をかけて積極的に研究に取り組む姿勢が見られた。現実の河川への活用にはまだ足りない部分があるかもしれないが、このような問題意識をもって課題解決に立ち向かう姿勢を持つ生徒たちが、将来活躍してくれることを願っている。

8班 グランディ数を用いたゲームの必勝法の考察

A discussion of a guaranteed victory method of a game using Grundy Number

「ゲームの必勝法」という普段の数学の授業ではあまり触れることのない分野について1年間研究を行った。班員全員が初めて扱う分野ということもあり、最初は文献を用いて学ぶことから始まった。難解な定義や性質について理解しようと話し合っていた姿が印象的である。その後、自分たちで考えたゲームについて、ルールを変えたり、分析の仕方を変えたりといったように試行錯誤しながら研究を進めた。最初は簡単な例から考え、そこから規則性を見出そうとする姿勢が良かったと思う。最初は各々が別々の活動をしているようだったが、時間がたつにつれてそれぞれが自分の長所を活かすようになった。内容そのものについて考える、英語訳をする、パワーポイントをつくる、プログラミングを使う。それぞれが活躍する良いチームだったと思う。

中間発表会での指摘を受けて、最終発表会ではわかりやすい発表を心掛けた。言葉の定義や性質など研究には難解な内容が多かったが、聴衆にわかりやすく説明できたのは素晴らしい。良かった。

研究については自分たちが目指していた所までたどり着くことはできなかったかもしれない。しかし、試行錯誤した日々はこれから必ず役立つと思う。この理数探究を通して培った力をそれぞれがどこかで発揮してくれることを大いに期待している。

付 録

普通科1年「探究」テーマ一覧

1 組	テーマ	5 組	テーマ
1班	吸熱反応を利用して簡易冷蔵庫を作ろう	1班	最強のコンクリートを作ろう
2班	最も涼しいうちの形	2班	膝を曲げる角度と立ち幅跳びの距離の関係性
3班	女性の権利の変遷とアニメーション映画との関連性	3班	太陽光以外の外的要因による遮熱効果のちがいと布の色の関係
4班	線香花火の長持ちのさせ方	4班	液体の粘性と表面張力の関係性
5班	送風効率の良いうちの骨組みの数	5班	トラス構造の角度と耐久力の関係
6班	死刑の犯罪抑止力について	6班	お茶に含まれる極性分子の量と濡れ性の関係
7班	物質の保温性について	7班	冊子がめくれ上がりやすい条件
8班	光の吸収率と紙の燃えやすさの関連性	8班	滋賀県の市町村別犯罪率と平均所得の関係
2 組	テーマ	6 組	テーマ
1班	ダイラタンシー脱出作戦	1班	若者言葉消滅の法則
2班	水の蒸発量について	2班	暗記に適した媒体とその要因
3班	ケシゴムの快適な使い方を考える	3班	シャボン液の温度変化と強度の関係
4班	スポーツの強さと偏差値の関係	4班	体感時間と実際の時間の関係
5班	ダイラタンシー現象が起こる条件	5班	洗剤の種類と衣服についてのケチャップの効果的な落とし方
6班	16personalitierの現状と適切な利用方法の提案	6班	洗顔料の泡立て方と泡の弾力の関係
7班	肌に優しい実用的なチョークをつくろう	7班	「フーフー」したときの水の温度変化
8班	美意識と世界	8班	素材と傾斜による水の流れ方の特徴
3 組	テーマ	7 組	テーマ
1班	耐久性のあるダ・ヴィンチの橋のつくり方 ―即席でも丈夫な橋をつくるには？―	1班	平面上の紙におけるじゃばら折りと耐荷重の関係
2班	流行曲の長さの変遷とその原因	2班	ブーメランの羽根の枚数・長さと、飛距離・滞空時間との関係
3班	渋滞の起きにくい信号の秒数比率	3班	バターパンと床との接触の関係
4班	カラーセロハンの色と厚さによる光の通し方の違い	4班	チョークの折れる条件
5班	ペットボトル保冷に適した素材	5班	自転車のサドルの高さとスピードの関係
6班	水上の物体を動かすための風の最適条件	6班	移動速度による濡れやすさの違い
7班	シャボン玉液の配合及び環境と維持性の関係について	7班	食べ物の加工方法と腐りにくさの関係
8班	ダーツの羽の枚数と飛距離の関係	8班	濡れた教科書を修復する方法
4 組	テーマ	8 組	テーマ
1班	氷の個数と溶け方の関係	1班	強化版ねるねるねるね
2班	鳥取砂丘をモデルとした砂丘の緑化	2班	ペットボトルロケットを遠くに飛ばすには？
3班	容器に入れた液体の温度の移り変わり	3班	素材の形状による衝撃吸収の度合い
4班	水に濡れた紙をきれいに戻す方法	4班	パラシュート構造の最適化について
5班	人の行動を変えるには	5班	聞こえやすい糸電話を作る
6班	アイスの名づけにおいてそれぞれの文字が使用される状況	6班	美しいミルククラウンを作るには
7班	最もふわふわになるかき氷の作り方	7班	ペットボトルフリップの成功率を上げるには？
8班	グライダーの羽の比率と飛行距離の関係	8班	最も崩れにくいレンガの組み方

ダイラタンシー脱出計画

滋賀県立膳所高等学校1年2組1班

畑一芯 伊倉ありさ 森悠葵 日光志穂 藤井映光



要旨

片栗粉の水溶液(ダイラタンシー)に埋まった物体を引き上げるとき、速く動かすほど抵抗が大きくなっていくが、固体化には上限がある。

動機・目的・仮説

・湿った砂浜に行ったとき、足を砂浜の中に入ると、中々抜けなかったで、その理由を調べた。その結果、「ダイラタンシー現象」が関わっていたので興味を持った。急に引っ張ろうとすると液体は固体のようになり抵抗が強くなったので、引っ張る重さと抵抗の関係に興味を持った。

・ダイラタンシーは、片栗粉と水を混ぜることによって作ることができるが分かっている。しかし、どんな比率で混ぜればよいかは分からなかったで、事前調査としてダイラタンシーの適した作り方を実験によって確かめた。

・球体を引き上げる重さと球体にかかる抵抗に何かしらの関係があると仮説を立て、自分たちで作ったダイラタンシーの液体の中に球体を沈め、球体を引き上げる重さと球体にかかる抵抗の関係を求めることが本研究の目的である。

研究方法

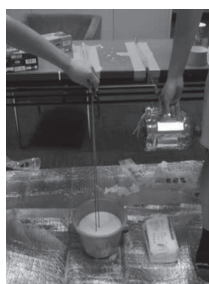
○以下の条件で実験を行う
(用意したもの)

- ・水：片栗粉=3：4※
- ・容器(バケツ)
- ・球体(300g)
- ・紐(計算には考慮しない)
- ・定滑車とおもり

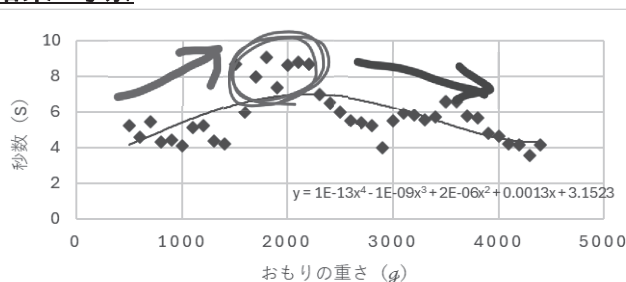
(500g～4000gの範囲で100gずつ変化)

○容器の底についた球体を紐で引っ張り、完全に物体が水面から離れるまでのタイムを計測する。

※できるだけ“液体かつ固体”の状態をつくりたいので、水：片栗粉の比を①1：1 ②3：4 ③2：3 ④1：2の4パターンを事前調査として調べたところ、②が一番“液体かつ固体”の状態に近かったため、その液体を採用した。



結果・考察



引き上げるおもりの重さと秒数の関係

・500g～2000gの範囲ではおもりを大きくすればするほど秒数が長くなったため、抵抗の大きさが大きくなったと考えられる。すなわち、球を引き上げる速さが速くなるほどダイラタンシーの固体化がより強くなる。しかし、その固体化には上限があり、2000g～はその固体化におもりの重さが勝って、少しずつではあるが段々と秒数が短くなったのではないかと考える。ただし、流体を扱っているので誤差は大きく、摩擦も大きいので正確性は欠けていたかもしれないというのが今回の反省点だ。

現段階での結論

- ・おもりの質量が大きくなるほどダイラタンシーによる抵抗は大きくなるが、その抵抗の大きさ(固体化)には上限がある。
- ・おもりの重さが重くなるほど球体にかかる抵抗は大きくなる。

今後の取り組み予定

- ・データ量を増やす
- ・力との関係を調べたいため速度変化を調べる
- ・水と片栗粉の割合との関係を調べる
- ・流体中の力の向きや作用点を調べる

人の行動を変えるには

滋賀県立膳所高等学校1年4組5班

美柑磨秀 林夏蓮 中村仁奈 久芳有燈人 松崎ひより



要旨

仕掛け学を用いて、トイレのスリッパをきれいに並べてもらう実験を行った。結果として仕掛けなし、足形、ポスター、漢字の組み合わせのうち足形のときが最もきれいに並んだ。

動機・目的・仮説

トイレのスリッパが乱れていることが気になった。本探究の目的は「仕掛け」があることで、利用者によって並べられたスリッパのきれいさの違いを調べることである。そこで私たちは「仕掛け」によってトイレのスリッパのきれいさが変わると仮説した。

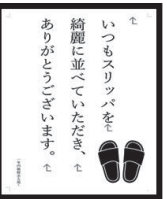
研究方法

- ・実験は四週間で、火曜日から木曜日の三日間の朝8時20分にスリッパをリセットし、昼13時に結果の写真を撮った
- ・四階の二号棟・三号棟の男子トイレ及び女子トイレ合計4箇所を対象とした
- ・初めの一週間に仕掛けのない状態でその後の三週間は仕掛けを設置した

仕掛け① 足形のポスター



仕掛け② 感謝のポスター



仕掛け③ 左右のスリッパを合わせて一つの漢字をつくる仕掛け

例)

頭 → 豆 頁
明 → 日 月
析 → 木 斤
膳 → 月 善
所 → 戸 斤



参考文献

松村真宏, (2023年11月22日)

仕掛け学-人を動かすアイデアの作り方
東洋経済新報社

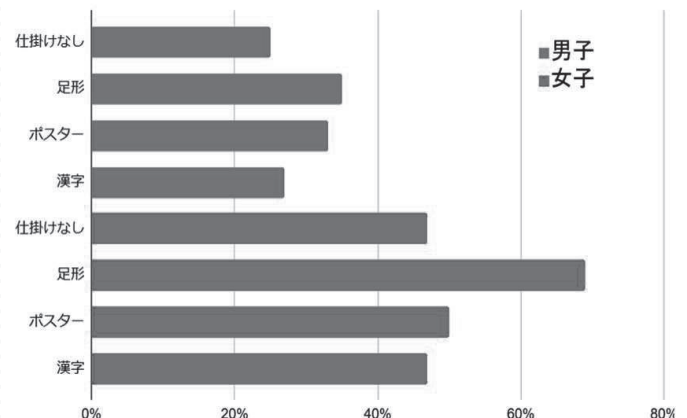
結果・考察

結果の集計方法

- ①スリッパの向きが正面を向いているか
- ②スリッパの左右のかかところが揃っているか
- ③スリッパの左右の側面が揃っているか



- ・①, ②, ③それぞれ1点一足につき合計3点でスリッパの数×3点が最高点数となる
- ・そのうち何点取れたか集計し、%で表す



グラフ1 スリッパのきれいさ

- ・仕掛けを設置すると、仕掛けなし以上にきれいに並べられていた
- 並べようという意識が生み出されたから
- ・足形のときが最もきれいに並べられていた
- 視覚的に一番わかりやすいから

結論

仕掛け学を使えば人の行動を変えることができる。仕掛けがわかりやすいものであるほど、人に影響を与えることができる。

課題・展望

データの数が少なかったり、実験中に仕掛けが壊れたりしたのでデータの信頼性に欠ける。また、本実験でわかりやすい仕掛けほど効果が高かったため、仕掛けの種類を直感型、思考型、イラスト、文字などに分類して実験を行い、どのような仕掛けが人の行動を変えるのに効果的か、研究を行っていきたい。

2024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
	報酬形式の違いによる作業効率への影響
	人間関係が同調圧力に与える影響について
	シトラスの香水の香りの有無という嗅覚環境の変化と記憶力の関係
	壁の材質による部屋の気温の違いについて
	電球による光と着色水の温度上昇の関係

A 2	テーマ
	高校野球における送りバントの是非、タイブレーク時の有効な戦術
	ホームアドバンテージがフリースローに与える影響
	ウエルシアの商品構成における調剤の割合の変化
	SNS時代の選挙に関する法改正の検討
	「ポピーザパフォーマー」第27話「KNIFE GAME」における狂気の表れ方

A 3	テーマ
	外輪船の車輪の羽の数と推進力の変化について
	物理演算ソフトを用いたくじらぐもの風の検証
	時間的制約の指示が大規模言語モデルの回答に与える影響
	京阪電車（京阪石山～膳所本町）における混雑原因の分析及び圧迫感軽減についての考察
	ジャイロ効果による強風対策

A 4	テーマ
	接着剤の温度と水分量の関係
	ケーキ生地における膨らみと材料比率の関係
	靴の裏の形状と滑りにくさの関係
	現代における尊厳概念の対立とその背景
	卵黄レシチンに着目した乳化によるパスタレシピの改善案

A 5	テーマ
	振動が植物の発芽に与える影響
	文字の色が計算能力に及ぼす影響
	泥水の透明度を高めるために最適な身近な素材
	苔類の抗菌作用について
	音楽のテンポ・ピッチと作業効率の関係

A 6	テーマ
	水による摩擦係数の変化
	力のモーメントと粘着の耐久時間について
	西洋の死刑廃止の動きはどこから始まったのか
	紙ずもうにおける強い力士の形状
	ペットボトルフリップの水の粘度における実験

午後の部

P 1	テーマ
	筋交いの形状による壁の強度について
	揺れと立ち方の関係～電車でふらつかないために～
	超音波センサーを用いた自動運転
	とんとん相撲の倒れにくい足の角度
	アルミ缶の爆縮後における形状と強度について
	土砂災害警戒区域外の危険度と対策

P 2	テーマ
	紙漉きでの人参含有量の比率による紙の強度の違い
	身近な道具を用いてエノコログサから油を採取できるか検証
	廃棄物から作るバイオエタノール
	日当たりと自生する四葉のクローバーの割合の関係
	濾過に用いる砂の採集地と濾過の能力の関係

P 3	テーマ
	プロペラの表面粗度と風量の関係について
	3人でのババ抜きにおける初めにババを持っている人の負けやすさ
	チョコの粉を利用したリサイクルチョコの作成
	ペットボトルロケットにおける羽の枚数と飛距離、軌道の関係
	青果物の摩擦係数 ～バナナは本当に滑りやすいのか～

P 4	テーマ
	乾燥剤の有無と外気温の変化におけるお菓子の湿気度の違い
	加熱による食物の質量の減少
	パンケーキを膨らませる火加減、混ぜる回数、材料
	粘性のある食材とお好み焼きの生地の厚みの関係
	ポップコーンの温度と体積の関係

P 5	テーマ
	和音の種類による警報音の比較
	古今和歌集、新古今和歌集の和歌に詠まれる鳥について
	学校の椅子を動かす際の騒音の対策
	溶質の種類・水の量の変化と周波数の関係
	通学電車の車両ごとの混雑状況と最適車両の考察

P 6	テーマ
	面積の大小の判別を直感と時間をかけた場合の信頼度の関係
	ダイラタント流体のスピードバンプとしての活用
	身近な素材でのペットボトルの保温方法
	スティックのりの乾燥時間と塗り方が接着強度に及ぼす影響
	食物でシャボン玉をつくる
	スマートフォンの使用と睡眠の質の関係

時間的制約の指示が大規模言語モデルの回答に及ぼす影響の分析

Impact of Time Constraints in Prompts on the Performance of Large Language Models

2 年 5 組 23 番 高見 俊介
Takami Shunsuke

要旨

本研究では、大規模言語モデル（LLM）への指示における時間的制約が、回答の精度と長さに与える影響を検証した。多様な日本語タスクを含むデータセットを用いて、3 種類の LLM に様々な時間制限を与えてベンチマークテストを実施し、評価用 LLM によってその応答を評価した。その結果、極端に短い制限は精度を低下させる一方、ある程度の長さの制限はモデルによっては精度を向上させるが、長すぎる制限は一貫した効果がないことが分かった。また、時間制限の効果は、モデル、表現、シード値によって左右されることが示された。したがって、一律に最適な制限時間は存在せず、LLM の性能を最大限に引き出すには、個別の状況に応じた時間的制約の最適化が必要である。

キーワード：大規模言語モデル、時間的制約、プロンプトエンジニアリング

1. 序論

1.1 研究背景

近年、生成 AI は文章作成、質問応答など多岐にわたる分野で活用されている。生成 AI の基盤となる大規模言語モデル（LLM）の回答の質向上は重要な課題であり、LLM の性能を引き出すためのプロンプト設計技術であるプロンプトエンジニアリングが注目を集めている。人間と LLM の違いとして、人間は時間経過を意識し、締め切りに迫られると集中力を高めることがあるが、LLM は時間経過を本質的に理解しない。このような LLM の性質を踏まえ、本研究では、プロンプトに時間制限の指示を加えることで、LLM の回答の精度と長さにどのような影響が生じるかを検証した。

1.2 先行研究と本研究の位置づけ

プロンプトに関する先行研究として、Ziqi Yin らは、LLM への指示の丁寧さがモデルのパフォーマンスに影響を与えることを明らかにした。また、Rick Battle らは、タスクに特化したプロンプトの最適化が LLM の性能向上に有効であることを示した。これらの先行研究に対し、本研究は「時間的制約」という、これまで十分に検討されてこなかった側面に焦点を当てており、この点において新規性を持つ。

1.3 研究目的

本研究の目的は、時間制限の指示が LLM の応答特性に及ぼす影響を検証し、その性能を最大限に引き出すための最適な手法を明らかにすることである。特に、時間制限の有無、時間制限の長さ、表現方法（相対時間と絶対時間）の違いによる影響を調査する。

2. 研究方法

2.1 実験概要

日本語の複雑な指示・タスクを含む Elyza-tasks-100 データセットを使用し、以下に示す 3 つの LLM にベンチマークテストを実施した。

- Llama-3.1-8B-EZO-1.1-it (Llama-EZO)
- Phi-3-mini-128k-instruct (Phi-3)
- Swallow-7b-instruct (Swallow)

各 LLM の回答は、Gemini 1.5 Flash という LLM を用いて 5 段階で自動評価し、平均スコアと平均文字数を算出した。

2.2 実験手順

実験は以下の 3 段階で実施した。

- 実験 1: 「3 秒」、「10 時間」、「午後 2 時まで」、「時間制限なし」の 4 種類の時間制限を設け、基本的な時間制限の影響を調べた。
- 実験 2: 「3 秒」、「1 時間」、「24 時間」、「1 日」、「1 週間」、「1 か月」、「1 年」、「時間制限なし」の 8 種類の時間制限を設け、より詳細な時間制限の影響と、「24 時間」と「1 日」という表現の違いによる影響を調べた。
- 実験 3: 実験 2 と同じ時間制限でシード値を 0, 42, 100 と変え、結果の再現性を調べた。

3. 実験結果と考察

3.1 実験 1: 基本的な時間制限の影響とその考察

全ての LLM で、「3 秒」は「10 時間」と比較して文字数を減少させ、Llama-EZO と Phi-3 では精度も低下した。一方、「10 時間」は多くの場合、「時間制限なし」より精度を向上させた。これらの結果から、極端

に短い時間制限は回答を簡略化し精度を低下させる傾向がある一方、十分な時間的猶予は、精度向上につながる場合があると考えられる。また、「午後2時」の影響はモデル間で異なり、Swallow では精度が低下、Phi-3と Llama-EZO では向上した。

3.2 実験2: 詳細な時間制限の影響

「時間制限なし」は、Swallow と Llama-EZO で最高の精度を示したが、Phi-3 では「24 時間」が最高だった。このことから、時間制限の効果はモデルによって異なることが示された。また、「3 秒」では全モデルで文字数が最小となった。そして、「24 時間」と「1 日」では、全モデルで「24 時間」のほうが文字数が多く、LLM が数字の大きさに影響を受ける可能性が示唆された。さらに、長時間の時間制限（1 週間、1 か月、1 年）は、精度向上に寄与しない場合もあることが分かった。

3.3 実験3: シード値による影響

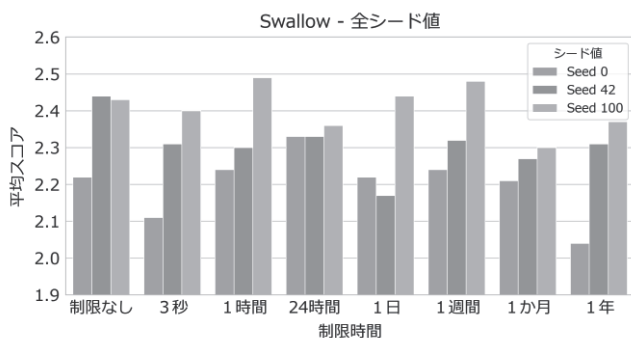


図1: Swallow における制限時間ごとの平均スコア (シード値別)

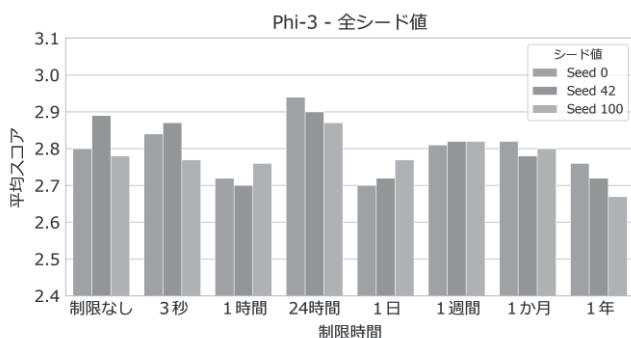


図2: Phi-3 における制限時間ごとの平均スコア (シード値別)

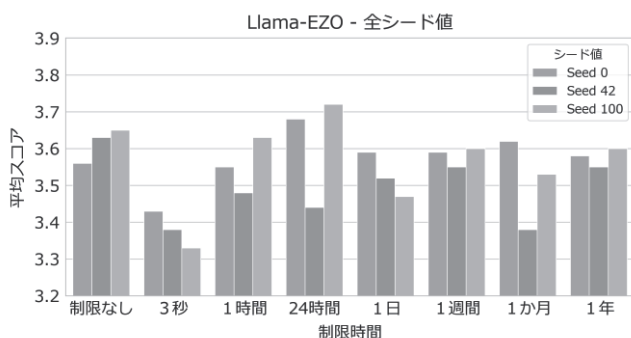


図3: Llama-EZO における制限時間ごとの平均スコア (シード値別)

図1, 図2, 図3に示すように、Llama-EZO, Phi-3, Swallow のいずれにおいても、シード値によって平均スコアの変動が見られ、時間制限の影響はシード値によって異なることが明らかになった。これらの結果から、LLM の応答には確率的な要素が介在し、時間制限の効果は LLM の内部状態に依存する可能性があることが推察される。

4. 総合考察

4.1 実験結果の解釈

実験結果を総合的に考察すると、時間制限は LLM の応答に多面的な影響を与えることが明らかになった。極端に短い時間制限は、LLM に回答を簡略化させ、精度を低下させる傾向にある。一方、ある程度の長さの時間制限は、モデルによっては精度を向上させる可能性がある。しかし、長すぎる時間制限は、必ずしも精度向上につながらない。また、LLM は時間制限の表現における数字の大きさに影響を受ける可能性があり、「24 時間」と「1 日」のような表現の違いが回答の長さに影響を与えることが示唆された。さらに、時間制限の影響は、モデルの種類やシード値によって異なることが明らかになった。このことは、LLM の応答が、モデルの内部構造や学習データ、そして確率的な要素に依存することを示していると考えられる。

4.2 研究の限界と今後の展望

本研究では、使用モデル、タスク、評価指標が限定されている。今後は、より多様なモデル、タスク、評価指標を用いた検証が必要である。

5. 結論

本研究は、LLM への指示における時間的制約が、その応答特性に複雑な影響を与えることを明らかにした。時間的制約は、LLM の性能を引き出すためのプロンプト設計における重要な要素になり得るが、その効果はモデル、表現、シード値に依存するため、一律に最適な時間制限は存在しない。LLM の能力を最大限に活用するためには、これらの要因を考慮し、個別の状況に応じた時間的制約を慎重に設定する必要がある。

参考文献

- Ziqi Yin, et al. "Should We Respect LLMs? A Cross-Lingual Study on the Influence of Prompt Politeness on LLM Performance." arXiv. 2024.
- Rick Battle, Teja Gollapudi. "The Unreasonable Effectiveness of Eccentric Automatic Prompts." arXiv. 2024.
- Hugging Face. "elyza/ELYZA-tasks-100 · Datasets." <https://huggingface.co/datasets/elyza/ELYZA-tasks-100>, (2024-09-15)

アルミ缶の爆縮後における形状と強度について

The Shape and Strength About Aluminum Cans After Implosion

2 年 7 組 6 番 大矢 悠仁
Oya Yuto

要旨

圧力による物体の変形の仕方に興味を持ち、事前に物体に与えたダメージが変形にどう影響するか、アルミ缶を用いて調べた。結果確かに影響を及ぼしていると考えられ、また変形後の形状に 1 つの規則性を発見した。そこで次に形状に着目し、物体の形状が変形にどう影響するか同じくアルミ缶を用いて調べた。その結果、缶の面の数に応じて変形の仕方に差異があることが明らかになった。

キーワード：爆縮 ダメージ 容積変化量 面の数

1. 研究の動機, 目的

ニュースにて、2023 年 6 月頃に、耐久性に疑念のある素材が使用されていたとされるある潜水艇が、爆縮という現象によって圧壊した[1]ことを知り、圧力による物体の変形の仕方に興味を持った。また、簡易的に爆縮を起こすことができる実験として大気圧を用いたアルミ缶つぶしというものを見つけた[2]。この研究の目的は大気圧で変形したアルミ缶の形状を調べ、事前にダメージを与えた時の形状の変化を調べることである。

(補)

爆縮とは、「一般的には、衝撃波による等方的な圧縮をいう」[3]。なお本文では、全方向から圧力により押しつぶされる破壊現象のことを指すとする。

2. 仮説 1

手を加えていない通常の缶はランダムな形状に変形する。事前にダメージを与えた缶はその点を元に変形する。

3. 実験 1

容積が333mlのあるアルミニウム製飲料缶(図 1)に熱湯50mlを注ぎ、湯煎で加熱し缶内部を水蒸気で満たす。そして缶内の水温が95℃になったところで加熱を

やめ、缶の蓋をして密閉する。その後すぐに缶を冷水に浸ける。これにより、缶内部の水蒸気が水に戻ることで内圧が下がり、大気圧によって爆縮が起こる。これを通常の缶と缶側面の上部、中部、底部それぞれにダメージを与えた缶で行い、形状の変化を調べた。また缶にダメージを与える際は、指で 1 カ所を潰した後、生じた凹みは戻して実験を行った。



図 1(ア)：用いたアルミニウム製飲料缶

4. 結果 1

加熱した缶は冷却すると、初めに軽く変形し、しばらくすると急激に大きく変形し、その後また軽く変形が起きた。結果としてどれも同じように、潰した周辺が他より大きく変形した(図 2)。また、実験 2 の後これらの缶の容積変化量を計測すると、通常の缶よりダメージを与えた方が、容積変化量が大きかった(図 3)。



図 2：側面上部を潰した缶の爆縮後(矢印は潰した場所を指す)

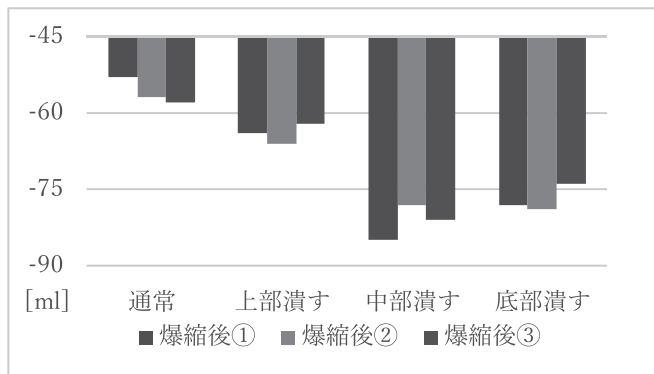


図 3: 爆縮前の容積を基準とした, 爆縮後の缶の容積変化量

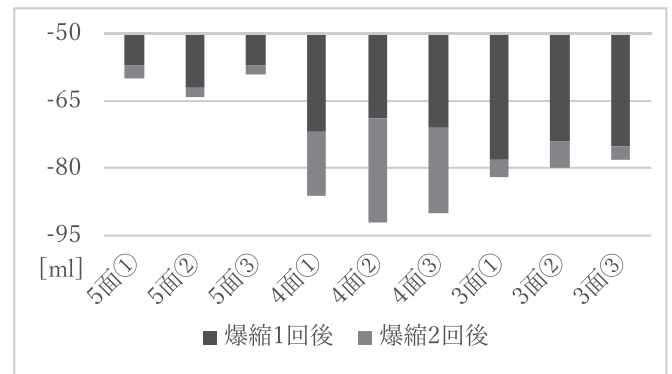


図 4: 爆縮前の容積を基準とした, 爆縮 1 回目, 2 回目後の缶の容積変化量 (記録一部抜粋)

5. 仮説 2

実験 1 後の缶を観察すると, 全ての缶が 5 面を形成するように変形したことに気づいた。そこで, 新たに

5 面を形成するような形状が, この缶が圧力に耐える最適な形状である

という仮説を立て, 次の実験 2 を行った。

6. 実験 2

6. 1 予備実験

実験 2 を行うにあたり, 人為的に 5 面以外の缶をつくるための方法として, 側面数カ所を潰した缶で実験 1 と同様の実験を行った。その結果, 3, 4 カ所を潰した缶ではそれぞれ 3, 4 面の缶が形成された。また 6 カ所以上を潰した缶ではその箇所分の面が形成されなかった。そのため今実験では 3, 4, 5 面の缶の強度を調べることとした。

6. 2 本実験

実験 1 と同じ方法で, 一度爆縮させた缶を再度爆縮させて容積変化量を調べた。但し今実験では缶にダメージを与える際, 定量化のため高さ 80cm から 200g のペットボトルをキャップ側から落とす方法をとった。

7. 結果 2

1 回目, 2 回目の爆縮後の容積変化量は (図 4) の通りである。1 回目の容積変化量に着目すると 3, 4 面の缶が 5 面に比べ, 2 回目に着目すると, 4 面の缶が 3, 5 面と比べ明らかに大きくなった。

8. 考察

実験 1 より通常の缶では, 仮説 1 に反し 5 面を形成するように変形し, 予備実験より事前にダメージを与えた缶は, そこから優先的に変形すると考えられる。このとき実験 1 及び 2 より, 前者より後者の方が容積変化量が大きかったことから, より変形しやすくなっていると考えられる。また, 実験 2 より 3, 5 面の缶は 4 面の缶に比べより大きな圧力に耐えられると考えられる。

9. 課題, 展望

本研究では一種類の缶でさえ十分な量を集めることが難しかったため, かなり条件を絞った実験での結果からの考察にとどまった。そのため, 異なる種類の缶や加熱, 冷却条件による爆縮後の容積, 形状の違いが不明である。ここまで調べきれなかったことが課題であり, 今後の展望とする。

10. 参考文献

- [1] NPR. 2023/06/22. “All 5 passengers aboard Titan sub are dead after a ‘catastrophic implosion’”. 2025/03/02 最終閲覧. <https://www.npr.org/2023/06/22/1183661199/sub-titan-titanic-missing-search>
- [2] 公益財団法人日本科学協会. “アルミ缶つぶしで, 大気圧の大きさを体感しよう!” . 2024/09/28 最終閲覧. <https://proto-ex.com/data/206.html>
- [3] 日本原子力研究開発機構. 2001/03. “爆縮”. 2025/03/02 最終閲覧. https://atomica.jaea.go.jp/dic/detail/dic_detail_598.html

短時間で体を柔らかくする方法



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 1班

東山愛 佐戸綾奈 吉田壮汰

要約

「ラン」や「ジャンプ」など様々な動きの中で最も長座体前屈の記録を伸ばせるものは何か調べた。ラジオ体操が効果的であるとわかったため原因を明らかにする実験を行った。

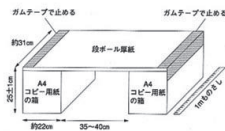
動機・目的・仮説

体が硬く、長座体前屈が苦手な毎年4月に行われる新体力テストで長座体前屈の記録が低く全体の記録の足を引っ張っていた。なので直前に記録を伸ばせる動作や運動がないか考えた。気軽に取り組める「ラン」や「ラジオ体操」、「開脚」などの動作の中で最も記録が伸びる動作は何かを明らかにするために研究を行う。先行研究で太ももの裏のハムストリングスという筋肉の柔軟性が長座体前屈の記録に大きく影響しているということが分かっている。そこで、もも裏の筋肉を多く使う「ラン」という動作が最も記録が伸びるのではないかと仮説を立てた。

研究方法

それぞれの動作を行う前と後での長座体前屈の記録の差によって、効果を比較した。

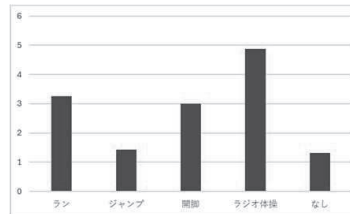
- ①計測装置を作成。
 - ②記録を計測。
 - ③調査項目の中から1つの動作を行う。
 - ④再度記録を計測。
- ※②～④を繰り返す。
- 右図が計測装置の構図である。



- ②の記録と④の記録の差を求め、その平均を出した。

結果・考察

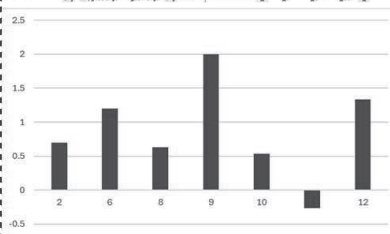
実験 1



「ラン」、「ジャンプ」、「開脚」、「ラジオ体操第1」の4つの種目を行い長座体前屈の前後の記録の差を測る。参考として何も行わなかったときの記録

も測定した。結果は左上のグラフ(縦軸はcm)である。「ラジオ体操」が最も記録が伸びた。そこで、なぜ「ラジオ体操」が最も良い記録が出たのかを疑問に思い、その原因を調べることにした。(実験2)事前に述べたように長座体前屈の記録はハムストリングスの柔軟性に大きく影響されるため、ラジオ体操の13の動きの中からハムストリングスに関わる2番目、6番目、8番目、9番

実験2



目、10番目、11番目、12番目の7つの動作(図参照)で同様に記録を測ることにした。結果は下のグラフのようになった。9番目の「体を斜め下に曲げ胸を反らす運動」が一番記録が良かった。「体を斜め下に曲げる運動」では、ハムストリングスの筋肉を前後方向だけでなく斜め方向も含

めてストレッチしているので、筋肉を広範囲に深層まで伸ばすことができ、記録が伸びたと考えられる。

結論

実験で取り組んだ動きの中ではラジオ体操が最も記録に影響を与えた。またラジオ体操の様々な動きの中で9番目の「体を斜め下に曲げる運動」がハムストリングスに影響を与えていると考えられる。長座体前屈の記録を伸ばすためには、ハムストリングスを斜め方向に伸ばすことが有効であると考えられる。

今後の展望

計測回数を増やし、実験の正確性を高める。今回実験した動作以外の動作でも計測し、さらに効果が高い動作がないか調査する。動作後に記録が落ちたことがあったので、その原因を追究する。

参考文献

- ・一瞬で!?びっくりするほど前屈が柔らかくなるストレッチ方法を教えます Motion Base
<https://motion-base.jp/book/training/stretch/bend-forward/>
- ・新体力テスト 一有意義な活用のために(2001年3月発行) 文部省
https://www.health-net.or.jp/tairyoku_up/sub/t4_02/05.html
- ・図解ーラジオ体操ーNHK
<https://www.nhk.jp/p/radio-taisou/rs/N9N4P87RLP/>
- ・【ラジオ体操第1の正しいやり方】⑨体を斜め下に曲げ胸を反らす運動【イラスト図解説付き!】筋肉解剖学 わたしが私のお医者さん
<https://mydr123.com/radioone9/>

植物に与える継続的な 外的刺激と発芽、成長の関係



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 2班

班員 高橋 康晟 山中 歩希 辰巳 智矩 廣瀬 叶実

要約

- ・カブ(耐病ひかり)の種(80%で発芽)を三種類の硬さの土壌にそれぞれ植え、その成長を観察する
- ・同種の重力の向きの影響を小さくした場合どのような結果が得られるのか観察する

動機・目的・仮説

植物に外部刺激を与える(クラシック音楽を流すなど)をすると植物の生長に影響を及ぼす事がわかっている。近年、国家によっては農地に適した土地が少なく作物が足りなくなってしまう問題が発生してしまう。そのため新たな農業の方法としていろいろな外的刺激を作物に与えた場合どのような影響があるかを調べようと考えた。今回は継続的なものとして、土の硬さを3段階に変えた場合(①)と重力の向きの影響を小さくした場合(②)に着目した。

① ある程度硬い>やわらかい>かなり硬い、の順によく発芽・生長するという仮説を立てた。

②宇宙で植物を育てると様々な方向に植物は成長するが、発芽の向きに関しての記述は見つからなかった。光の有無を変え、光源ありは光源の方向へ、光源なしは重力とは逆向きの方向に生長する(最終的に茎は上下に蛇行して伸びる)と仮説を立てた。

研究方法

①土の硬さによる生育の差異

プランターを各硬さの土ずつ五鉢3セット(計15鉢)用意する。

(右図は作成途中 上から柔らかい、普通、硬い)

そして下図のような器具を作成し、同じ高さから降下させ、その際の刺さった長さで土の硬さを判断する。38日後の種子の様子を確認した。

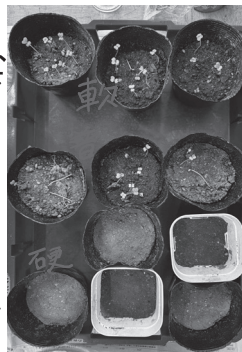


②重力条件をなくす

左下のように下から厚紙、新聞紙、土、新聞紙、厚紙と重ね、厚紙の中心に光が入る、水をやれるように穴を



1日置きに装置をひっくり返す。この時光源は移動させない。それぞれ光を与えない場合においても装置を作り観察する。



結果・考察

①土の硬さによる生育の差異

それぞれの場合において50粒植えた結果、

土の状態	柔らかい	普通	硬い
発芽数	34本	32本	3本
茎の長さ 平均(cm)	3.4	5.671875	0.5

(土の硬さを示す器具の深さは左から3cm、2cm、1cm)ここから発芽のしやすさは土の柔らかさと正の相関関係があることが読み取れ、茎の長さ土の状態では、土はなるべく自然のままの状態であることが成長しやすいと考えられる。

②重力の向きの影響を小さくした場合

それぞれ3粒、2セットずつ植えたところ、右のような結果になったが、どれも地上に芽が出ることはなかった。

光あり	光なし
0本	4本(ave4.53cm)

光の有無に関して考察はできなかったが、全体で見ると重力の向きが変化することで、発芽をする確率は低くなることが考えられる。

結論

植物は現在の環境に合うように進化しているので基本的に継続した外的刺激は植物に良い影響を与えることはない。

今後の展望

今回は継続的な刺激を植物に与えることを中心としたので次回以降は一時的、回数が基準となる刺激を与えた時の反応を調べていきたい。

参考文献

- ・土のひみつー食料・環境・生命
- ・日本土壌肥料学会「土のひみつ」編集グループ【編】
- ・松本 洋介著 新課程二訂版スクエア最新図説(2023)第一学習社
- 植物は無重力でどうなるの 高橋秀幸 2007年
- https://www.jaxa.jp/article/special/kibo/takahashi_j.htm

新しい開閉方法をもつ傘の設計



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 3班

宇野 瑛生 岡田 知怜 西村 幸史郎

要約

従来の傘の問題点を見つけ出し、それを解決するために新たな開閉方法をもつ傘の設計をした。さらに専用のパーツを自作し、現存の傘を基に簡易的なモデルをつくった。

動機・目的・仮説

《従来の傘の問題点》

- ①傘の先の出っ張りが他人の目に入る可能性があり、危険である。
 - ②傘の使用後、水を切るときに周りに水が飛び散ってしまい、人が多いところでは水を切りにくい。
 - ③重心が上の方にあり、持ちにくい。
- これらの問題点を改善すると使いやすい傘になるのではないかと考えた。

①の改善策：傘の先端に専用のパーツをつける。

②の改善策：青色部分にスポンジをつけ、傘を閉じる際に水をふき取る。

③の改善策：持ち手に重りをつけて重心を下にする。※

※重心が手元にくるように傘におもりをつけると、持ちやすく、動かしやすくなり、軽いと感じる被験者が多い。

研究方法

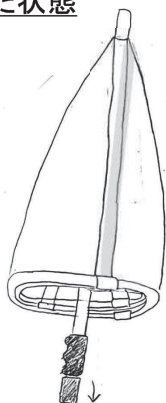
方針：3Dプリンターで自作した専用パーツを、現存の傘に取り付ける。

つくりたい傘のイメージ図

開いた状態



閉じた状態



- ・持ち手を下に引っ張ることで傘が開く。
- ・閉じるときは、持ち手を元に戻すことでビニールを巻き取るように閉じる。

結果

各パーツを設計し、印刷して組み立てた。

今後の展望(と課題)

耐久性など、傘の特性を確かめられていないので実験をしたい。

ふき取り機構をつけられなかったので、つけてみて、どれくらい水をふき取れるのか実験してみたい。

傘の持ち手を重くして持ちやすくするという点について、まだ確かめられていないので、実験して明らかにしたい。

参考文献

[https://www.tad.u-toyama.ac.jp/_wp/wp-content/themes/wp-](https://www.tad.u-toyama.ac.jp/_wp/wp-content/themes/wp-geibun/assets/pdf/geibun11-20/kawahara_geibun11-20.pdf)

[geibun/assets/pdf/geibun11-20/kawahara_geibun11-20.pdf](https://www.tad.u-toyama.ac.jp/_wp/wp-content/themes/wp-geibun/assets/pdf/geibun11-20/kawahara_geibun11-20.pdf)

作成者：富山大学 アクセスした付：2025/3/7

ボールにおける1バウンド後の飛距離の変化



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 4班
今井湧 榎並和哉 久保陽希 釣凜太郎 馬彬清

要約

・ボールにおける1バウンド後の飛距離の変化について、飛距離を調べる実験を行った結果、理想的な条件下では42.5度の時に飛距離が最大になった。

動機・目的・仮説

・私たちは、ボールが1回目に地面に接触してから2回目に地面に接触するまでの距離が最長になるときのボールが発射される角度について、テニスなどのスポーツにおいてボールを打つときの角度に有効活用できるのではないかと考え、そこに興味を持った。そこで、ボールを45度で飛ばしたときに最も求める距離が大きくなるという仮説を立て、どの角度でその長さが最長になるかを明らかにすることが本実験の目的である。

研究方法

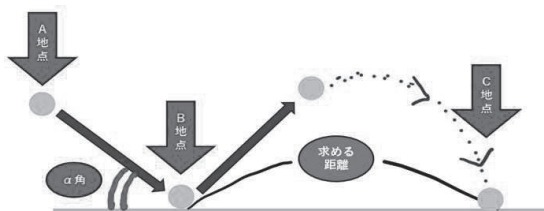
補助実験と本実験を行う。

周囲の環境によって実験条件が変化しない状態での距離の変化を調べるために、物理エンジン(Unity)を用いた補助実験を行った。

以下のように条件を整えて本実験を行った。

- ・発射装置を作成し、電源装置を用いて、ボールをとばす高さやボールをとばす威力を固定した。
- ・ボールは同じ市販のスーパーボールを使用した。
- ・地面の凹凸によるボールのはね方の違いをなくすために机の平らな面でバウンドさせるようにした。
- ・発射装置の角度を変えることで、ボールの発射する角度を変化させた。

また、各角度の実験は15回ずつ行った。



実験方法

- (1)装置のスイッチを入れ、スーパーボールを装置のタイヤの部分にセットしてボールを発射する。
- (2)ボールがある地点(A地点とする)から発射され、1バウンドした点(B地点とする)と、次にバウンドした点(C地点とする)までの距離を記録する。



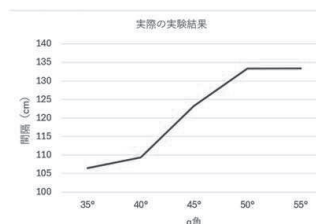
結果・考察

実際に実験を行った際の結果は以下の表1のようになった。

表1の標準誤差

35度	8.39
40度	8.55
45度	5.76
50度	9.58
55度	5.08

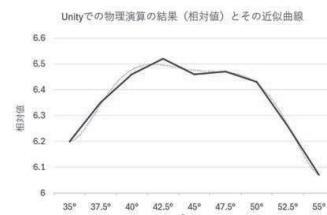
(いずれも小数第三位で四捨五入した)



(表1)

また、Unityで物理演算を行った結果は以下の表2のようになった。

実際の実験ではα角が55度の時、Unityでは42.5度の時に最大となった。



考察

・実際とUnityで結果が異なった (表2)

のは、角度以外の要因があったからだと考えられる。

→スーパーボールの使用による摩擦の微妙な違いや実験の誤差が他の要因として挙げられる。また、実験では、モーターを使って行っているために、少し回転が発生している。そのため、回転量というものも要因として考えられるのではないかな？

結論

理想的な条件下では、α角が42.5度になったときに飛距離が最大になるとわかったが、実際の条件下では物理エンジンを使った時とは異なる結果になった。

今後の展望

今回の実験で調べられた角度が少ないので、さらに細かい角度での飛距離も調べる。また、角度だけでなく、回転数や回転の向きを変えての最も遠くまで飛ぶ条件を調べ、さらに精密な、1バウンド目から2バウンド目の距離が最も長くなる条件を調べる。

参考文献

新星出版社編集部 編 ボールのひみつ 2009年

ピンポン球内の流動体による衝撃吸収



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 6班
石橋可南子 宇治遼太郎 加治佐啓太 藤本夢乃 脇坂凌生

要約

流動体によって衝撃吸収が行われるのかを確かめるために、ピンポン球に粘度の違う液体を入れて落下させ、跳ね返る高さを調べた。その結果、液体が流動することによって衝撃吸収が行われていることがわかった。

動機・目的・仮説

液体の入った物体を落下させると落下時の衝撃が吸収されるということを知り、その現象が起こる原因について興味を持った。

先行研究より、ピンポン球の中に水を入れると跳ねにくくなることがわかっていく。この結果から、ピンポン球内の流動体の動きが衝撃吸収を行っているという仮説を立てた。

先行研究の実験はピンポン球内の水の動きがランダムで予測しづらく、仮説を検証するには不十分であると考えた。そこで球内の水を回転させ、液体の動きを統一して先行研究と同様の実験を行った。

粘度を変えた実験を行い、仮説を検証することが本研究の目的である。

研究方法

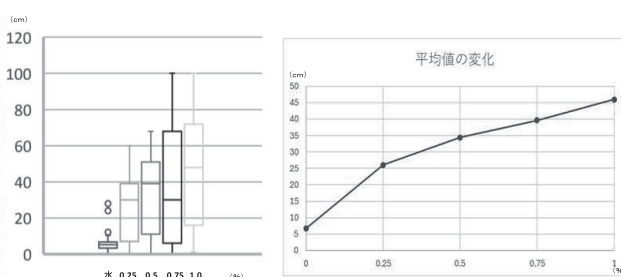
液体の流動が衝撃吸収に関わっていることを確かめるために、以下の実験を行った。

- ピンポン球(直径40mm)の中に粘度を変えた液体を10g入れる。
- ピンポン球を回し、球内の液体を回転させた後、静止させ、床から150cmの高さから自然落下させる。
- ピンポン球が1回跳ねたときの最高地点の高さを調べる。
- 以上の操作をそれぞれ50回ずつ行う。

(右は実際の装置の様子)



結果



左の図は各粘度における値の分散を、右のグラフが各粘度における平均値の変化を示したものである。

考察・結論

グラフより液体の粘度が大きいものほどピンポン球が高く跳ねていて、衝撃吸収が行われていないといえる。

このことより、液体の流動によって衝撃吸収が行われているとわかった。

しかし、その原理についてはまだわからない。

今後の展望

- ◇データにばらつきが大きいので、正確な値が求められるよう装置と試行回数を改善する。
- ◇粘度の違うデータをさらに取り、粘度と衝撃吸収の関係を細かく調べる。
- ◇球内の液体の動きを調べ、衝撃吸収の仕組みを解明する。

参考文献

- ・2020年度彦根東高校物理A班課題研究「ピンポン球内の液体の動きを用いた衝撃吸収の方法について」

<http://www.hikonehg-h.shiga-ec.ed.jp/blog/wp-content/uploads/2021/02/2a174ab452d95f3777616ac9154a9b5c.pdf>

音の方向の感知と視覚の関係

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 7班

松本和輝 岸脇稜太 寺田卓



要約

音の方向の感知について、視覚が影響を与えるのかどうか実験した結果、視覚に影響されないことがわかった。

動機・目的・仮説

ある子音を母音とともに発声した音声と、母音はそのままに別の子音と発声した映像を同時に視聴したとき、視覚が聴覚に影響を与え、実際の音声とも映像とも異なる子音が聴こえるという効果(マガーク効果)が存在することが分かっている。

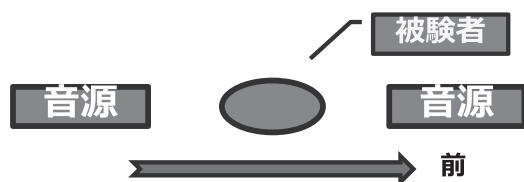
(「が」の音声と「ば」の映像を同時に視聴すると「だ」と聞こえるなど)そこから着想を得て、発音だけでなく音の方向を判断することにも視覚情報が関わっているのではないかと疑問を持ったことが実験の動機である。

そこで、音の方向の感じ方は視覚情報に左右されるという仮説を立て、それを証明することを本研究の目的とした。

研究方法

音の方向感知が視覚情報に影響を受けているのかどうかを明らかにするため、以下の実験を行った。

被験者の前後に音源を設置し、視界を遮った状態と目を開けた状態で前後の片方でランダムに音を鳴らし、どちらが鳴ったのかを答えさせた。この実験を三人の被験者でそれぞれ十回ずつ行い、正答率を測った。



結果・考察

正→答	視覚あり	視覚なし
前→前	約23%	約27%
前→後	約27%	約23%
後→後	約47%	40%
後→前	約3%	10%

	視覚あり	視覚なし
正解	70%	約67%
間違い	30%	約33%

視覚情報がある場合とない場合で、正しい方向を答えた割合と間違っている方向を答えた割合はそれぞれ約3%異なっていた。これは誤差とみなせる。

よって、目を閉じた状態と、目を開けた状態では、音の方向感知能力に目立った差はみられなかったといえる。

結論

以上の結果から、音の方向の感知に関しては、視覚情報は関わっていないと考えた。

今後の展望

時間の関係で十分な人数の被験者で行えなかったのも、もっと人数を増やして実験する必要がある。

参考文献

What is the McGurk Effect? Kaisa Tiippana, 2014/7/10公開, 2025/03/09閲覧
<https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2014.00725/full>

夕焼けの仕組みについての考察



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 8班

遠藤 奏翔 惣司 敦己 西尾 ゆん 四ツ井 明璃

要約

夕焼けの色の日毎の変化がどのような要因によって起こるのかコロイド溶液と光源を用いてモデル実験を行った結果、空気質の違いと光源の角度の違いが要因となって夕焼けの色に変化が起これることがわかった。

動機・目的・仮説

・「夕焼け」には様々な色（ピンク、オレンジ等）があることは分かっているが日によって色に変化する要因が何であるかはまだ分かっていない。

- ・そこで、
 - 空気中にあるPM2.5や花粉、黄砂など（=空気質）が関連しているのではないか。
 - 太陽、光の当たる角度によって色が異なるのではないか。

という仮説を立て、夕焼けの色との関連を明らかにすることがこの研究の目的である。

研究方法

・水に石鹼を溶かしたコロイド溶液で空気と空気質を再現し、透明度の高いプラスチックケース（以下「容器」）に溶液を注ぎ、様々な条件で光を当てて、夕焼けのモデルをつくる。条件の変化によって色にどのような変化が起こるのか調べる。

・色の比較は、カメラで撮影した写真を用い、夕焼けの色の平均をカラーコード(16進法6桁)で表記する。

・実験には以下の4種の石鹼を用いた化粧石鹼カウブランド青箱（以下「牛乳」）花王石鹼White（以下「花王」）純植物性シャボン玉浴用（以下「シャボン玉」）くらしモア素肌にやさしい石鹼（以下「やさしい」）

・溶液は、水1000mlに各石鹼5mlをお茶パックに入れて溶かした溶液を使用する。

・また、光を当てる角度、当てる光の広さ、容器を重ねる数を以下のように変えて研究を行った。

光を当てる角度：0度・30度・45度

当てる光の広さ：狭い・広い

容器を重ねる数：1段・2段・3段

結果・考察・結論

	牛乳	花王	シャボン玉	優しい
1段0度狭い				
1段30度狭い				
1段45度狭い				
1段0度広い				
1段30度広い				
1段45度広い				
2段0度狭い				
2段30度狭い				
2段45度狭い				
2段0度広い				
2段30度広い				
2段45度広い				
3段0度狭い				
3段30度狭い				
3段45度狭い				
3段0度広い				
3段30度広い				
3段45度広い				

・条件を変えると色の変化が見られた。光からの距離が遠ざかり、角度がつくと赤みが強くなる傾向にある。いずれも光が遠ざかると、彩度が落ちる。

・実際の夕焼けでも太陽と見る人の距離が遠ざかると彩度が落ちる。図で上から下へと色が暗くなるというパターンは実際に日が落ちる様子に最も近い。

・石鹼の種類によって色の傾向が異なったことから、夕焼けの色には空気質が関連しているということが分かった。しかし、ピンク色を示す光の条件についてはまだわかっていない。

今後の展望

・他の物質を溶かしたコロイド溶液を使用することでも、空気質の違いによる色の変化を調べたい。

・光源を45度以上の角度にして光を当てた時の色の変化を調べたい。

・石鹼の具体的な成分を調べ、色の判定方法を確立したい。

参考文献

・2020年公開、「【知ってそうで知らない科学の話】夕焼けが起きるメカニズムとは?」、最終アクセス日2025年3月10日
https://hitokageblog.com/sunsetred_science/

・福田シヅコ、2021年公開、「空が青い理由・夕焼け空が赤い理由をわかりやすく解説!しくみがわかる光の散乱実験も」、最終アクセス日2025年3月10日

<https://oyako-heya.jp/articles/715#空の色は太陽の光と関係がある>

小笠原諒 西村吉生 山本哲平

AI翻訳の不可逆性

滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 10班



伊藤 慧信 杉本 健悟 船寄 雅美

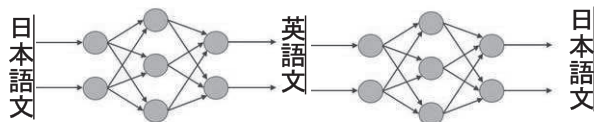
要約 AI翻訳を用いて日本語→英語→日本語という順番で翻訳する。入力した元の文章と逆翻訳により出力された文章の差異を調べたところ、語数や常体、敬体などの文体がその差異の大きさに関係していることが分かった。これは、日本語から英語に翻訳する際に情報の欠落が生じていることに起因する。

動機・目的・仮説

日本語から英語に機械翻訳した文章を再度日本語に機械翻訳しなおすとき、元の文とは違う文章が出力されることがある。私たちは、このような機械翻訳の不可逆性に着目し、その原因や法則性について興味を持った。本研究では、元の文のニュアンスや単語数・文法構造が、元の文と逆翻訳された文の差異に影響を与えると仮説し、データ分析を行った。

前提知識：機械翻訳の仕組み

翻訳技術が生まれて間もない頃は、文章を単語ごとに分割し、文法規則に沿って翻訳を行うルールベース機械翻訳が行われていた。しかし、現在では殆どの機械翻訳において、対訳辞書が不要である統計的機械翻訳やニューラル翻訳が用いられている。今回実験に使用したニューラル翻訳は、膨大な量のデータをAIに学習させることで、人工知能が翻訳を行う仕組みである。



研究方法

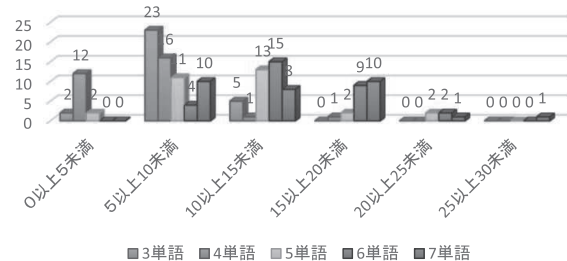
生成AIを用いて生成した日本語文を生成文と呼ぶ。英語から日本語へ逆翻訳した文を出力文と定義する。(AIへの指示文とともに)生成文を変えたときの、レーベンシュタイン距離と類似度(ゲシュタルトパターンマッチング)の変化を調べる。

※ゲシュタルトパターンマッチングによる
類似度 = $2 * \text{一致した文字数} / (\text{生成文の長さ} + \text{出力の長さ})$

結果

単語数が多いほどレーベンシュタイン距離が大きくなる傾向があったので、その分に応じて情報が欠落していると考えられる。生物主語の場合は、常体→敬体への著しい割合での変化が見られたので、日本語→英語で翻訳する段階で常体の情報を担保できず、逆翻訳時に情報が復活しなかったと考えられる。(実際にそのような様子が見られた)

単語数とレーベンシュタイン距離の関係



	類似度	異なる文体に変化した文章の割合(%)
生物主語・常体	0.67	100
生物主語・敬体	0.92	0
無生物主語・常体	0.87	17
無生物主語・敬体	0.85	44

今後の展望(と課題)

・今回は機械翻訳の不可逆性に着目して実験を行ったが、もう少し簡単なAIモデルを用いて、ニューラルネットワークを介した情報の欠落についてその原因や対策を探ってみたい。

参考文献

- ・「Smart Cat - What is machine translation and why do you need it?」
<https://www.smartcat.com/blog/what-is-machine-translation/> 2025年3月2日閲覧
- ・「文字列や単語の類似度を測る6つの手法」
<https://zenn.dev/kaeru39/articles/3066c0aee27c41> 2025年3月1日閲覧

信号の点灯時間の変化と 渋滞の緩和



滋賀県立膳所高等学校 1年 9組 11班

原田直太朗 三宅優輝 屋鋪柚季

要約

ある交差点において信号の時間を変えて渋滞の様子を調べた結果、より渋滞しにくい時間を見つけることができた。

動機・目的・仮説

学校の近くの交差点がよく渋滞していることに興味を持った。

そこで、信号の点灯時間を変化させることによって渋滞を緩和することができるのではないかという仮説を立てた。本研究の目的はよりよい点灯時間を求めることである。

研究方法

実際に調査した信号の時間と車の量を基にプログラムを作りシミュレーションした。

実際の時間の1/100で行った。

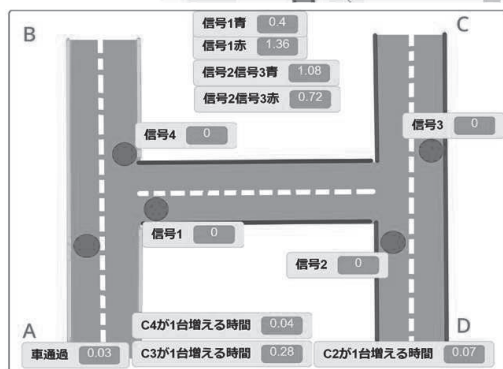
結果をわかりやすくするために交通量が多い状態を想定して行った。

信号1の青の時間を0.3~0.9秒の0.1秒刻みで設定し、それぞれ60秒、180秒、300秒間動かし、信号3の台数を記録した。また、道路ABは国道であり、交通量が多いため、10台以上が並ぶ状況は避けるようにする。

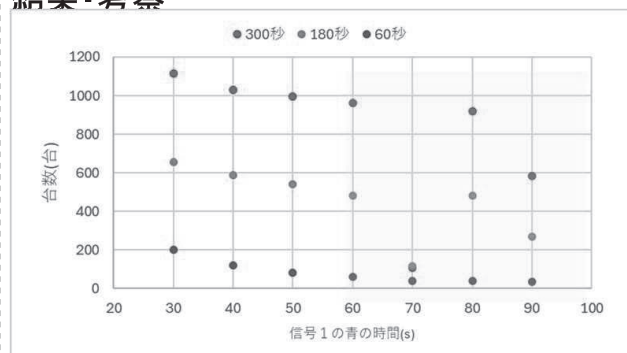
信号3の台数が少ないほど渋滞は緩和したと考える。



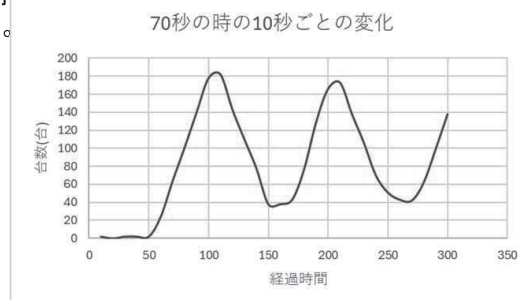
実際の道路の地図 ▶



結果・考察



信号1の青の時間を長くするにつれて信号3の台数が減少することが分かった。また、どの実験のときも、信号1の青の時間が70秒のときに、台数が著しく減少する傾向が分かった。



信号1の青の時間を70秒にしたとき、周期的に台数が増減することが分かった。

結論としては、信号1の青の時間を50秒付近に設定することで、渋滞を緩和させることができるとわかった。一方、信号1の青の時間を70秒にしたときに、なぜ著しく値が減少してしまうのか、なぜ周期的に台数が増減するのかについては明らかになっていない。

今後の展望と課題

プログラムの精度の向上と70秒の時のみ増減した理由の解明が課題だ。

今後の展望はより細かい点灯時間における適した値を求めることである。

参考文献

「シミュレーションで交通渋滞を考える」 村田宏暁

https://nwuss.nara-wu.ac.jp/media/sites/11/sssh10_09.pdf
(最終閲覧日 2025/03/07)

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）

〇〇について、△△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

- ・〇〇について、△△の点で興味を持った。
- ・△△であることは既にわかっているが、▼▼であるかはまだわかっていない。
- ・そこで、◇◇という仮説を立て、▼▼であることを明らかにすることが本研究の目的である。
(研究に取り組むきっかけや着眼点・背景等について記述する。)
- ・研究したことすべてを記述する必要はない。本研究で一番言いたいことが伝わる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何か。(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、何をやろうとしているのか。

研究方法

- ・以下の□□の条件で実験・調査を行った。
(自分たちが立てた仮説の内容を検証する方法を記述する。)
- ・本研究で何を明らかにしたいかを示す問いをリサーチクエスションという。
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。
- ・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・生命倫理をふまえているか
(研究方法では明らかにならない、研究の限界点も記述する必要はないが考えておくこと)

例

- ・どのようにして実験・調査するのかを明瞭に記述する。
- ・実験では比較する条件を明らかにする。
- ・測定(調べた)対象や内容等を具体的に記述する。

結果・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。(何が言いたいかを明確にする。)
- ※事実と解釈を明確に区別して記述する。
(得られた結果(事実)を記述する。
その結果から考えられることを記述する。)
- ・複数の結果がある場合は、まずそれぞれについて考察し、最後にまとめて再度考察をする。
- ・自分たちが実験・調査した内容を順番どおりに記述するのではなく、研究のストーリーがわかるように配列し直して、論理的に記述する。
- ・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表示する。
$$\text{標準誤差} = \frac{(\text{標準偏差})}{\sqrt{(\text{測定回数})}}$$
- ・有効数字に注意、単位の表示を必ず行う。
- ・キャプション 図は下 表は上 に記載する。
- ・印刷が黒一色で印刷することも考えて、色の濃度や線の種類を工夫して表現する。

結論(結果・考察の欄に含めてもよい)

- ・〇〇について、◇◇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〇〇を明らかにしていく。◇◇のような課題がある。

参考文献

- ・研究の参考にした文献
著者, (出版年), タイトル, 出版社 の順に記述
- ・研究の参考にした電子情報
作成者, 公開年, タイトル, アクセスした日付, URL
- ※Wikipediaなどの著者不明の情報は不可

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も、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ないと考えている。
	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、やり過ぎてしまう。
	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。

科学的探究に関する標準ルーブリックと指導方略

観点(上段)→ 本質的な問い (下段)→ 基準(上段) 微候(下段)↓	課題の設定		調査計画の立案と実施	情報収集と情報の評価	結果からの考察
	研究の意義づけ	課題の具体化			
	研究の意義とはなにか?	よい研究課題とはなにか?	よい調査計画とはなにか?	情報をどう解釈できるだろうか?	どうすれば妥当な考察ができるだろうか?
	子どもたちの到達点を判断する主な評価資料: 実験ノート(振り返りノート)・ポートフォリオ・検討会でのやりとり・行動観察・論文・ポスター 等				
5 基準 課題研究の質が特別 優れているレベル	自分の研究課題の学術的 価値や社会的価値、既存の 前提を問う問いを設定し ている	妥当な評価が可能な目標や、環 境的な制約の中で実行可能で 検証可能な問いや仮説を立て ている	実践から教訓を引き出し、必要 な情報や手続きを身につけて、次 の計画に活かせる	情報(実験・観測データ等)を目 的に応じて適切に評価をした上 で、考察に向けた示唆を与える 形で解釈している	得られた結論から、より 発展的な課題を見いだ 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 評価可能や目標や検証可能な 仮説が立てられている ○身近な物・実験材料などに注目 し、検証可能な課題を設定した ○先行研究がある場合、それらと 比較できるような課題が設定 できている	○現状で知識・技術不足があった ときに、自ら情報を収集し、習得し ようとする ○実施の都度、自分で振り返りを し、目的に応じて、計画を修正す る	○データを緻密に分析し次の研究 への発展または大きな発見の結 論に至っている ○実験の失敗などから修正点を見 だし実験デザインをし直す ○別アプローチで得られた考察の 妥当性を確かめようとしている	○自分が進めてきた探究 の手法や考え方を振り 返し、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 る方法を多角的・多角的に判断し、 計画に取り入れている	情報(実験・観測データ等)を先 行研究や既存の前提(概念枠組 み・パラダイム等)を用いて合理的 に解釈している	論理的な考察ができて おり、得られた結論の妥 当性の評価がなされて いる
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 実験をどのようにてらし 合わせるべきか悩んでい る	○目標や仮説を、曖昧な言葉や単 語を用いずに表現できている ○必要な定義がなされている ○緻密な仮説を立てている ○評価可能な目標や検証可能な 仮説立てている ○数多くの実験をした上でそれ を踏まえた仮説を立てている △環境的な制約等を念頭に問い や仮説を設定することはでき ない	○先行研究や既存の理論を参考に しつつ、調査方法の妥当性を評価 しつつ、選択できている ○課題解決に必要な条件・精度・具 体性を意識した計画が立てられ る ○既存の複数の方法を評価し、自分 の研究に合った方法を選択した ○既に得られている各種データと、 自らの予想に整合性があること を確認している △考察等をふまえて、発展的な研究 に至るプロセスを提案すること ができない	○データの提示と解釈が正確に行 われている ○有効数字、測定・系統誤差の評 価・再現性の検討ができている ○自分が選択した方法や測定法の 精度を意識している △実験と理論式が結びついていな い △[理論式への]代入に終始してい る	○先行研究や既存の理論 との比較の結果、進め てきた探究をふりかえり、 評価(仮説の採択、棄却 や方法の不備等)し、次 の課題を見出している。 ○考察から新たな問題を 解決するための気づき がなされている △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 ることのなかで、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、ということが起 こるか、それを確認するには、何 を数えたり、観察したりすればい いか問う	・先行研究や別領域(周辺領域)で の論文との整合性を求めるよう に指導する	・「考える原因は? 本 当に差があるといえる のか?」と問いかけ、先行 研究の解釈について討 論させる
3 基準 課題研究の質が満足 できるレベル	他者に自分の研究課題の 意義を説明できる	研究の目標を踏まえて、問いや 仮説を設定できている	目的を明確にした計画を立て、見 通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 を理解して探究活動 を行っている	○どのような社会的課題・ 学術的課題を解決しよ うとする研究であるかとい うことが表現されている ○自分自身の研究内容を表 現している ○社会的課題を解決しよ うとしている △考察の方向と研究課題の 方向が一致していない △個々の課題をこなすこと に終止している	○曖昧な語を含んでいるものの、 研究を通じて明らかにした 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 性に気づいていない △どうすれば正確な検証ができる かどうかについていない △立式・パラメータ等の意味を実際 の操作と結びつけて捉えていな い △何をもって期待した結果が得ら れたと評価できるのかわから ない	○実験・観測の条件などによ ってデータの整理ができている ○データから、一定の合理的考察 に結びつけている ○研究における定義について考 えはじめた ○データの見ながら、どこに着目 すべきかを見つけている ○実験方法の記録をとっている ○再現性よく、比較的パラツキの おさえられたデータを得てい る △グラフ化できても解釈に困る	○結果から事実に基づ く論理的思考ができ ている(正しい結果か間違 った結果かは問わない) ○データをしっかりとま とめられた △対照実験で差が出た原 因の特定をすることが できない △先行研究の実験内容 との比較に悩んでいる
指導 方略	・思いつくパラメータを挙げ させ、どこに注目すべ きかを考えさせる ・実験の制御方法などを考 えさせる ・人のやっていないことを 探させる	・対象について知識を得させる ・高校で検証できること(イン フラ、安全面)を考えてみさ せる ・先行研究を調べてみて人の やっていないところをさがす ように指示する	・実際にやる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 ツキの低減が必要と指摘する	・自分のデータの解釈に ついて討論をさせた
2 基準 課題研究の質がやや 改善を要するレベル	自分の研究に漠然とした 意義づけができている	問いを立てることができている	作業としての計画が立てられ、実 施している	入手した情報(実験・観測データ 等)を示している	論理的な考察が不十分 である
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 うアプローチしてよいかわ 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 したらいいかまで絞り切れない	○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 とめができている ○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 めめることができる △信用性のあるデータがない	○結果について考察して いるが、多面的でない ○根拠が不十分である ○結果から読みとれてい ない飛躍した考察がな されている △解釈されたデータを考 察でどう扱うのか分 からない
指導 方略	・生徒を見守る(待つ) ・生徒同士を話し合わせる ことで共通の興味を引き 出す ・研究者の話を聞かせる	・趣味や部活動の話聞く ・子供の頃の疑問を聞く ・どんな疑問でもいいので できるだけ多く書き出さ せる	・実験内容を口頭で説明させ、 教員が不明瞭な点を質問する ・「先行研究を調べてみよう。そ れを読み進めるために必要 な知識も調べよう」と声掛け する ・まずはやってみさせる	・みんな同じ特徴をもっている のか問いつける ・実験道具の使用レベルから の指導(テストのつなぎ方 等)	・なぜ上手くいったのか 問いつける
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 △何を対象として良いかわ からない	○実際の行動手順が見えない 抽象的な語を多く含む計画 を立てている ○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？		証明の核はなにか？
	子どもたちの到達点を判断する主な評価資料： (実験) ノート (振り返りノート)・ポートフォリオ・検討会でのやりとり・行動観察・論文・ポスター 等				
5 基準 課題研究の質が特別 優れているレベル	周囲を納得させる研究の 価値 (個人の価値を超えた もの) を説明できる。 見通しがあり、検証できる 絞り込んだ問いを立てら れている。	先行研究を理解し、活用するこ とで新たな知見を生み出し、大 きな発見に繋がった。 (議論が十分になされ、創造 的な発見につながっている。)	発展させた研究内容から新たな知 見を生み出し大きな発見に繋が った。 (議論が十分になされ、創造 的な発見につながっている。)	証明の取組から必要な知識や手 法を自ら発見し、証明に活か せる。	論理的な証明ができており かつ独創的な発想で証 明できている。
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 きている。
↑ 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 あるかを説明させる。	・先行研究と関連した研究があればその研究との比較、新規性について 常に考えさせ議論させる		・新規性のあるアイデアを常に考 えるよう指導する	・先行研究と比較したう えで、証明の独創性 について説明させる。 ・証明した(定理)内容が 他の事柄とどのように 関連し新しい価値を見 出しているか説明させ る ・有識者による査読
4 基準 課題研究の質が十分 に満足できるレベル	他者に研究の価値を説明 できる。見通しのある問い を立てられる。 研究の動機・目的が明確で ある。	先行研究を調べ、その内容を理 解し、自らの研究に発展的に活 かしている。 議論がよくなされている。	自分(たち)で考え研究を進展さ せている。 議論がよくなされている。	目的を明確にした方針を立て、見 通しをもって証明を綺麗にデザ インできる。	論理的な証明ができてい 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	○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 問が立てられている。	○先行研究の内容を理解しこの 内容を正確に活用すること で自らの研究を進展させて いる。 (議論ができており、研究内 容が大きく進展した。)	○先行研究がないことを明らかに し、自分(たち)で考えた研究内 容を分析し発展させている。 議論している。	○証明するために必要な補題や事 柄を、道筋をつけて考えている。	○結論へと至る論理的な 思考がよくなされてい る。 ○(先行研究や既存の理 論との比較がなされて いる。)
↑ 指導 方略	・研究テーマの意義と価値 を説明させる。	・先行研究や別領域(周辺領域)での論文との整合性を求めるよう指導 する ・新規性・有効性・信頼性を意識し研究する中で関連する領域の内容に についても考えるように指示する。		・証明に必要と考えられるすべ 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、 Google Scholar 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、証明方法が不十分のまま取り組 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てさせる ・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。 △何をしてよいかかわから 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行の空行を入れる。節タイトルの前にも空行を入れるが、この節のように章タイトルと節タイトルが連続するときは、

空行は1行のみとする。また、タイトルが段やページの1行目に来るときは、タイトルの前に空行を入れない。

ページの最初に以下の項目を1段組で記載する。

- ・日本語原稿タイトル(14pt, ゴシック系フォント)。
- ・日本語著者名(12pt, 明朝系フォント)。
- ・英語著者名(12pt, Times 系フォント)。
- ・要約(8pt)。ABSTRACT(8pt)。
- ・キーワード(8pt) ただし、1行に収まる個数。

続いて、2段組で本文原稿を記述する。本文の文字の大きさは10ptとする。中央の空白の間隔は8mm程度の段組とする。2ページ目からは最初から段組で行うこと。

3.2 フォント

フォントについては、以下のように定める。

- ・原稿タイトル、章と節のタイトル、図表のキャプションはゴシック系フォント（MS ゴシック、游ゴシック）とする。
- ・英語著者名などの英文字は、Times New Roman または Arial とする。

Times を使った場合は、英文字が太字に強調されて見えることがあるので注意する。

- ・本文を含め、その他は明朝系フォント（MS 明朝、游明朝）を用いる。

4. 章、節タイトルおよび数式番号

章タイトルは12pt、節タイトルは10ptのゴシック系フォントとする。番号は、章番号には1. 2. …の連番を、節番号には1. 1や2. 3などを用いる。原稿の構成上必要であれば、さらに小節を設けても構わない。小節の番号については、2. 3. 1のようにするか、(a)のようにするかは、自由とする。

数式の番号は論文の最初から連番で振り付け、(1)や(2)のように()カッコを用いて、番号付けを行う。

5. 図表

表1: サンプル表

u	y		
	N	Z	P
r	N	N	Z
	Z	P	N
	P	P	P

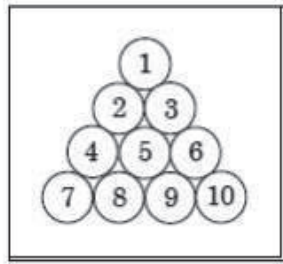


図1: サンプル図

表のキャプションは上に、図やグラフのキャプションは下につける。図表の番号はそれぞれ図と表を別々に連番とする。

キャプションは8ptとし、センタリングする。図表中の文字は本文の文字の大きさよりやや小さめの8pt程度の大きさにすると、バランスがよい。

図表はページの最初や最後に配置するとバランスがよい。段の最後やページの最後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.,Publishiing Co.,2023, pp.111-201
(著者) (書名)(版)(出版社) (発行年)(引用ページ範囲)

* 著者が多数の場合それ以下の著者を省略する場合 et al. と書くことがある。

論文(雑誌)

例1 膳所太郎.「理数科次世代型課題研究への挑戦」2023
(著者) (論文タイトル) (発行年)

例2 Journal of 〇〇,2023, Vol.17, No.11, p.25-50
(雑誌名) (発行年) (巻数, 号数) (論文のページ)

インターネット上の資料

文部科学省. “高等学校学習指導要領(平成30年告示) 開設 理数編 平成30年7月”

(著者) (Web ページの題目)
https://www.mext.go.jp/content/1407073_05_1_2.pdf (参照 2022-07-07)
(入手先) (閲覧日)

新聞

滋賀新聞(2022).「123番目の元素「ゼーニウム」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 6 年度 理数探究論文集

令和 7 年 5 月 1 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



滋賀県立膳所高等学校