

SSH課題研究発表会

SSH選択生徒が今年1年間をかけて行った探究活動の成果を、プレゼンテーション形式で発表しました。府内の高校（大阪府立岸和田高等学校、大阪府立千里高等学校）からも探究班を招待し、10班が発表を行いました。いずれの班にも質問が出され、活気ある発表会となりました。また、運営指導委員からも講評をいただき、充実した発表会となりました。

日時：2018年2月11日（日） 13時30分～16時40分

場所：三国丘高校 多目的ホール

参加者：発表者 SSH2年生 36名

聴講者として1年生文理学科 114名

講評者（SSH運営指導委員）：

喜多 一 教授（京都大学 国際高等教育院）

橋爪 章仁 教授（大阪大学大学院 理学研究科）

片桐 昌直 教授（大阪教育大学 教育学部教育協働学科 教授／科学教育センター長）

古屋 秀隆 准教授（大阪大学大学院 理学研究科）

坪内 誠道 指導主事（大阪府教育センター）

発表テーマ

分野 班	発表テーマ
物理1班	スターリングエンジンの開発
物理2班	Stone Skipping
物理3班	振動による栗石の動きについて
化学1班	化学で芸術！～身近なもので釉薬を作る～
化学2班	溶けにくい氷の追及
生物1班	VS 藻
生物2班	蚊～本当にO型は蚊に刺されやすいのか～
数学1班	ルービックキューブの考察
岸和田高校	有理数でできた三角定規
千里高校	色素増感型太陽電池における有効な色彩の組み合わせ

表彰

最優秀賞 数学1班 ルービックキューブの考察

優秀賞 物理2班 Stone Skipping

山本良一記念奨励賞 物理1班 スターリングエンジンの開発

スターリングエンジンの開発

発表者 休場 小畑 吉田 目崎 箕田

Abstract

The goal of our research is to develop a Stirling Engine which works on a smaller gap of temperature. For the necessary conditions, we designed the engine that actually works and discovered the procedure to calculate our engine's thermal efficiency. Now, we detected the loss from friction is 320 times higher than the output from the engine.

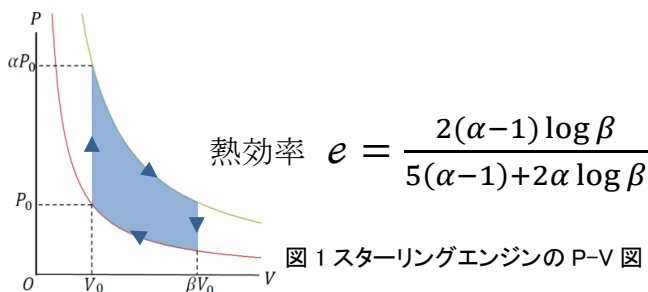
1. 動機・概要

スターリングエンジンと呼ばれる、熱効率が高く、外部からの熱で動くエンジンの存在を知り、興味を持った。温度が低い熱源でも動くこのエンジンを用いて、排熱などの有効活用ができないかと思い、研究を始めた。今回は、実際に実験に使うエンジンを製作し、熱効率の測定法を決定した。

2. 実験の準備

2.1 熱効率の理論値の算出

スターリングエンジンの理想的な圧力変化・体積変化から、熱効率 e を圧力変化率 α と体積変化率 β で表した。



導出した熱効率の式からは圧力変化率 α ・体積変化率 β が大きいほど e は大きくなることがわかった。

2.2 構造

水と湯を熱源に用いて膨張・収縮させ、エンジンを回転させる。

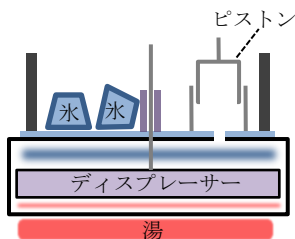


図 2 自作したスターリングエンジン

文献を参考にスターリングエンジンを製作したが、滑らかに動くエンジンを作るには試行錯誤を要した。効率よく改良を行えるよう構造を工夫し、何度も改良を重ね、製作することができた。熱効率を上げるために、ピストンを参考文献に載っていたゴム膜から注射器に変更した。また、ディスプレーサーをより軽いものに変更した。

今回製作したスターリングエンジンの構造では、理論的な熱効率 e は 0.7% であった。

3. 熱効率の測定

＜方法＞ 製作したエンジンを抵抗が既知のモーターにつなぎ、電圧の変化から発電量(V^2T/R)を

測定した。湯が失ったエネルギー($mc\Delta T$)をエンジンが吸収したと考え、吸熱量を算出し、熱効率を求めた。外部に放出される熱量を調べ、実際にエンジンに吸収された熱量から熱効率を算出した。

＜結果と考察＞ 実験の結果、スターリングエンジンは約 1Hz で 30 分間ほど稼働した。測定した熱効率は理論値の 320 分の 1 となった。これは、エンジンの出力が非常に小さく、摩擦による損失の割合が大きくなっているためであると推測される。他にも、空気漏れやシャフトの位相のズレなどが損失となっていると考えられる。

今後は摩擦の影響の大きさを確認し、より詳細にピストン・ディスプレーサーの動きを観察することでより理想的なシャフトの位相を考える。

4. 参考文献

初めてのスターリングエンジン 小林 義行著
スターリングエンジン - その生い立ちと原理 -

兵働 務、米田 裕彦 共著

Stone Skipping

発表者 脇岡 山中 家平 伊藤 角谷

Abstract

In this paper, we investigated the physics behind stone skipping over a water surface (often called “Stone Skipping”). The angle between the object’s surface and the water plane, and the speed at which the object moves were studied. We recorded how the object bounced using a high-speed camera. Using the images, the difference in the bouncing angle and the minimum value of the speed with which the object bounces were examined.

1. 目的

水切りにおける、物体の入射角、水面との角度と跳ね方の関係について検証する。跳ねるために必要な速度を検証する。

2. 実験方法

発射装置を作成し、物体を発射させ、その物体をハイスピードカメラで撮影した。今回の実験では、物体に木材を使用した。

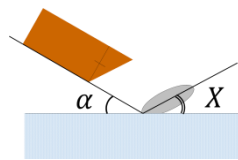


図1 角度について

①角度と跳ね方について

入射角 α は $10^\circ \sim 90^\circ$ の 10° 間隔、水面との角度 X は $10^\circ \sim 50^\circ$ の 5° 間隔で調整を行い、それぞれの組み合わせを変え、跳ねるかどうかを調べた。

②物体が跳ねる速度について

物体の入射速度を変え、物体が跳ねるかどうかを調べた。

3. 実験結果

①-1 物体が跳ねるかの可否

α は、 45° まで跳ね、 50° 以降では跳ねない。

X は、 35° まで跳ね、 40° 以降では跳ねない。

表1 角度と跳ねるかの可否

$X \setminus \alpha$	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90
10			×							
15			○	○	○	×				
20		○	○	○	○	×	×	×	×	×
25		○	○	○	○	×				
30		○	○	○	○	×				
35	○	○	○	○	×					
40	×	×								
45	×									
50	×									

①-2 物体の跳ね方

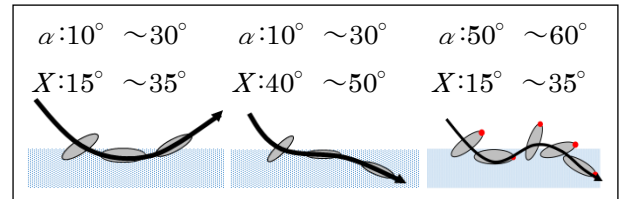


図2 入水後の跳ね方

②跳ねる入射速度の最小値を含む範囲（水平成分）

$(20^\circ, 20^\circ)$ 2.6 ~ 3.0 m/s

$(20^\circ, 30^\circ)$ 3.1 ~ 3.6 m/s

$(30^\circ, 20^\circ)$ 3.2 ~ 3.3 m/s

※ (α, X) を表す

4. 考察

X 、 α ともに値が大きいと、物体が跳ねなくなる。 X について、値が大きいくほど水面と物体の接触部分が端に寄り、前方に回転する勢いが大きくなることで、沈むと考えられる。また、跳ねた直後の物体の姿勢について、 α の値が大きくなると、物体前方が浮き、姿勢が保持されなかった。これらのことから、入水時の物体の姿勢を保持して跳ねさせるためには、 X 、 α の値はともに小さいほうが良いと考えられる。

入射速度の水平成分において、どの角度においても、跳ねるために必要な最小値がほぼ同じ範囲に含まれることから、物体が跳ねる入射速度の水平成分にある一定の最小値が存在する可能性が示唆できる。

5. 今後の計画

1 回目に水面と接触した後の物体の減速具合や角度の変移を調べ、その上でより多い回数を跳ねる角度等を調べていく。

振動による栗石の動きについて

河本 谷口 藤澤 鈴木 野村

Abstract

There are many small stones called *Guriishi*, in the interior of *Ishigaki* and we focused on the hypothesis that the *Guriishi* is the cause of the collapse of *Ishigaki*. We designed our own experimental set-up that sways depending on the applied then the effect of the externally-applied force on the small *Guriishi* stones were examined.

1. 目的

城の石垣の崩壊するメカニズムを究明するための一つのアプローチとして、石垣内部にある栗石が崩壊の要因であるという仮説に着目した。そこで、石垣内部の構造を考慮した自作装置を用い、振動を加えたときに、粒形物質（石）が側面にどのように力を加えるかを調べる。

2. 実験にあたって

2.1 「自作装置」

木の板、木のブロック、アクリル板、ゴム板を用いて石垣内部と似せた構造を制作した。栗石部分からの影響を調べるためそ

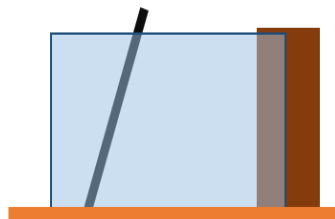


図1 自作装置図

他の部分を簡略化し、ゴム板は力がより強くかかった位置を視覚化するために用いた。

2.2 「平均加速度」

自作装置に振動を加え、携帯アプリ（AccelView）で加速度を測る。グラフ化した波形の極値を出し、その絶対値の平均をとった値とし、実験での振動の強さの指標とする。

3. 方法

自作装置に黒色と白色の石を層状に入れ、装置を手で揺らした。この時、携帯アプリで加速度を測った。この実験を、加速度を変えて4回行った。また、動画を撮り、振動中の石の動きを観察した。装置の下端から1cm毎に高さ H をとり、揺らす前と後でゴム板が移動した距離 L を測定した。

4. 結果

高さ H の15~17cmの位置がどの平均加速度においても、膨らみが最大だった（図2）。

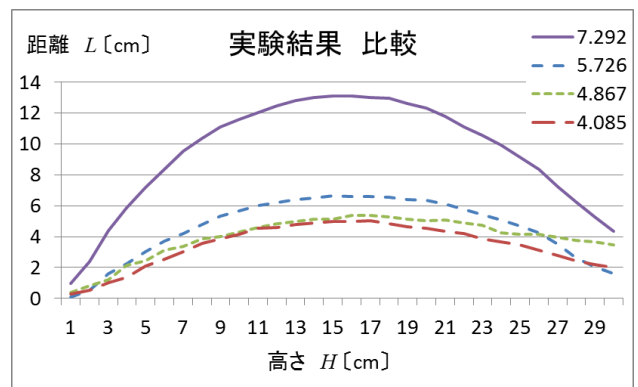


図2 4回の実験結果の比較

5. 考察

最大静止摩擦力は下層にいくほど大きくなり、加速度が小さい振動の場合は上層部分の石のみ動き、加速度を大きくすると、下層の石も動き始めると考えていた。だから、加速度が大きくなるにつれて、膨らみの最大部分が下層に移動するという予想だった。しかし、実験結果および動画の解析から、膨らむ位置が変わっておらず、下層の石は動かなかった。よって、石にはたらいた力が下層の石の最大静止摩擦力を超えていなかったと考えられる。もしくは、今回の実験で与えた力は最大で約80Nの差があったので、下層の石の最大静止摩擦力は超えており、ゴム板の変形のしにくさが原因とも考えられる。

6. 今後の課題

下層の石の最大静止摩擦力を測定し、石にはたらいた力が超えていた場合、下層が膨らみにくかった原因とゴム板との関係を探る。

化学で芸術！～身近なもので釉薬をつくる～

発表者 青木 井上 梅園 北野 横山

Abstract

The possibility of creating glaze (the vitreous substance used to color decorate or waterproof ceramics) from materials available at our high school compound was studied. Different combinations of readily-available materials such as silica gel drying agent, broken glassware.

1. 釉薬とは

陶磁器の表面に付着したガラスの層の事で、釉薬をかけることで装飾性が上がる、強度を上げる、汚れにくくするなどの実用面がある。釉薬は、釉薬を溶かすアルカリ、釉薬をはがれないようにするアルミナ、溶けてガラスになるシリカの 3 種類の酸化物で構成されている。私たちは自分たちで釉薬を作るうえで、水をかけても土に染み込んでいかないこと(防水性があること)土からはがれないこと、以上 2 点を釉薬であるとみなせる条件とした。

2. 身近なもので釉薬を作る

2.1 チョークは材料として使えるのか

陶芸で実際に使われる釉薬の材料の一つとしてシリカを多く含む福島長石があるが、福島長石のみで釉薬をつくるとアルカリ・アルミナ・シリカのモル比がゼーゲル式より 1:1.1:7 となり釉薬を構成する酸化物のモル比を表した図、ゼーゲル式で透明釉となるモル比の範囲に入らないので、チョーク(炭酸カルシウム)をそこに加えることでアルカリ(酸化カルシウム)の割合を増やし、透明釉をめざすことにした。また、福島長石を実験室にあるアルミナ、シリカを使い福島長石を使わずチョークのみをアルカリの成分として、ゼーゲル式のモル比にそって加えれば釉薬ができると仮定し、釉薬を作った。

2.2 チョーク以外にも使えるものはあるのか

シリカゲル乾燥剤から二酸化ケイ素を取り出し長石の代わりに加え、釉薬の材料として使えるのかどうか実験した。また、以下の条件 1, 2 が両方○となったとき釉薬ができたときとみなす。

条件 1 防水性があるか。(○:ある)

条件 2 土からはがれていないか。

(○:はがれず、くっついている)

実験①

実際に陶芸で使われている福島長石には、数種類のアルカリが含まれている。その福島長石に炭酸カルシウムを加えて焼成を行った。

1...福島長石のみ

2...福島長石と CaCO_3

3...福島長石とチョーク (CaCO_3)

	1	2	3
条件 1	○	○	○
条件 2	○	○	○

実験②

福島長石を使わず、アルカリの種類を一種類にした。

A... SiO_2 , CaO , Al_2O_3

B... SiO_2 , CaCO_3 , Al_2O_3

C... SiO_2 , チョーク, Al_2O_3

	A	B	C	D
条件 1	×	×	×	×
条件 2	○	×	○	×

実験③

シリカの割合を大きくして実験②の条件を行った。

	A2	B2	C2
条件 1	×	○	×
条件 2	○	×	○

考察

実験①より釉薬の材料として福島長石が重要な働きをしていることが分かった。福島長石の代わりに SiO_2 を用いて実験②を行ったが、釉薬と呼べるものはできなかった。条件 1 を満たすには SiO_2 が少ないと考え実験③を行ったが納得ができるものではなかったが、条件 1 を満たすものができた。今後、割合を調整し条件 1, 2 を満たすものを作りたい。

溶けにくい氷の追求

発表者 片山 久保 高松 津村 八木

Abstract

We are interested in the nature of hard water and soft water with respect its melting property. As we measured the rate of ice melting, we observed that the rate of melting are different from hard to soft water. Therefore, we focused on making ice packs that contains ice that does not easily melt.

1. 目的

保冷剤のような溶けにくい氷に必要な条件を調べる。また、2つの異なる実験方法で、より正確な条件を見つける。実験自体の正確さも向上させる。

2. 実験方法と結果

【実験 1】0.5mol/L グルコース水溶液、保冷剤から取り出した RO 水、蒸留水のそれぞれ 180g を水熱量計に入れた状態で凍らせ、電熱線に通電し熱量を加えて「溶けにくさ」（ -20°C から融解までに加えた熱量）を測定した。また、非電解質で、融点が水より少し高い物質が理想的であると仮説を立て、その条件に合致する物質の 1 つとして氷酢酸を用いて同じ実験を行った。

《結果》結果を以下に示す（平均値、 $n=5$ ）。

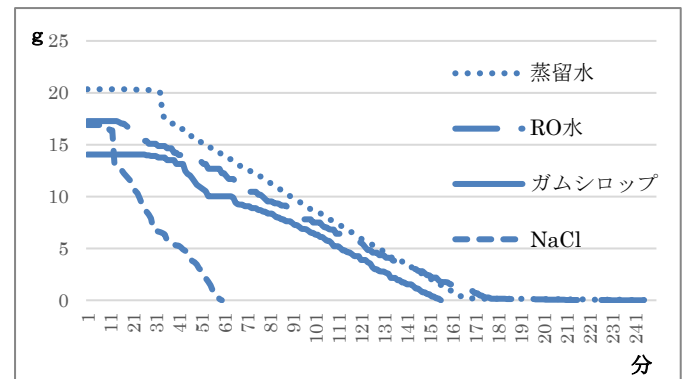
溶液	溶けにくさ(J)
蒸留水	66805.6
RO 水	65212.6
グルコース水溶液(0.5mol/L)	58836.0
氷酢酸 ($n=2$)	34242.4

※蒸留水の理論値は 68297.2J

【実験 2】

《方法》 12°C 前後の室温で 20ml の RO 水、蒸留水、10%NaCl 水溶液、10%グルコース水溶液、10%ガムシロップ溶液の氷を溶かし、溶けた氷の質量を計時的に計測した。

《結果》



各氷が溶けるのにかった時間

3. 考察【実験 1 考察】

蒸留水の溶けにくさの理論値と実験値の誤差が小さく、実験装置の精度は十分だと考えられる。RO 水が蒸留水よりわずかに溶けにくい、差はほとんどないとみなせる。グルコース水溶液が蒸留水、RO 水より溶けにくかったのは、凝固点降下の影響だけでなく、グルコースによって融解熱が小さくなったのではないかと考えた。

【実験 2 考察】ガムシロップには、ほかの溶液と違って粘性があるため、溶け始めるまでの時間が長かったと考えられる。また、ガムシロップの溶ける速さが安定しなかったのは、時間とともに濃度が変化し、凝固点降下が生じたためだと考えられる。

4. 課題、展望

水、酢酸以外で、比熱、融解熱が大きく融点が比較的水に近いという条件を満たす物質や、粘性のあるガムシロップ等でも実験 1 を行いたい。また、ゼラチンを使用し粘性がどこまで溶けにくさに関与しているか実験したい。

VS.藻

発表者 前川若葉 小川麻衣 菊地勇真 馬場悠一朗 松本有希

Abstract

You have the problem that green algae in school pool embarrasses you. When you utilize the school pool in spring or summer, it is dangerous to brush the slippery pool and it takes so long time. You can stop algae growth using chemicals, but are they completely harmless? We consider the use of small amounts of chemical and other safe and easy ways to remove algae.

1. 動機

春から夏にかけて、学校のプールを使うようになると、まず、藻の除去を必ず行う必要があり大変である。そこで、出来るだけ簡単に、また安全に藻を予防、除去したいと思った。

2. 実験1 どのような条件下で藻が発生しやすいか

方法 光、周りの植物、風の量が異なる場所に、種類の異なる溶液〔蒸留水、雨水、養分(ハイポネックス)入りの蒸留水〕をそれぞれの場所に設置した。

結果 光があたる場所の雨水と養分入りの蒸留水にのみ藻が発生した。

考察 藻の発生には何らかの養分が必要

3. 実験2 NaClO 濃度と水温の藻の発生への影響

方法 水温の異なる日当たりのよい2か所〔生物室、屋外〕にNaClOの濃度が異なる5種類の溶液を設置。また、実験1により、養分が必要なが分かったので、NaClOの濃度が異なるそれぞれに、実験1で使用した養分を入れ、2週間観察した。水温は屋外、生物室それぞれ平均30℃、34℃だった。

結果 NaClOの濃度が高いほど、発生速度が遅かった。また、同じNaClO濃度でも外に設置したものの方が藻の発生速度が速かった。

考察 NaClO濃度が高く水温が低い方が、藻が発生しにくい。

4. 実験3 カバーによる藻の発生の抑制〈1〉

方法 プールと同じ条件にした容器に、5種類のカバー〔黒いビニールシート、白いビニールシート、黒い布、荒いシート、無色のプラスチックのファイル〕を被せたものと何も被せないものを用意し、10月下旬から約1か月間、藻の発生を調べた。(図1)

結果 図1

カバーの種類	発生の有無
黒いビニールシート	×
白いビニールシート	○
黒い布	○
茶色の荒いシート	×
無色のプラスチックファイル	○
カバーなし	○

考察 黒いビニールシートと荒いシートを被せた容器に藻の発生が見られなかったのは、日光の遮断によって水温の上昇が少なかったからだと思う。

5. 実験4 カバーによる藻の抑制〈2〉

方法 プールと同じ条件にした容器に黒いビニールシート、荒いシートを被せたもの何も被せていないものを用意し、12月初旬から約3週間、どちらの方が藻の抑制により効果があるのかを調べた。(図2)

結果 図2

シートの種類	発生の有無
黒いビニールシート	○
茶色の荒いシート	○
カバーなし	×

考察 実験3と結果が異なっているのは、実験時期が異なっているせいであり、「カバーなし」のみで発生が見られたのは、水温が低すぎるためで、シートを被せたことにより、容器内の温度が高くなり水温がより高くなったからだと考えられる。

6. まとめ

藻の発生予防には、夏にはカバーを被せ、冬にはカバーを被せず水温を上げないようにするのがよい。

蚊～本当にO型は刺されやすいのか～

発表者 赤井美咲 奥村晴 川上実衣菜 杉山友美

Abstract

There is a popular belief that different blood type affects frequencies of mosquito bites. We wonder if that is true or not. We decided to breed mosquitoes and study about them. We experimented with *Culex pipiens pallens*. As a result, we cannot find relationship between frequencies of mosquito bites and blood types.

1. 動機・目的

「血液型と蚊の刺されやすさに本当に関係があるのか」、「人によって刺されやすさが違うのはなぜなのか」が気になった。そして、何が刺されやすさに影響を及ぼしているのかを明確にしようと考えた。

2. 実験

【実験Ⅰ】

血液型別に集めた靴下を手にはめて、一定時間に蚊が何匹とまるかを測定した。

＜結果＞実験するごとに数が減っていく、などの問題があり有効なデータが得られなかった。

→蚊が靴下のニオイに慣れてしまったのではないかと
→間隔をあまり空けずに実験を行ったため、蚊が疲れてしまったのではないかと



【予備実験ⅰ】実験箱内部の環境について

＜方法＞

メスのアカイエカ 20 匹を入れた透明な箱(20×20×30(cm))に、ある特定人物が一定時間履いた白い靴下を入れ、3分で靴下にとまる数を測定する。

※以後、この作業を「作業1」とする

作業1を15分間隔で、換気を(する/しない)箱に分けて6回行う

＜結果＞換気する箱もしない箱も靴下に止まる蚊の数は徐々に減少し、その二つに大きな差は見られなかった。

→蚊の誘引において実験箱に充満したニオイはあまり影響を与えない

→15分間隔では、何回も実験を行うと疲れてしまう

【予備実験ⅱ】蚊の疲労について

＜方法＞作業1を15分間隔と30分間隔に分けてそれぞれ3回行う

＜結果＞15分間隔の場合は、3回目で蚊が靴下に止まる数が減少した→2回連続までが限界

30分間隔の場合は、3回以上連続させることができない



【実験Ⅱ】

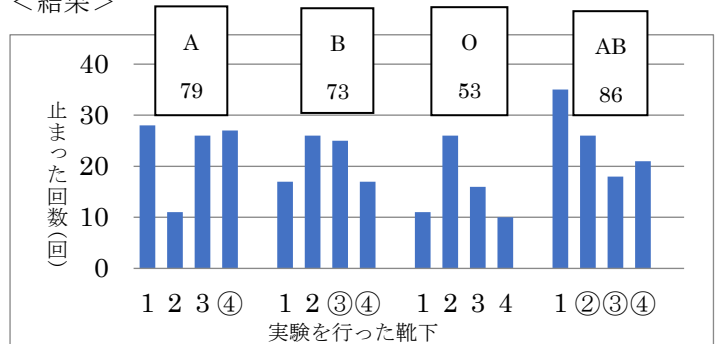
＜方法＞作業1を各血液型4人ずつで行う

間隔を15分→実験→15分→実験→30分…とする

※時間の都合上、2日間に分けて行った

＜仮説＞血液型で差が見られる(特にO型が多い)

＜結果＞



※血液型下の数値は蚊が止まった回数の平均値

※○印は2日目に行ったもの

※2日目の平均値が1日目の平均値を大きく上回った

たので、2日目の各数値× $\frac{1日目の平均}{2日目の平均}$ と調整した

・O型が全体的に少ない

→蚊の誘引において、O型の人突出して刺されやすいということはない

・個人によって数が大きく異なる

→血液型以外に刺されやすさに大きな影響を与える条件がある

3. 今後の課題

実験をする環境の小さな違いや、同じ個体でもその日の蚊の状態によって、靴下に対する興味の示し方が大きく異なったため、実験の条件をより統一させるための対策が必要である

ルービクキューブの考察

発表者 西村 海渡、 松富 太壱

Abstract

Rubik's Cube is a three-dimensional puzzle in the shape of a cube. We consider its solution from two mathematically different points of view: (1) the relationship between its part's arrangement and the number of times necessary to rotate it, and (2) Group Theory. Group Theory is one of the mathematics of the field. We also consider Toho university's paper about the research of the Rubik's Cube by Group Theory. By this consideration, our research results have been proved to be correct.

1. 全配置の計算

全配置は、一度ルービクキューブを分解してもう一度組み直す時に何パターン of の組み方があるのかを、パーツごとに考える。パーツは、センターキューブ、コーナーキューブ、エッジキューブの3つがある。

- センターキューブ

動かさないので1通り

- コーナーキューブ

全部で8個あり向きが3通りなので

$$8! \times 3^8 \text{ 通り}$$

- エッジキューブ

全部で12個あり向きが2通りなので

$$12! \times 2^{12} \text{ 通り}$$

これらの組み合わせからルービクキューブの回転運動の法則を考慮（後の群論が関係している）すると全配置 U は次のようになる。

$$\begin{aligned} U &= 8! \times 3^8 \times 12! \times 2^{12} \div (2 \times 2 \times 3) \\ &= 43252003274489856000 \end{aligned}$$

2. 神の数字の考察

神の数字とは、「任意の配置からすべて揃った配置にするための最小手数 of の最大値」である。

n 手の操作の組み合わせを S_n とすると、

$$S_{n-1} < U \leq S_n$$

であるならば、神の数字が n 以上であるといえる。

1 手目の操作は、6 つの面と 3 種類の回し方（時計回り、反時計回り、180 度回転）があるので

$$S_1 = 6 \times 3 = 18$$

2 手目について、「前手で回した面と同じ面を回

す手順」は無意味なので、 $5 \times 3 = 15$ 通りの回し方を考える。

さらに、3 手目以降は「前手で回した面の対面を回すという操作を 2 回繰り返す手順」は無意味であることを考慮しなくてはならない。これは、対面を回す操作を A、それ以外の操作を B として場合分けをして考える。

これらの考えをもとに神の数字は 18 以上であることが証明できた。

3. 群論とルービクキューブ

群論という分野を用いてルービクキューブを考察すると次のような法則が導き出される。

<キューブ第1基本定理>

コーナーキューブ、エッジキューブにおける置換と回転の様子が定まればルービクキューブの配置はただ一つに定まる。

<キューブ第2基本定理>

回転操作によって作られる配置は、次の条件を満たす。

- コーナーキューブとエッジキューブの置換の偶奇は一致する。
- コーナーキューブの総捻り量は 2 で割り切れる。
- エッジキューブの総捻り量は 3 で割り切れる。

この第2基本定理により前述の全配置の計算を論理的に理解することができた。

4. まとめ

群論についてさらに詳しく考えていくとルービクキューブをより深く理解できると思った。

有理数でできた三角定規

岸和田高校 2 年 1 組 大橋直紀

I studied the right-angled triangle which is almost the right-angled isosceles triangle. I found out the fact that there exists countless number of right-angled triangles whose difference of the ratio of the two sides which are not the oblique side is 1. Also, I found the way to put the close number of root2 in rational number, using a fraction.

研究内容 三辺が整数の直角三角形を最も簡単な整数比で表したもの(3:4:5)や(5:12:13)などのうち、斜辺以外の二辺の整数の差が1になるもの(3:4:5)や(20:21:29)などを探して、直角二等辺三角形にできるだけ近づける。

研究の過程 前提として、全ての直角三角形は、 $X^2 - Y^2, 2XY, X^2 + Y^2 (X > Y)$ に適当な整数XとYを代入すると全て見つかる。(例えば、X=2、Y=1 のとき、3:4:5 が得られる。)この条件を利用して、直角二等辺三角形に近いものを探す。

$|X^2 - Y^2 - 2XY| = 1$ となる X、Y を探す。これを X について解くと、

$$X = Y + \sqrt{2Y^2 - 1} \quad X = Y + \sqrt{2Y^2 + 1}$$

これらのXとYが整数になるものを探す。

$$X = Y + \sqrt{2Y^2 - 1} \quad \dots \textcircled{1}$$

Y=1、X=2 Y=5、X=12 Y=29、X=70、

$$X = Y + \sqrt{2Y^2 + 1} \quad \dots \textcircled{2}$$

Y=2、X=5 Y=12、X=29 Y=70 X=169、

平方数を4で割ったあまりは1か0なので、左ではYが奇数、Xが偶数、右ではYが偶数、Xが奇数になる。また、①で入れたYによって出たXの値を、②のYにあてはめて、それで出たXをまた反対側のYに代入して、、を繰り返していくと推測される。(Y=70まで試したが、上の6つの例以外では、Xが整数にはならなかった。)

実際に上の推測は正しいと証明でき、YとXが整数になるときのnの数列(1.2.5.12.29.70.....)は、2つ前の項に1つ前の項の2倍を足すことで無限にnを見つけることができる、つまり、斜辺以外の二辺の整数の差が1になる直角三角形は無限に存在する。

さらに、この数列の一般項は $a_n = \frac{(1+\sqrt{2})^n - (1-\sqrt{2})^n}{2\sqrt{2}} \quad a_{n+1} = \frac{(1+\sqrt{2})^{n+1} - (1-\sqrt{2})^{n+1}}{2\sqrt{2}}$

これから、X、Yを求め、 $X^2 - Y^2, 2XY, X^2 + Y^2 (X > Y)$ の値も求め、斜辺をその他の一辺で割ると

$$\frac{\sqrt{2}\{(1+\sqrt{2})^{2n+1} - (1-\sqrt{2})^{2n+1}\}}{(1+\sqrt{2})^{2n+1} + (1-\sqrt{2})^{2n+1} - 2(-1)^n}$$

この式のnを無限大に飛ばすと、 $\sqrt{2}$ に収束するので、nに巨大な整数を代入することで、 $\sqrt{2}$ に限りなく近い数を有理数で表すことも可能である。

色素増感型太陽電池における有効な色彩の組み合わせ

梅垣 諒 福山 竜生 中西 雄夢

Our study is to search for the best color combination for Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)'s that creates the most electricity. The three primary colors provided inspiration for the colors we used in the experiment. Consequently, yellow was the color that generated the most electricity.

1. 研究背景とその目的

色素増感太陽電池は色素に関して様々な研究が行われている。本研究では2つの色素を組み合わせ、より発電に効果的な色彩を探ることを目的とする。

2. 実験方法

①酸化チタンペーストの作製

酸化チタン(IV)【日本アエロジル株式会社】8gを乳鉢に取り、ポリエチレングリコール 20000 2.4gと、硝酸 1mL、イオン交換水 10mLを加えよくすり混ぜる。これを酸化チタンペーストとした。

②乾燥・焼き付け

酸化チタンペーストを導電ガラス【AGC ファブリック株式会社】の導電面に塗り、図1のようにガスバーナー、金網、ステンレス皿、マッフルを用いて、酸化チタンペーストを焼き付けた。これを酸化チタンガラスとした。焼き付けはガスバーナー弱火5分間、強火15分間行った。その後、室温で1日乾燥させた。



図1 焼き付けの様子

③色素の吸着

酸化チタンガラスの表面に色素を数滴落とし、吸着させた。使用した色素は色の三原色より着想を得て、赤・青・黄色【キリヤ化学株式会社】を使用した。用いた色素はそれぞれクチナシを原料としたものを使用した。

④電池の組み立て

対極となる導電ガラスに鉛筆で黒く塗り、これを対極ガラスとする。酸化チタンガラスと対極ガラスの塗布面が向かい合うように固定し、間をヨウ素溶液で満たした。(図2)

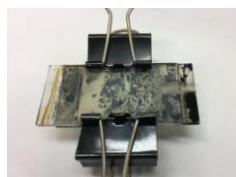


図2 電池完成図

⑤電流・電圧の測定

完成した色素増感型太陽電池を白色光で2分間照射、10秒ごとに電流、電圧を測定し、電圧を求めた。

3. 結果と考察

図3は1つ、図4は2つの色素を混合したときの電圧の値を示す。

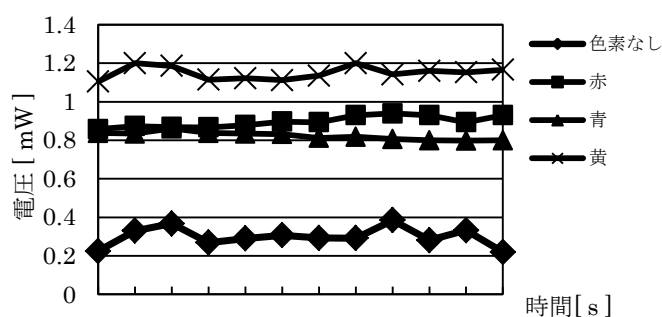


図3 発電時間と電力の関係 (1つの色素)

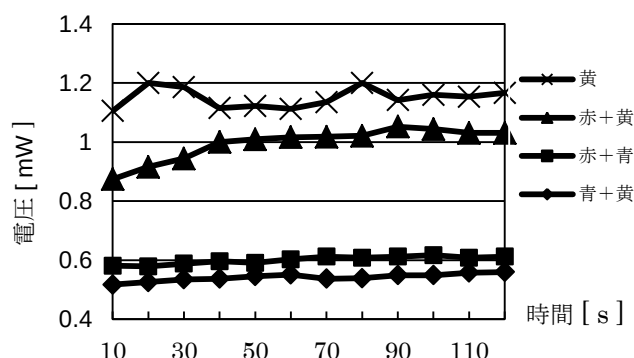


図4 発電時間と電力の関係 (2つの色素)

図3より電圧は黄色素のとき最も大きく、青色素のとき最も小さい。図4より2つの色素のときの電圧は黄色素のときに及ばなかった。黄色素のときの電圧が大きい理由は、色素が酸化チタンの感光波長域を広げ、なおかつ黄色の反対色である青色光を色素が吸収したためであると考えられる。

4. 参考文献

- 1 瀧口公夫ら，化学と教育，51，234－235（2003）
- 2 宮本憲武ら，化学と教育，54，172－173（2006）