

令和6年度

スーパーサイエンスハイスクール

京都府立桃山高等学校

自然科学科「GS探究Ⅱ」

成果集

抜粋版



目 次

抜粋版のため、ページ数是对应しておりません。

1. 概要	．．．	1
SSH研究開発実施報告書	．．．	2
2. 要旨	．．．	5
3. スライド	．．．	23
4. 研究論文	．．．	59
5. 英語ポスター	．．．	123

1 . 概要

SSH研究開発実施報告書

3年間の探究活動

○自然科学科

自然科学科1年生「GS探究Ⅰ」（4単位）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
内容	探究の基礎 キャリア探究 サイエンス英語 情報リテラシー			探究の基礎 ロジック能力育成 サイエンス英語 データサイエンス			ブレ課題研究 英語発表資料 作成 情報リテラシー		・GS 探究Ⅰ 発表会	課題研究テーマ検討 科学倫理 情報リテラシー		

自然科学科2年生「GS探究Ⅱ」（2単位）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
内容	課題設定 課題研究		・テーマ 報告会	課題研究				・中間 発表 (MSG)	課題 研究	・GS 探究Ⅱ 発表会	英語ポスター 作成 研究論文作成	

自然科学科3年生「GS探究Ⅲ」（1単位）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
内容	研究論文作成 英語ポスター 作成		・英語 ポスター 発表会	・キャリア プログラム	探究型 授業	・大学 実習 講座	探究型課題を授業で実践					

自然科学科1年生 「GS探究Ⅰ」（4単位）

「GS探究Ⅰ」では2学期の前半まで探究活動に必要な基礎知識を学ぶ。学んだ探究手法の応用として自らの将来について探究する「キャリア探究」や、論理的な思考力と表現力を育成する「ロジック能力育成」を重点的に行う。理科教員は探究の基本的な手法、英語科教員はサイエンス英語、情報科の教員は情報リテラシー、数学科の教員はデータサイエンスを担当する。2学期の後半から理科実験を中心にしたブレ課題研究を行い、GS探究Ⅰ発表会を行う。発表会はネイティブ英語講師から英語指導を受ける「サイエンス・イングリッシュ・キャンプ（SEC）」として実施する。3学期は課題研究のテーマ検討等、「GS探究Ⅱ」に向けた準備を行う。

自然科学科2年生「GS探究Ⅱ」（2単位）

「GS探究Ⅱ」では探究活動の中心である課題研究を行う。理科・数学科が探究活動の指導を、英語科の教員がスライドやポスター作成の指導を担当する。1学期の前半は「GS探究Ⅰ」での検討結果を基に生徒が教員と相談しながら主体的に課題を設定し、課題ごとに班に分かれて課題研究を開始する。教員は生徒の伴走者に徹し、生徒の主体的な活動をサポートする。6月にはテーマ報告会を京都府立高校スーパーサイエンスネットワーク（SSN）主催の「サイエンスプラウト」と連動させて行い、学校内外を問わず様々な助言を得ることで研究を加速させる。11月にはSSN主催の「みやびサイエンスガーデン（MSG）」に生徒全員が参加し、ポスター形式で中間発表を行う。3学期はSSH課題研究発表会を公開形式で実施する。発表会には自然科学科1年生も参加し、学年を超えた交流を図る。発表会終了後は英語ポスター作成や研究論文作成等、「GS探究Ⅲ」に向けた準備を行う。

自然科学科3年生「GS探究Ⅲ」（1単位）

「GS探究Ⅲ」では探究活動の総仕上げを行う。1学期はGS探究Ⅱで取り組んだ研究論文を完成させ、さらに、課題研究の成果を英語で発表する英語ポスター発表会を「GS英語Ⅲ」と連動して実施する。7月には、それまでに身に付けた資質・能力「5C」を実社会の課題解決に応用する「キャリアプログラム」を実施する。2学期以降は今後のキャリア形成に向け、ディベート等を盛り込んだ探究型課題や演習課題を授業で実践する。

○普通科

普通科 1 年生「G S 探究Ⅰ」（3 単位）

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
内容	探究の基礎 キャリア探究 情報リテラシー			探究の基礎 ロジック能力育成 情報リテラシー			ブレ課題研究 英語発表資料 作成 情報リテラシー		・ G S 探究Ⅰ 発表会	探究の基礎 情報リテラシー		

普通科 2 年生「G S 探究Ⅱ」（2 単位）

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
内容	グループ分け 課題設定		課題研究			・経過 報告会	課題研究			・全班 発表会	・ G S 探究Ⅱ 発表会	研究 論文 作成

普通科 3 年生「G S 探究Ⅲ」（1 単位）

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
内容	研究論文作成		・研究 論文 交流会	・キャリア プログラム	探究型課題を授業で実践							

普通科 1 年生「G S 探究Ⅰ」（3 単位）

「G S 探究Ⅰ」では 2 学期の前半まで探究活動に必要な基礎知識を学ぶ。学んだ探究手法の応用として自らの将来について探究する「キャリア探究」や、論理的な思考力と表現力を育成する「ロジック能力育成」を重点的に行う。理科教員は探究の基本的な手法、英語科教員はディベートや発表の手法、情報科の教員は情報リテラシーを担当する。2 学期の後半からアンケート調査を中心にしたブレ課題研究と英語発表資料の作成を行い、G S 探究Ⅰ発表会を行う。発表会はネイティブ英語講師から英語指導を受ける「サイエンス・イングリッシュ・キャンプ（SEC）」として実施する。3 学期にブレ課題研究についての追加調査を行い、クラスごとに成果発表会を行う。また、科学を志す者に必要な科学倫理について学ぶ。

普通科 2 年生「G S 探究Ⅱ」（2 単位）

「G S 探究Ⅱ」では探究活動の中心である課題研究を行う。全教科の教員延べ 28 名が指導を担当する。1 学期当初に各教員が教科にちなんだ探究テーマの例について生徒にプレゼンテーションを行う。生徒は希望する科目を選択してグループに分かれた後、生徒はさらに少人数の班に分かれて先行事例を調査しながら担当教員と相談して主体的に課題を設定し、課題研究を進める。7 月と 10 月、11 月には自身の研究について振り返る内容のパフォーマンス評価を実施して課題と仮説を明確にすることで研究の質を高める。9 月には校内でポスターセッション形式の経過報告会を行い、教員及び生徒から様々な助言を得ることで研究を加速させる。3 学期に授業講座毎に口頭発表による成果発表会を行い、各講座の発表会で評価の高かった代表班による G S 探究Ⅱ発表会を公開形式で実施する。発表会終了後は研究論文の作成を行う。

普通科 3 年生「G S 探究Ⅲ」（1 単位）

「G S 探究Ⅲ」では探究活動の総仕上げを行う。1 学期は G S 探究Ⅱで取り組んだ研究論文を完成させ、作成した研究論文を輪読してお互いを評価する研究論文交流会を実施する。7 月には、それまでに身に付けた資質・能力「5 C」を実社会の課題解決に応用する「キャリアプログラム」を実施する。2 学期以降は今後のキャリア形成に向け、ディベート等を盛り込んだ探究型課題や演習課題を授業で実践する。

2. 要旨

1. 序論

先行研究: 材料力学に物質のたわみを表す「はり」の形状を計算する弾性曲線方程式が存在する。

課題 : 薄い膜上のものが加圧されたとき、物質の種類に関わらず多くの場合波状の形に変化する。これらの波状の形状を「しわ」と名付け、しわに共通する物理的な仕組みを解明する。

仮説 : 波上の形状を「はり」に置き換え、しわの解析に弾性曲線方程式を使用することができる。しわには全物質に共通している発生方法が存在していて、数式化することができる。

2. 研究手法

手順1. 人工的にしわを発生させる器具を作成し、任意の素材を地面と平行になるようにセットする。

手順2. 素材の片端を同じ質量のもので固定し、もう一方の端を紐と繋げ、引っ張り素材を加圧する。(図1)

手順3. 発生したしわについて座標をプロットし、データ化する。(しわ曲線とする。)

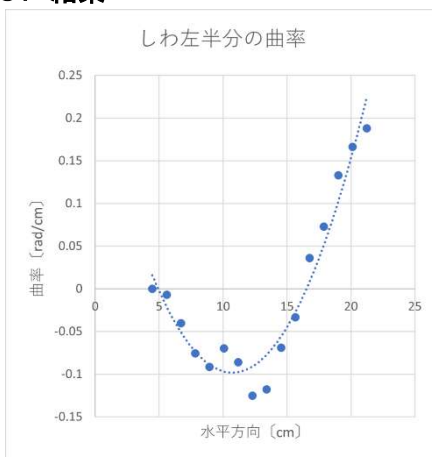
手順4. 様々な材質で手順1～手順3を行い、データを収集する。

手順5. しわ曲線について曲線上の連続した5点を取り、それに沿わせられる円から曲率を計算する。



図1

3. 結果



得られた曲率の値を用いてしわ曲線の水平方向xを横軸、その点での曲率の値を縦軸としグラフ化した。

左図がしわ曲線の曲率のグラフとなる。この曲線は二次関数に近似できることが分かった。重力、床からの垂直抗力、横から押される力の三つの曲げモーメントと定数の曲げモーメント M_0 を求め、弾性曲線方程式に代入することで曲率をxの関数にした。(下式)

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{2\cos\alpha} x^2 + (P \tan\alpha - wL)x + M_0 \right\}$$

r: 曲率半径[m] w: 膜の重力[N/m] α : しわ仰角[°]

L: しわ半分の長さ[m] P: 横からの力[N] EI: 曲げ剛性[N・m²]

4. 考察

曲率を「曲率は曲線の長さsを接線の角度 θ で微分したものである」と言い換え、最終的に積分を用いて、しわ曲線のx成分y成分の数式を求めることができた。しわを加圧する最終段階では、クロソイド曲線という曲線を表すようになることが分かった。クロソイド曲線とは道路の形状を設計する時に活用される曲線である。

5. 結論

しわ曲線はすべての材質に共通した形状があり、材質によって大きさが変化し、しわの長さsを媒介変数とした関数で表すことができる。しわは成長の最期で、クロソイド曲線になる。

6. 今後の展望

より厳密な実験値を通して数式の有効性を考え、数式としわの様々な定数との関係を探る。

7. 引用・参考文献

伊藤勝悦「やさしく学べる材料力学」 森北出版 2014年11月 256ページ

8. キーワード

しわ 曲率 微積分 弾性曲線方程式 クロソイド曲線

飯田 琥亜 鬼武 陽世 黒澤 凜音 譙 欣瑤

1. 序論

紫外線を吸収して色が変化する飛行機の窓の調光ガラス等に応用されるフォトクロミズムを使った研究を行う。クロミズムとは、外部からの刺激によって色が可逆的に変化する現象の一種である。酸化タングステンのフォトクロミズムの反応では、775 nm 付近に波長の吸収が見られるが、先行研究では調製した酸化タングステンのコロイド溶液に銅イオンを加えて紫外線を照射すると450 nm 付近に吸収がみられ、次に775 nm の吸収が増加し、溶液の色が黄色から緑になることが挙げられている。先行研究では透析を行っているが、本研究では透析後の酸化タングステンの濃度を測定することが不可能なため、酸化タングステンゾルの調整で用いる酸を先行研究に記載されているもの以外も用いて、条件を変えて実験を行う。

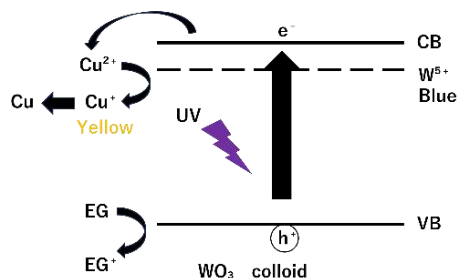


図 1

2. 研究手法

0.48 M の Na_2WO_4 水溶液 30 ml に 7.0 M に調製した HCl、 HNO_3 、 H_2SO_4 、 CH_3COOH を攪拌しながら滴下してコロイド溶液を調製する。 H^+ の価数の関係上、HCl、 HNO_3 、 CH_3COOH は 3.2 ml、 H_2SO_4 は 1.6 ml 滴下し

た。そこに $\frac{[\text{EG}]}{[\text{WO}_3]} \geq 3.0$ となるようにエチレングリコールを 1 ml 加え 0.43 M の WO_3 ゾルを調製する。できたサンプル

ルに波長 365 nm の紫外線を5分間あてる。1 分おきに吸光スペクトルを測定し、挙動を確認する。

3. 結果

図に示された通り使用した酸によって吸光度に変化はなく、どの酸も 760 nm 付近に吸収が見られた。調整したサンプルにそれぞれ Cu^{2+} を加えたものに紫外線を照射したが、先行研究のように黄色は出なかった。しかし、色の戻りが何も加えていないものに比べて急激に早くなった。

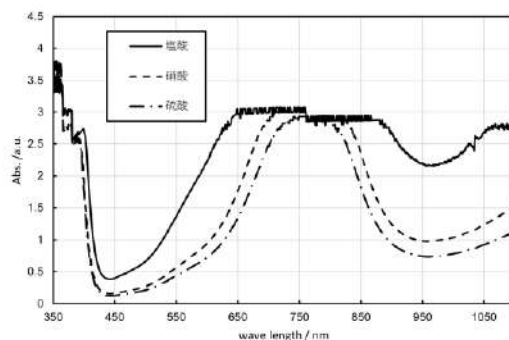


図 2

4. 考察

Cu^{2+} を加えても黄色が出なかった理由として先行研究では行っていた透析を本研究では行わなかったことが挙げられる。透析によって余分なイオンが排除され、その過程で pH が上昇する。本研究ではこの過程がないことで、ゾルの pH が低く、 Cu^{2+} が還元されにくいことが考えられる。よって先行研究のような多段階に発色しなかったと考えられる。

5. 結論

コロイド溶液に加える酸の対陰イオンの種類がフォトクロミズム特性に影響を与える可能性があり、塩酸、硫酸、硝酸の中では、塩酸が最も強くフォトクロミズム特性を強く発現させた。また、 Cu^{2+} を添加する実験から、多段階のフォトクロミズムを実現させるためにはコロイド溶液の pH を制御する必要があると考えられる。

6. 今後の展望

透析をしたコロイド溶液の濃度を測定することが不可能なため、今回の実験ですることはできなかったが、加える酸を変えて、透析した場合の挙動の変化や Cu^{2+} を加えたときの挙動の違いを検証したい。

7. 引用・参考文献

Koki Isoyama et. al, "Multistep photochromism by using photoinduced redox reaction in tungsten oxide colloidal solution containing Cu (II) ion."

Volume635 20 February 2022, 128060 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

8. キーワード

酸化還元、フォトクロミズム、酸化タングステン、コロイド溶液

角倉 誠 田中 輝 上村 結杜

1. 序論

虫の学習能力を調べる。きっかけは、プラシーボ効果が虫で起こる可能性があるのかが知りたいからだ。

＜先行研究＞

ミツバチなどが持つキノコ体といわれる脳の最高次中枢(神経)をコオロギが持っている。ダンゴムシに脳と同じような器官および組織が見られない。⇒コオロギは学習しダンゴムシは学習しないと仮説を立てた。

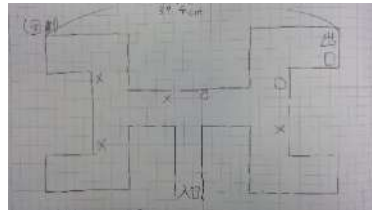
2. 研究手法

「ダンゴムシ」と「コオロギ」の2種の個体を用いて、迷路実験を行う。

具体的には、罰を与えながら正しいルートに記憶させ、スタートしてからゴールするまでの時間の変化をみて、学習しているかを判断する。ダンゴムシは(図1)、コオロギは(図2)の迷路装置を使用する。



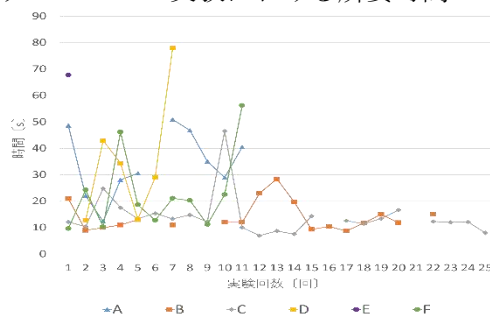
(図1)



(図2)

3. 結果

ダンゴムシの実験における所要時間



コオロギの実験における所要時間(秒)

	1	2	3	4	5
個体A	1"35'27	37'74	E	4"26'00	E
個体B	29'55	2"57'54	1"46'49	32'43	1"57'21
個体C	E	2"57'04	2"38'18	4"42'29	E
個体D	2"41'91	2"18'26	E	E	E

縦軸: スタートからゴールまでの時間、横軸: 実験回数

個体 A,D,E,F はダンゴムシの体力がなくなり、途中で実験を中断。個体 B,C は罰なしで

4. 考察

＜ダンゴムシ＞

今回の実験は、実験する装置の欠陥や、期間が足りないことにより、確信が持てるほどの結果が十分に出せなかった。実験装置の欠陥とは具体的に、虫が通過するルートの幅が狭かったり、個体の体力的に無理のある距離を設計していたことが主に挙げられる。

また、ダンゴムシの実験結果より、個体 B,C は学習した(実験成功)一方で、それ以外の個体は学習したといえない(実験失敗)結果となり、このように何らかの原因で、個体によって実験結果が変わってしまった。

以上のことから、ダンゴムシとコオロギは、学習しているかどうかは判断ができなかった。

5. 結論

虫が学習しているかどうかは、今回の実験では分からなかった。

6. 今後の展望

虫のほとんどが実験中に衰弱したことから、実験装置が適切でないことが分かったので、実験装置及び実験方法を虫の能力に適したもので行いたい。また、飼育環境の改善にも努めていきたい。

7. 引用・参考文献

コオロギの匂い学習と記憶 https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/25/1/25_1_11/_pdf

8. キーワード

コオロギ、ダンゴムシ、学習、プラシーボ効果、迷路実験

阪本 颯大 阿波谷 和哉 前川 成輝 赤嶺 航平 深畑 友馨

1. 序論

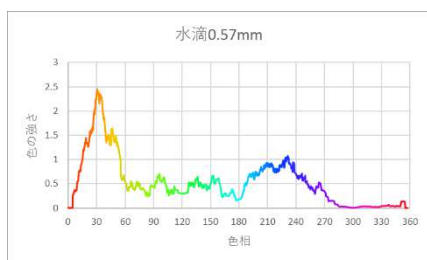
虹は、空気中に浮かんでいる多くの水滴によって、太陽光が屈折、反射することで起こる光化学現象である。対日点から約 $40^{\circ} \sim 42^{\circ}$ の角度に見ることができ、一般的に外側から内側にかけて赤 橙 黄 緑 青 藍 紫色であるとされている。虹のできる雨粒の大きさは直径 $1\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$ であり 0.01mm 以下では白色の霧虹になる。先行研究より、光の波長が色ごとに違うことから雨粒の大きさが変化することで虹の色が変化することが分かっている。そのため 1mm で赤や緑が強くなり、 0.1mm で青色が強くなる。本研究ではガラスビーズを用いて模擬虹を作成し、シャワーで作らした虹との差異の程度を画像解析と目視によって評価したものである。

2. 実験方法

雨粒に見立てたガラスビーズを黒い紙を敷いたトレイの上に置き、一定の距離から光をあて模擬虹を作成した。ビーズの大きさを直径 $0.1\text{mm}, 0.2\text{mm}, 0.4\text{mm}, 0.6\text{mm}, 0.8\text{mm}, 2\text{mm}$ と変化させ虹の色の変化を確認した。次にシャワーヘッドを使い雨粒の大きさを変え虹の変化を観察した。その時落ちてくる水滴をガラスに取り、水滴を円形と仮定することでその体積から水滴の直径を求めた。その後各虹について画像解析を行うことでその虹に含まれている色の強さを比較した。また班員を観察者としすべての虹についてどのように見えたかについてまとめた。

3. 結果

ガラスビーズを用いて作成した疑似虹ではガラスビーズの直径が小さくなるほど、虹が鮮やかに見え特に青色が強く見えた。また、虹の幅についてもビーズの直径が小さくなるほど幅が太くなり $0.1\text{mm}, 0.2\text{mm}$ では主虹の内側に白色が強い虹が二重、三重に観察できた。



シャワーヘッドを用いて作成した虹では直径 $0.35\text{mm}, 0.57\text{mm}, 0.78\text{mm}, 1.06\text{mm}$ の大きさの水滴で虹の撮影ができた。光の強さは虹ごとに違って見えたが、各色の強さや幅については顕著な変化は見られなかった。次に、今回撮影を行ったすべての虹について色のついてる一部分を切り抜き、Excel を用いてその虹に含まれている色とその強さについてのグラフを作成した。(図)このグラフから同様に見えていた虹でも実際には各色の強さは異なることが分かる。

(図3: 虹の色と強さについてのグラフ)

※このグラフは 0.57mm の実際の雨粒の場合

4. 考察

結果で作成した図 3 を見ると、ビーズでは粒が大きくなるにつれ青から紫にかけて色が移動し、光の強さが弱まっていくことがわかる。このことは、先行研究にあったように粒が大きいほど青色が薄くなることを表していると考ええる。また班員による観測では、ビーズについては確かに小さくなるにつれ青色が強く見えたが、グラフとは多少違いがあった。さらに、シャワーによる虹では目視による変化がほとんど見られず、グラフとの関係はないように見えた。このことから、グラフによる色の違いについてははっきり確認することができたが、実際の変化は目で見て違いが分かるほどではなく、それよりも雨粒の密度に影響されやすいと考えた。

5. 今後の展望

今回は天候不良やカメラの性能不足などにより十分なデータを収集できなかったため、精度の高い考察を行うことができなかった。今後は、さらなるデータを収集したいと考えている。また、虹の色と水滴の大きさの関係を、天気予報(虹予報)の精度向上に生かしたいと考えている。

6. 引用・参考文献

- ・西条敏美、2015、虹の科学、太郎次郎社
- ・解説!虹のメカニズム-ウェザーニュース (weathernews.jp) <https://weathernews.jp/s/topics/201807/300125/>
- ・2023、総合物理2、数研出版

7. キーワード

虹、雨、光

大西 秀一 奥山 和則 原田 哲作 藤範 翔 山口 湧生

1. 序論

日本の選挙の投票率は減少傾向にあり、過去20年で約20%低下している。[1] 議会制民主主義をとっている日本において選挙は民意を反映する重要なプロセスである。投票率を上げるためには、投票率とは何かを理解することが重要である。そこで、その第一歩として投票率と様々なデータの関係性を調べた。

2. 研究手法

投票率と様々なデータの関係を知るために、投票率と様々な数値データの相関をとり、分析を行った。本研究で投票率のデータとして用いたのは、各市区町村の最新の市区町村議会選挙の投票率である。また、市区町村ごとの数値データは SSDSE(教育用標準データセット)から取得した。数値データは SSDSE のデータを加工し、投票率と相関がある可能性が高い数値データとした。この加工後のデータを因子と呼ぶ。この因子を22個作り、それらを「投票所への行きやすさ」、「密度」、「財政」、「教育」、「仕事」、「年齢構成」の6分野に分けた。各因子と投票率の相関係数の算出及び散布図の作成には Excel を用いた。

3. 分析①

人口4～6万人の152市区町村を対象にして、各因子と投票率の相関係数の算出及び散布図の作成を行った。その結果、年齢構成の分野において相関が見られ、年齢構成と投票率にある程度の相関があることが分かった。ほかの顕著な結果は以下に示す。

投票率と年齢構成分野の相関係数(分析①)

因子	15歳未満 人口割合	15～64歳 人口割合	65歳以上 人口割合	75歳以上 人口割合
相関係数	-0.26	-0.56	0.52	0.52

- ・人口密度に**-0.5**程度の**負**の相関が見られた
- ・面積あたりの投票所数に**-0.4**程度の**負**の相関が見られた
- ・15歳未満人口あたりの教育施設数に**0.5**程度の**正**の相関が見られた

4. 分析②

年齢構成の影響を排除するため、高齢者割合(65歳以上人口割合)が0.25未満の183市区町村と0.45より大きい169市区町村を対象にして、各因子と投票率の相関係数の算出及び散布図の作成を行った。その結果、歳出における民生費の割合、歳入における地方税の割合において高齢者割合にかかわらず相関が見られた。民生費の約4割が児童費に使用されている[2]ことから、歳出における民生費の割合と投票率に相関がみられたのは、18歳未満人口の割合が歳出における民生費の割合に反映された影響であると考えられる。また、歳入における地方税の割合は市区町村の人口規模により変化する[3]ため、による相関だと考えられる。歳入における地方税の割合と投票率に相関がみられたのは、市区町村の人口規模と投票率に相関があったからである可能性がある。

5. まとめ(結論・今後の展望)

人口密度、財政、年齢構成の分野が投票率に影響していることが分かった。今後の課題として因子間の相互作用が投票率に与える影響の把握、各因子が投票率に与える影響の数値化・比較がある。

6. 引用・参考文献

1. 国政選挙における年代別投票率について. 総務省.
https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/sonota/nendaibetu/.
2. 地方経費の内容. 令和5年版地方財政白書. 総務省.
https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/chihou/r04data/2022data/r04czb01-04.html
3. 歳入 6.地方交付税. 令和5年版地方財政白書ビジュアル版. 総務省.
<https://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/r05data/2023data/r05020206.html>

7. キーワード

選挙、投票率、SSDSE、相関、統計

3. スライド

サリチル酸に似た物質を アセチル化できるのか

佐田 莉緒菜 河村 美悠 重松 綾音 鈴山 あんり 松山 優里

目的

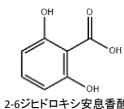
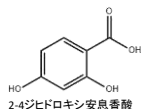
サリチル酸に似た構造の物質を
アセチル化し、新たな医薬品の
開発を目指す



実験条件



サリチル酸のアセチル化に
ついては論文を参考にし、
2-4ジヒドロキシ安息香酸と
2-6ジヒドロキシ安息香酸を
利用した。



実験方法

- ①サリチル酸1gと同じ物質量の反応物を乾いたビーカーに入れ、
それに無水酢酸3mlを加えて振り、全体が湿っている状態にする。
- ②ビーカーを振らずに、濃硫酸を3滴加える。
- ③しばらく湯浴しておく、白い結晶が析出してくる。10分以上湯浴しても
結晶が析出しない場合は、ガラス棒でビーカーの内壁をこすように
していると、結晶が析出する。
- ④純水40～50mLをビーカーに加え、ガラス棒で結晶の固まりを壊すように
よくかき混ぜる。
- ⑤吸引ろ過する。



実験結果



研究背景



化学の教科書にアセチルサリチル酸の記載があり、
それに似た構造の物質も同様に
アセチル化できるのではないかと考えた。

サリチル酸のアセチル化について



仮説

ベンゼン環上にヒドロキシ基があればアセチル化できる。

実験方法

- ⑥生成した結晶に塩化鉄(III)を加える。
フェノール類は塩化鉄(III)水溶液により
特有の青紫～赤紫の色を示す。
- 呈色した場合(青紫～赤紫)→未反応
呈色しなかった場合(塩化鉄(III)の黄色)
→アセチル化している



2-4ジヒドロキシ安息香酸

	氷水なし	氷水あり
60℃湯浴	黄色 (呈色なし)	黄褐色 (呈色なし)
100℃湯浴	赤褐色 (呈色なし)	赤褐色 (呈色なし)

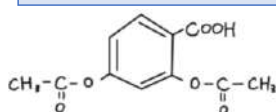
7 班

2-6ジヒドロキシ安息香酸

	氷水なし	氷水あり
60℃湯浴	析出なし	析出なし
100℃湯浴	ごく少量の油滴	ごく少量の油滴

収率について

$$\text{収率} = \frac{0.005126}{0.007273} \times 100 = \text{約} 70.48\%$$



生成物は呈色しなかったため、ヒドロキシ基がすべてアセチル化したまたは、ヒドロキシ基が1つだけ反応した割合より2つとも反応した割合が大きい

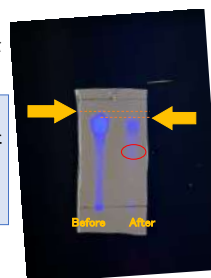
$$\text{アセチル化後の物質質量} = \frac{\text{測定値(g)}}{\text{式量(g/mol)}} = \frac{1.22}{238}$$

TLC(薄層クロマトグラフィー)による検出

TLCにより物質の成分を分離することができる。今回はそれを利用して反応前後で物質に変化があるのかを確認した。

2-4ジヒドロキシ安息香酸の反応前後の物質を付着させた後、溶媒のエタノールを染み込ませたTLCに紫外線をあてると上がり方に差が見られた。また反応後は反応前には見られなかったスポットが表れた。

反応前後で変化があったことがわかる



考察



2-4ジヒドロキシ安息香酸では呈色反応が起こらなかったため、アセチル化できたと考えられる。2-6ジヒドロキシ安息香酸では結晶が析出しなかった。原因として次のことが考えられる。



1. 生成物が水に溶けやすいものだった。
2. 生成物が液体状のものだった。
3. 可逆反応が起こった。

今後の展望

2-4ジヒドロキシ安息香酸がアセチル化しているかどうかを調べる。

今回合成したものの生理活性や毒性の有無を調べ、医薬品としての利用を目指す。

引用参考文献

アセチルサリチル酸の合成 ja (jst.go.jp)
数研出版「化学」
Hatsudy+: 総合学習サイト
「芳香族化合物の配向性と反応性: オルト・メタ・パラの配向性」



11 班

カリウムによる 気孔と蒸散量の変化

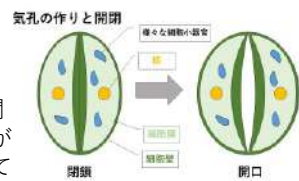
11班 前田 絢音 住野緒音
石原佑夏 下津朱里

目的

植物を使ってエコに室温を下げる

先行研究

- 1.名古屋大学の研究グループは気孔が開くほど葉面温度がさがることを明らかにしている。
- 2.気孔の開閉にはカリウムが使われている



実験方法①

肥料：硫酸加里を土に与える
→時間経過による気孔の開閉の変化を観察



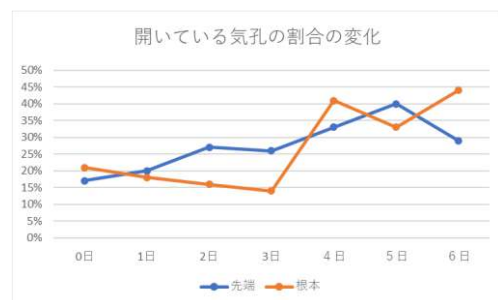
植物：ツユクサ
→気孔の観察を行いやすいため



スンプ法で取った気孔→



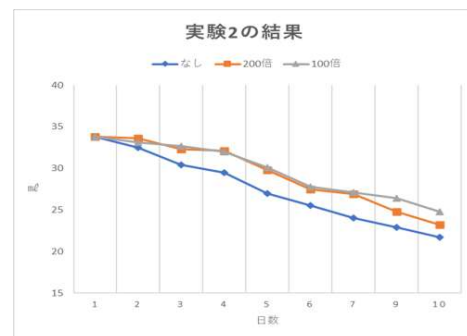
結果①



実験方法②

3つのメスシリンダーにそれぞれ
ツユクサ+水+硫酸加里を入れ、
10日間の水量の変化を見た

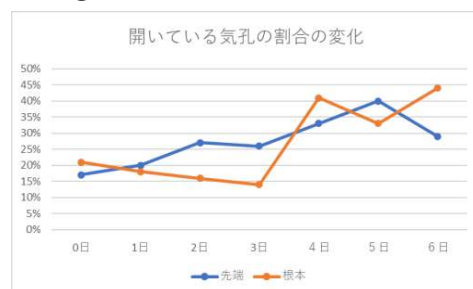
- 1 水のみ (水35mL)
- 2 硫酸加里 0.25% (3.82×10^{-2} mol/L)
- 3 硫酸加里 0.5% (7.72×10^{-2} mol/L)



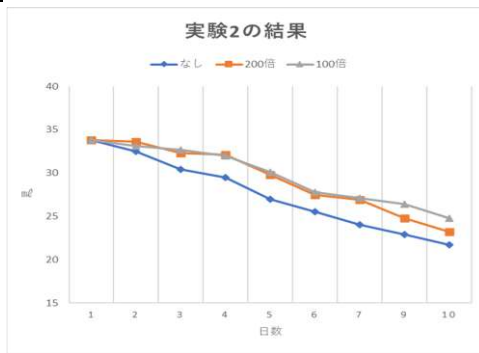
結果②

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
なし	33.8	32.5	30.4	29.5	27	25.5	24	22.9	21.7
200倍	33.8	33.6	32.3	32.3	29.8	27.5	26.9	24.8	23.2
100倍	33.8	33.1	32	32.7	30.1	27.8	27.1	26.4	24.8

考察 実験①



11 班



今後の展望

- ① 長期間の実験を行い、カリウムの効果の差を記録する
- ② 浸透圧の影響を受けない方法を考える
- ③ 複数の植物で実験を行い、カリウムの効果を得られる植物を探す

参考文献

葉の気孔の「開く・閉じる」を科学する－植物科学のトビラ (plant-resilience.jp)

4 . 研究論文

しわに潜む物理法則

京都府立桃山高等学校 3年 高橋力生 楠山悠斗 川口陽平

要旨

薄く柔らかい膜を加圧すると波状に変形する。この形状を「しわ曲線」と定義し、弾性曲線方程式を用いてこの曲線の方程式を求めた。その曲率は横方向 x の二次関数として表現でき、しわ曲線は最終的にクロソイド曲線になることを示した。

1. 序論

人の皮膚にできるしわ、布や紙のたわみ、また山脈などのプレートの運動による地形の褶曲などはひとくくりに薄い膜状の物体が変形する現象と捉えることができる。

この現象をしわの変形と定義して、しわの断面の曲線の性質について研究し、このしわ曲線を数式化することを我々の課題として設定した。しわについて研究することは様々な対象を同時に相手にすることになりこの研究を進めることで広い範囲で応用できるようになる。

我々はしわ曲線の数理モデル化にあたって先行研究として弾性曲線方程式を活用した。

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{EI} \quad r: \text{曲率半径} [\text{rad/m}] \quad M: \text{曲げモーメント} [\text{N} \cdot \text{m}] \quad EI: \text{曲げ合成} [\text{N} \cdot \text{m}^2]$$

弾性曲線方程式は一般に建材の梁のたわみ形状の計算に利用される。本研究ではしわが発生する薄い膜を梁としてみなして計算を行った。

2. 研究手法

- ①人工的にしわを発生させる器具を作成する。しわを発生させる材質の片辺を紐と固定したダンボールに巻き付け、もう片辺は一定の質量のおもりで固定する。
- ②紐でおもりを引っ張り実験対象の材質にしわを発生させる。
- ③しわの横から見た断面形状(しわ曲線)の写真を撮り、画像から曲線上の点を座標平面上に取る。



3. 結果・考察

結果

しわ曲線は加圧の段階ごとに異なる形状を持つことが分かった。各加圧段階での形状は何度実験しても変化することはない、しわ曲線は高い再現性を持っていることが分かった。また布・紙・アルミ箔の3つの材質で実験を行ったところ、形状に大きな違いは見られず、材質によって曲線自体の大きさのみ変化することが分かった。

右図は紙を膜として発生させたしわの加圧による形状の推移の画像である。



考察

・しわ曲線の曲率

実験から得られたしわ曲線のグラフの一つが図1である。ここからこの曲線の曲率を求めた。座標データの連続した5点を取り、それらに沿うような円を計算し、その半径を求め、これを曲率半径とみなした。円を計算する際には最小二乗法を用いた。しわ曲線の水平方向を横軸に、得られた曲率の値を縦軸にとったグラフが図2である。

しわ曲線は中心の頂点を境にして、左右対称性を持っているため、しわ曲線の左側のみ観察すると、しわ曲線の曲率は二次関数に従っていることが分かった。

・しわ曲線の曲率の数式化

しわの曲率を弾性曲線方程式を用いて求める。まず曲げモーメントを求めるため、しわ曲線の形状を細長い棒状に近似する。この時 x 軸と棒とのなす角をしわ仰角 α [rad] と定義する。

範囲は $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$ である。

図3からしわ曲線には重力、地面からの垂直抗力、横から加圧される力の3つの力が働いていることが分かる。 x 座標が x_A である点を A として、A に作用するそれぞれの曲げモーメントを求める。

重力による曲げモーメントを M_1 とする。

しわの単位長さ当たりにかかる重力を w [N/m] とする。

x 軸方向に微小長さ dx をとれば、しわ曲線の微小部分に働

く重力は $w \frac{dx}{\cos \alpha}$ と表せる。また点 A からの水平距離 $x_A - x$

と表せるので、微小部分における曲げモーメントは $w \frac{dx}{\cos \alpha} (x_A - x)$ である。これを $x = 0$ から $x = x_A$ まで積分することで、 $\int_0^{x_A} w \frac{(x_A - x)}{\cos \alpha} dx = \frac{w}{2 \cos \alpha} x_A^2$ と導くことができる。これを M_1 とおく。

地面からの垂直抗力による曲げモーメントを M_2 とする。

しわ左半分の長さを L [m] とする。垂直抗力は wL と表せる。点 A からの水平方向距離は x_A であるので、時計回りのモーメントであることに注意して、 $M_2 = -wLx_A$ と計算できる。

横から加圧される力による曲げモーメントを M_3 とする。

力の大きさを P [N] とすると、これは x 軸と平行なので点 A からの距離は鉛直方向の $\tan \alpha x_A$

よって、横から加圧される力による曲げモーメントは $P \tan \alpha x_A$

また、左半分のしわ曲線は末端で右半分のしわと滑らかにつながっている必要があるので、しわを片端固定はりみなして、末端のしわ曲線の傾きを 0 に曲げる定数の曲げモーメント M_0 を加える。

以上より全体の曲げモーメントを M として、

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_0 = \frac{w}{2 \cos \alpha} x_A^2 - wLx_A + P \tan \alpha x_A + M_0 \quad x_A \text{ を } x \text{ に置きなおして整理すると}$$

$$= \frac{w}{2 \cos \alpha} x^2 + (P \tan \alpha - wL)x + M_0$$

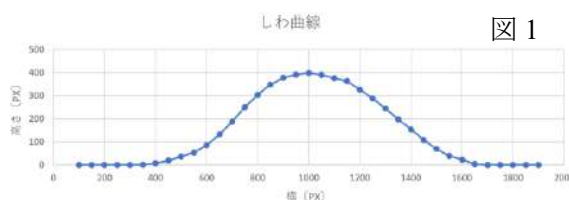


図 1

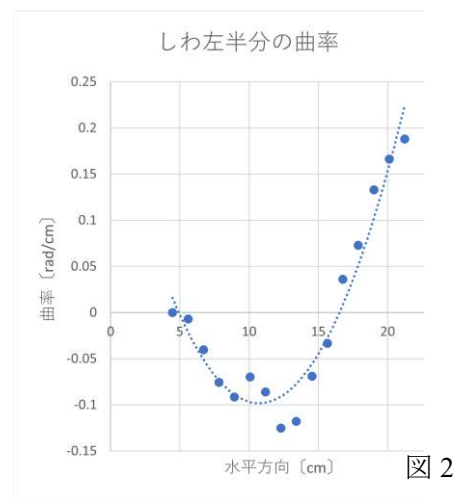


図 2

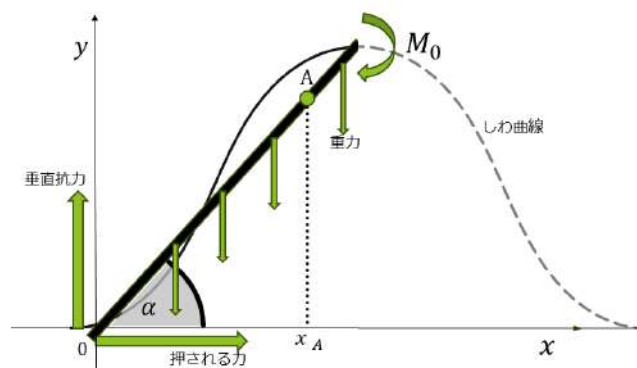


図 3

弾性曲線方程式より

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{2\cos\alpha} x^2 + (P\tan\alpha - wL)x + M_0 \right\} \quad \cdots\text{式(1)}$$

これはしわ曲線の曲率が x の二次関数であらわされることを示している。
またこの関数のグラフは図 4 であり、実験値(図 2)と類似していることが分かる。

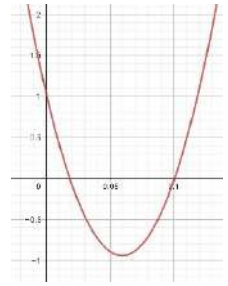


図 4

・しわ曲線の数式化

次に得られた曲率の数式からしわ曲線自体の数式を求める。

材料力学では $\frac{1}{r} = -\frac{d^2y}{dx^2}$ として計算を進めるが、この近似は、物体の変形は微小である

という仮定に基づいているため、しわ曲線の計算に利用することはできない。代わりにしわ曲線上のある点から原点までの曲線の長さを s

その点における接線の x 軸とのなす角を θ として $\frac{1}{r} = -\frac{d\theta}{ds}$ という関係があるので、これを用いる。

式(1)に代入して、

$$\frac{d\theta}{ds} = -\frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{2\cos\alpha} x^2 + (P\tan\alpha - wL)x + M_0 \right\} \quad \cdots\text{式(2)}$$

ここでしわ曲線を棒とみなす近似によって $x \doteq s \cos\alpha$ という関係が導ける。これを式(2)に代入することで、 x の関数を s の関数に変換することができる。

$$\frac{d\theta}{ds} = -\frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{2} \cos\alpha s^2 + (P\sin\alpha - wL\cos\alpha)s + M_0 \right\}$$

両辺 s で積分して、

$$\theta = -\frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{6} \cos\alpha s^3 + \frac{1}{2} (P\sin\alpha - wL\cos\alpha)s^2 + M_0 s \right\} + C \quad \cdots\text{式(3)}$$

C は積分定数とする。 C は、しわの根元つまり $s = 0$ の部分で $\theta = 0$ になることから $C = 0$ と計算できる。

ここで M_0 の値を求める。 M_0 の条件はしわ左半分の右側末端で曲線の傾きが 0 になることである。

これは $s = L$ のとき $\theta = 0$ であることと同値であるから、これを式(3)に代入して M_0 について解くと

$$M_0 = -\frac{1}{6} \cos\alpha L^2 - \frac{1}{2} (P\sin\alpha - wL\cos\alpha)L \quad \text{であると分かる。}$$

最後に連続な曲線では $dx = \cos\theta ds$, $dy = \sin\theta ds$ という関係が成り立つので式(3)を代入して、両辺積分することで、しわ曲線の数式を導出することができる。

$$x = \int \cos \left\{ -\frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{6} \cos\alpha s^3 + \frac{1}{2} (P\sin\alpha - wL\cos\alpha)s^2 + M_0 s \right\} \right\} ds \quad \cdots\text{式(4)}$$

$$y = \int \sin \left\{ -\frac{1}{EI} \left\{ \frac{w}{6} \cos\alpha s^3 + \frac{1}{2} (P\sin\alpha - wL\cos\alpha)s^2 + M_0 s \right\} \right\} ds \quad \cdots\text{式(5)}$$

ここでしわの変形に関わる

パラメータはしわ仰角 α である。

このグラフを右図に示す。

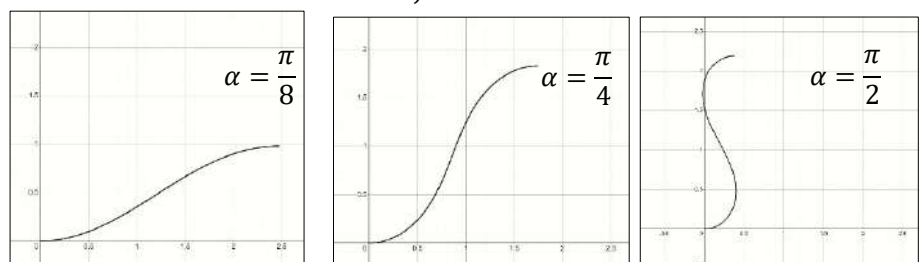


図 5

・しわは最後にクロソイド曲線になる。

実験から、しわ曲線は s 字状に変形した後、さらに加圧しても、別の場所で新しいしわが発生し、それ以上変形しなくなることが分かった。最終段階のしわ曲線は $\alpha = \frac{\pi}{2}$ である。式(4)に代入して変形すると、

$$x = \int \cos \left\{ -\frac{P}{2EI} \left(s - \frac{L}{2} \right)^2 + \frac{L^2 P}{8EI} \right\} ds \quad s - \frac{L}{2} = \varphi, -\frac{P}{2EI} = k, -\frac{L^2 k}{4} = R \quad \text{として、代入して変形すると、}$$

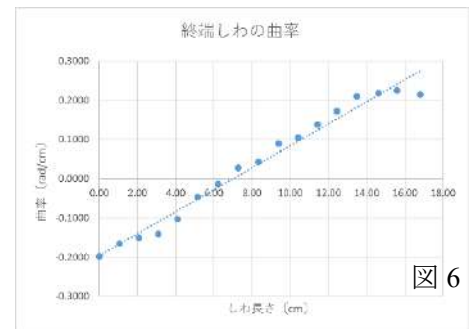
$$= \cos R \int \cos \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi - \sin R \int \sin \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi$$

y についても同様に变形でき、二次元の回転行列を用いて次のように表すことができる。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos R & -\sin R \\ \sin R & \cos R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \int \cos \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi \\ \int \sin \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi \end{bmatrix}$$

これは曲線 $\left(\int \cos \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi, \int \sin \left(\frac{k}{2} \varphi^2 \right) d\varphi \right) \cdots \textcircled{1}$ を原点中心に R だけ回転させたものである。

ここで曲線①はクロソイド曲線を表す。クロソイド曲線とは曲率が自身の長さに比例するという性質を持った曲線であり道路の形状設計に利用される。今回の実験値でもしわの変形の最後で曲率が長さに比例していることが分かった。



4. 結論・展望

結論

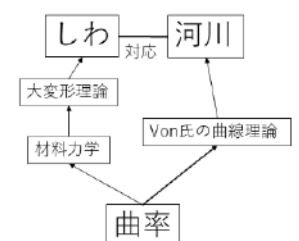
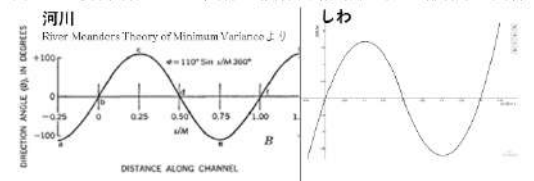
今回の研究で布など軟らかい膜にできるしわは膜の材質によらず共通した形状を持っていて、材質により大きさが変化すること、しわの曲率は水平方向 x の二次関数になっていること、しわの曲線は式(4)(5)として与えられ、最後にはクロソイド曲線になること。以上の3つが分かった。

展望

今回の研究では定数の値に不正確な部分があった。今後はより厳密な実験値を通して数式の有効性を考えたい。また導出した数式にはしわの形状と定数との関係が含まれているのでこれを読み解いていく。例えば、曲げ合成 EI が大きくなればしわのサイズが大きくなることが予想される。つまり材質が固いほど発生するしわが大きくなる傾向があるということである。

最後に河川の蛇行形状との関係を記す。Langbein と Leopold の河川の蛇行形状に関する論文では、Von Schelling の理論を用いて、河川は、接線角が sin 関数としてあらわされる曲線に従っていることを明らかにしている。河川としわ曲線も直接の関わりはないものの、接線角と長さの関係がよく似ており、河川の蛇行形状が持つ条件式がしわが持つ弾性体のひずみエネルギーの式と対応していることが分かった。これは、曲率が、物体の運動に関わる一方で、材料力学でも曲率と曲げモーメントが結び付けられているということに由来する対応だと考えられ、ひとくくりに、両者は曲率が滑らかに変化する性質を持つ「緩和曲線」という集合に属する曲線だと考えることができる。今後はこれについても探りたい。

河川の蛇行曲線としわ曲線の接線角(縦軸)と長さ(横軸)の関係



5. 引用文献・参考文献

伊藤勝悦「やさしく学べる材料力学」 森北出版 2014 年11月 256p

WALTER B. LANGBEIN, LUNA B. LEOPOLD 著「River Meanders Theory of Minimum Variance」,
GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 422-H [report.pdf \(usgs.gov\)](https://pubs.usgs.gov/of/1967a/report.pdf)

紙飛行機と上反角の関係性

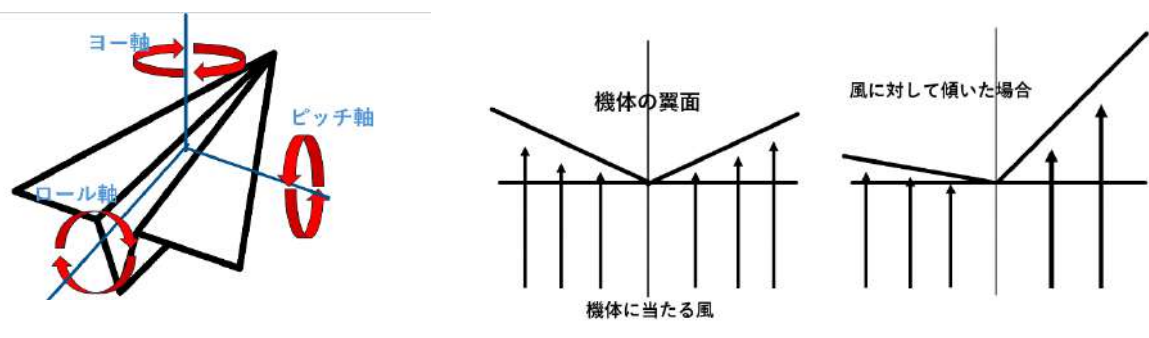
京都府立桃山高等学校 3年 ○松井 湊太郎 城越 海澄 田合 祐人 中野 瞬 原 壱輝 安川 知樹

要旨

私たちは、紙飛行機を長時間飛行させるための最適な条件を見出すということを目的として本研究を行った。本研究では、紙飛行機の安定性にかかわる「上反角」という主翼の角度に目を付けた。そこで、二つの実験を行った。初めに上反角の異なる紙飛行機のそれぞれの滞空時間を調べる実験を行い、次にその実験を改良した実験を行った。結果としては、正確といえる値は出なかったが実験1では 0° 、実験2では 15° の機体が最も長く飛行した。今後は実験値を正確にするために発射条件や発射台をより正確にして実験したいと思っている。

1. 序論

当初の研究の目的は、「滞空時間のギネス記録である 29.2 秒を目指す」であったが、体育館の高度が足りない、風による誤差が大きいなどの問題もあり断念。そこで、紙飛行機の飛行に必要な条件である角度の中で、安定性にかかわる上反角に着目して、最も安定して飛行することのできる上反角の角度について研究することにした。先行研究より、紙飛行機は翼の上方と下方での空気の流れの差により生まれる、機体を引き上げる揚力のおかげで飛行している。また紙飛行機にはヨー軸、ピッチ軸、ロール軸の3つの回転軸があり、上反角に関係するのは3つのうちロール軸である。(左図) 上反角とは、水平面に対しての翼の角度のことであり、ロール軸がぶれないようにして、機体を水平に安定させるために重要である。(右図) この働きはロール安定性と呼ばれている。

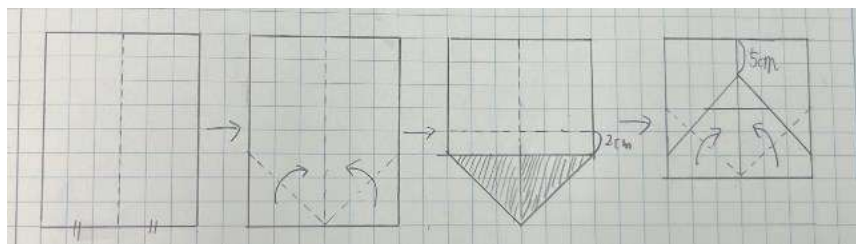


2. 研究手法

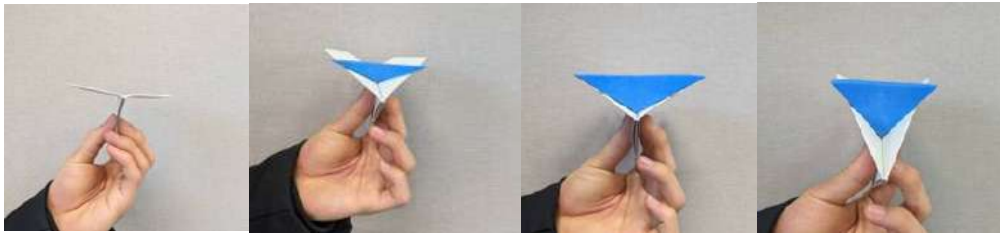
風の通らない武道場で2回の実験を行った。

実験 1: 同じ質の A4 コピー用紙で 0° , 15° , 30° , 45° の 4 種類の紙飛行機を作成し、3人が各機体を5回ずつ飛ばし、スマホで撮影する。そこから、滞空時間を算出、平均値を出し、その平均値と飛び方を比較する。

※翼をボンドで固定し重さを誤差 0.05g までにおさめ機体差を小さくする。



↑ 折り方



↑ 0°

↑ 15°

↑ 30°

↑ 45°

実験2: 実験1の結果から、ゴム式カタパルト発射台を作成し、高さ73cmの机から45°の角度で発射する。
また、上反角が10°、20°の紙飛行機を追加し、実験1と同様にして滞空時間の平均値を調べる。
そこから得られた平均値と飛び方の比較をする。



↑ ギム式カタパルト発射台



↑ ボンド固定前



↑ ボンド固定後

3. 結果・考察

＜表1＞より、上反角が0°、15°、30°、45°から順に2.282秒、1.853秒、1.211秒、1.843秒となった。飛び方については0°から順に「安定して真っすぐ飛行」、「一度高く飛び上がり、真下に降下」、「進行方向と同じ軸で回転」、「左に旋回しながら飛行」となった。

この結果を踏まえ、実験方法を改善して行った結果が＜表2＞である。

＜表2＞より、上反角が0°の場合から順に平均値が1.19秒、1.232秒、1.694秒、1.446秒、1.22秒、1.485秒となった。飛び方の一貫性は特に見られなかったが、15°と45°について、＜表1＞の結果で見られた飛び方と同じ飛び方になることが多かった。しかし、標準偏差が最も小さいものでも0.28285と大きすぎるので今回もまた正確な値が出なかった。しかし、＜表1＞の実験結果と比べてみるとゴム式カタパルトにしたため、全体的に滞空時間が減ったがおおむね滞空時間が長い場合の角度と短い場合の角度は変わらないことが分かった。

＜表1＞

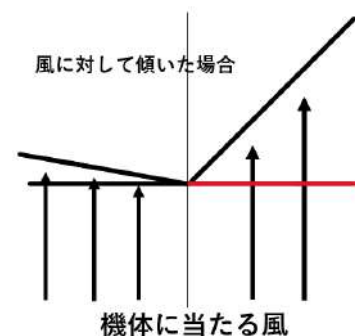
	滞空時間(秒)	飛び方
0°	2.282	安定して真っすぐ飛行
15°	1.853	一度高く飛び上がり、真下に落下
30°	1.211	進行方向と同じ軸で回転
45°	1.843	左に旋回しながら飛行

<表 2>

回\°	0°	10°	15°	20°	30°	45°	
平均値	1.19	1.232	1.694	1.446	1.22	1.485	
標準偏差	0.295804	0.362375	0.360782	0.28285	0.390845	0.323767	(秒)

考察

実験1の結果から得られた考察としては、上反角は0°、15°の機体の滞空時間が長く、飛び方に関しても回転することなく安定して飛行した。このことから0°～15°の間が適切な上反角の角度となるのではないかと考えられる。また、角度がつけばつくほど、紙飛行機は機体を回転させながら飛行したことから安定しないことが分かる。これは、主翼の角度がついたことによりうけることができる風の量が減り、風を翼で受けきることができなくなったためだと考えられる。(右側の直線部分の長さが左側に比べ短くなった)



実験2の結果から得られた考察としては、ゴム式カタパルト発射台にしたため個人差は排除されたが実験1の結果と全体的な傾向は変わらなかったため、上反角の角度が15°より大きくなると、滞空時間の平均値は減少していくといえる。また、撮影した動画から、長時間飛行した紙飛行機は発射する瞬間に機体先端が持ち上がり、打ちあがって発射したことが分かった。このことから、上反角がある程度ついている機体は空気が主翼の下を通りやすくなることで揚力が発生しやすくなり、長時間飛行したと考えられる。

しかし、実験1も実験2も45°の機体だけ15°より上反角の大きいほかの機体より長時間飛行した。このことに関して、45°の紙飛行機は進行方向と同じ軸で回転しながら飛行した。これにより受ける抗力が増加し、飛行速度が遅くなった結果、長時間飛行したと考えることができる。

4. 結論・展望

結論 本研究の目的は最も安定して飛行することのできる上反角の角度を見つけるというものである。得られた実験結果が正確な値ではないこと、発射条件が人が投げるときと異なっていることなどから正しい結論を付けることはできない。しかし、現段階で2つの実験を通して、回転せずに飛行している、長時間飛行している、という点から上反角は15°が紙飛行機にとって適切な角度と結論付けることができる。

展望 本研究の実験から出た課題点は

1. 発射条件が人が投げる時の条件と異なっている。
2. 発射台のゴムの劣化により正しい値が出せていない。
3. 紙飛行機の機体が正確に作ることができていない。 の主に3つである。

今後はこの3つの課題を解決するために

1. 初速度や発射する際の高さなどを人が投げるときに近づける
 2. ゴム式カタパルト発射台から重力加速度を用いた発射台にする。これにより、同じ高さから発射すれば常に一定の力を与えることができる。
 3. 紙飛行機をより正確に作るために一つ一つの工程を何cmで折るかなどを決める。
- の3つの解決策を講じて同様の実験を行い、正確な値を出すとともに細かく角度を区切り測定することで、適切な上反角を見出したいと考えている。

5. 引用文献・参考文献

ふらら「科学の三楽」科学の三楽-研究 004_紙飛行機の投げ方と調整 (plala.or.jp)

凧百科「凧の反り(上反角)」Web Page Blocked (takoaki.com)

酸素の常磁性とその利用

京都府立桃山高等学校 3年 ○田中優輝 深谷飛美男 大澤渉太 城戸風都

要旨

私たちの班の研究目的は酸素の常磁性の性質を確認し、その力の値を求めることである。シャボン玉を用いた実験を通して酸素は常磁性を持つことを確認することができた。また、独自に考察した式により、酸素の常磁性の力の大きさを測定することが理論的には可能になった。しかし、その式はシャボン玉の質量と測定した角度から力の値をもとめるもので、角度の測定はできたがシャボン玉の質量は測定できなかったこと、もしそれができたとしても、どれくらいの酸素の物質量のときにはたらく力といったような定義づけがなされていないことから、いったい何を基準としたときの力の値になるのかが不明確なままになった。

1. 序論

私たちの研究の目的は酸素の常磁性を用いて、水中や宇宙空間などでの新たな酸素の運搬方法を確立することである。またそのために酸素の常磁性の力の値を測定することを目的として、実験を行った。この研究の先行研究はなく、常磁性の力の値を求めた実験がないので、その値を求めようとした。このときに、どの条件下の酸素に対してこれだけの力がはたらくという定義づけをするかが課題である。

2. 仮説

酸素は常磁性によりネオジム磁石に引き付けられるので、酸素をシャボン玉の中に閉じこめ糸で固定して実験を行うことで、ネオジム磁石に引き付けられているときの角度を求めることができるから、シャボン玉の質量を測定することができれば式 $mg \times \tan \theta$ で酸素が常磁性によって磁石に引き付けられている力を求めることができる、という仮説を私たちは立てた。

3. 研究手法

酸素の常磁性とその力の大きさを調べるために2つの実験を行う

<実験1>

実験器具 ・酸素缶 ・糸(できるだけ質量が小さいもの)
・シャボン液 ・砂糖(適量) ・アーム1.2 ・水槽 ・ネオジム磁石

実験方法 1. 酸素を用いてシャボン玉を膨らませる
2. シャボン玉を糸に取り付けて固定する
3. アーム1で糸を固定し水槽内に設置する
4. アーム2にネオジム磁石を設置する
5. シャボン玉とネオジム磁石の高さを合わせる
6. シャボン玉にネオジム磁石を近づけ様子を観察する

<実験2>

実験器具 二酸化炭素缶 実験1同様(酸素を除く)

実験方法 1 二酸化炭素を用いてシャボン玉を膨らませる
2~6 実験1と同様

※できるだけ外的要因がないようにする(水槽などを使う)



実験の様子

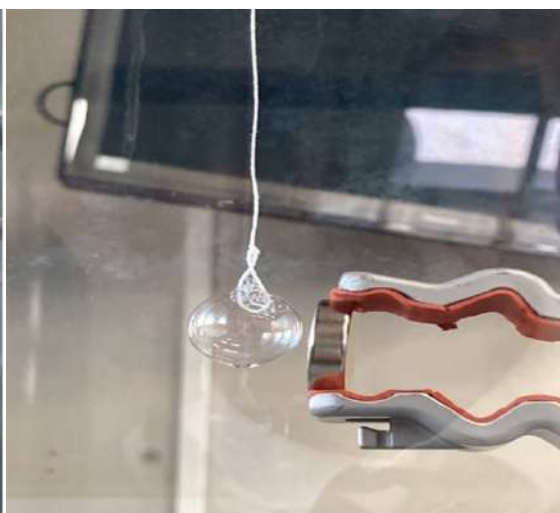
4. 結果・考察

結果

酸素で膨らませたシャボン玉を用いた実験1では、かすかではあるがシャボン玉が磁石のほうに引き付けられる反応が見られた。だが、静止したわけではなくゆらゆら揺れていた。磁石側に振られていたときの最大角の角度を測定すると 3° だった。二酸化炭素で膨らませたシャボン玉は磁石を近づけても動かなかった。



酸素



二酸化炭素

物質名	反応	角度 θ
酸素	磁石に反応しながら左右にゆらゆら揺れた	3度
二酸化炭素	動かなかった	0度(反応なし)

考察

まず、結果から酸素には常磁性があることが確認できた。シャボン玉が引きつけられた角度が 3° だったため、式 $mg \times \tan \theta$ の式の θ に 3° を代入することで酸素の常磁性の力の値を測定することが理論上可能になった。また今回測定することはできなかった酸素で膨らましたシャボン玉の質量をこの式に代入すれば酸素の常磁性の力の値は出せるが、それがどの条件下で当てはまる力の値なのかがを明確にする必要があると考える。酸素原子一つ一つに常磁性の力があるならば、単に酸素のシャボン玉の質量で考えるのではなく酸素の物質質量で考えるべきかもしれない。しかし、シャボン玉の体積はすぐに求めることができて、その中にある酸素の物質質量求めるのは難しい。今回の実験では酸素缶は濃度が95%のものを使用したもので、シャボン玉の中の気体

の体積×酸素の密度で酸素の物質量を求めて、それを基準にして、酸素の常磁性の力の定義づけをきちんと行う必要があるのではないかと考えた。もしそれができたとしても、シャボン玉の中の酸素の物質量を m として $mg \times \tan \theta$ の式に代入すると、その値は極めて小さいものになると考えられる。

5. 結論・展望

結論

私たちの研究の目的の一つである酸素の常磁性の確認については、今回の実験で確認することができたので目的を達成することができたといえる。しかし、酸素の常磁性の力の値を測定するという目的には、あと一歩及ばなかった。式 $mg \times \tan \theta$ の式のうち m 以外の値は埋めることができるが、 m を求めることができなかったの
で、酸素の常磁性の力の値を求めることはできなかった。

展望

今回の研究から酸素の常磁性の力の値を求めることは、 $mg \times \tan \theta$ の式を用いることで理論上可能になった。しかしシャボン玉の質量を測定してその力を求めたとしても、それは私たちの実験における酸素の常磁性の力の
が求まるだけで、いくつかの定義づけを行わない限り普遍的なものとして扱うことができないままになる。したがって、今後の実験ではシャボン玉の中の酸素の気体の物質量を測定し、その物質量から本研究で用いた酸素の質量を m として式 $mg \times \tan \theta$ に当てはめることで、ある酸素の物質量における酸素の常磁性の力の値を求める公式を作ることができるのではないかと考えられる。しかし、シャボン玉の中の酸素の物質量をきわめて正確に求めようとすると、単純に用いた酸素缶の酸素の密度×シャボン玉の中の空気の体積では求められない。なぜならば、酸素缶にノズルをつけてシャボン玉を膨らますときにもともとノズルの中にあった空気からシャボン玉に入るためである。また、シャボン玉の中の気体の体積もシャボン玉の膜厚の厚さ分半径が小さくなった球で考えないといけないため、困難である。したがって、まず酸素の常磁性の力の値を定義づけるときに酸素の物質量に対する比で定義づけを行い、今回の実験と同じ実験でシャボン玉の中の気体の酸素の物質量の近似値を求め、それから導き出した酸素の質量を $mg \times \tan \theta$ の式の m に代入して、その時測定できた角度を θ に代入すると、酸素の物質量によって定義された、酸素の常磁性の力の値を表す式をたてることができる。あとは試行回数を増やし平均値から分散、標準偏差まで求めることでデータの相関性を十分に確認することができて初めて、酸素の常磁性の力の値を求めることができるようになると思う。つまり、現状酸素の常磁性の力の値を求める方法はないため、この研究を続けていくことで世の中に新たなものを生み出すことができるようになる。具体的な力の値が求まると、それを応用して酸素を常磁性によって運ぶ技術が可能になり、そうすることで宇宙空間や水中のような人間が酸素ボンベなしで呼吸できないところに行く時に、酸素をより効率的に装着している人に届けることができるようになるかもしれない。また、水中にも酸素は存在しているので、常磁性の力で水中の酸素を集め、充電のように潜っている最中に微量ながらも酸素を補給できる酸素ポンベを開発することができるかもしれない。今わかっていないことが明らかになることで、社会に対して貢献できるのではないかと考えている。

6. 謝辞

佐藤靖豪先生私たちの研究を担当していただきありがとうございました。

また、研究に協力していただいた他の先生方につきましても心より感謝申し上げます。

7. 引用文献・参考文献

[【酸素の常磁性】強い磁力にひかれます | 自由研究におすすめ！家庭でできる科学実験シリーズ「試してフシギ」 | NGK サイエンスサイト | 日本ガイシ株式会社](#)

振り子の制震

京都府立桃山高等学校 3年 ○堀田 千恵 澤井 青海 片岡 月 清水 元大 畑 妃莉

要旨

現在地震による建物の被害は大きな問題となっており、この被害を防ぐために、制震に着目して実験を行った。この実験では、建物に見立てたジェンガに振り子を取り付けることで揺れを抑えられるのではないかと考え、ジェンガと振り子を用いて簡単な装置を作り、制震効果を調べる実験を行った。実験Ⅰでは、ジェンガに対してどれほどの振り子の質量だと効果があるのかを調べた。実験Ⅱでは、実験Ⅰで固定して動かないようにしていた振り子を、揺らしたときにスライドできる形にして実験を行い、制振効果の違いを比べた。実験Ⅰでは、ジェンガの質量に対して振り子がどのくらいの質量だとよいのか分かり、実験Ⅱでは、振り子を固定させたときよりもスライドできるようにしたときの方が、わずかではあるが制振の効果が見られることが分かった。しかし、実験回数が少なく、装置の改良も必要なため、更に実験を重ねる必要がある。

1 序論

2023年5月6日にトルコ地震が発生した。建物の崩壊によって5万6千人以上の方が被害にあわれた。このことがきっかけで建物の地震対策の仕組みを調べたところ、制震、免震、耐震の3種類あることが分かった。私たちは、この中の制震に着目し、振り子を用いて、地震による被害を抑えたいと考えた。

2 仮説

ジェンガに取り付けるおもりの質量が大きくなるほど、装置と振り子の周期のずれが大きくなると考えたので、耐久時間が長くなる。

3 研究手法

実験Ⅰ 振り子と質量の関係を調べる。(ジェンガに対する質量)

①地震発生装置をつくる __写真1

(使用材料:木材、フック、円状の筒(サランラップ))

作り方:木材1を使用し、枠組みをつくる。木材2にフックを4本左右2本ずつ取り付ける。

木材1に芯を乗せ、芯の上に木材2を乗せる。

②ジェンガ20個用いて、組み立てる

③②で組み立てたジェンガを木材2に乗せる

④ジェンガに振り子を取り付ける__写真2

手で木材2を揺らし、地震に見立てた揺れを発生させ、ジェンガが崩れるまでの秒数を測定する。

変更条件:振り子の質量

3.5g 4.6g 6.3g 10.1g 18.4g 19.6g 35.8g 66.8g の8種類



写真1



写真2

おもり	鉄小	木	ガラス小	ガラス中	白(ガラス)	ガラス大	鉄中	鉄大
質量 (g)	3.5	4.6	6.3	10.1	18.4	19.6	35.8	66.8

実験Ⅱ 振り子をスライド可能にすることで装置(写真1)と振り子の揺れ方が同じ周期かつ動く向きが反対になる理想の状況に近づくのか調べる。

①実験Ⅰで用いた振り子の仕組みを固定していたものからスライドできるように変更する。

②紐の長さ 4cm 揺らすBPM 75[/min] 用いる重りの種類 4.6g 6.3g の重り

※変更前の振り子とジェンガを用いると考える要素が多く複雑になるため、簡素化し変更した振り子のみを用いた実験を行う。装置と振り子の揺れを分析し、理想の状況に近づいたか調べる。

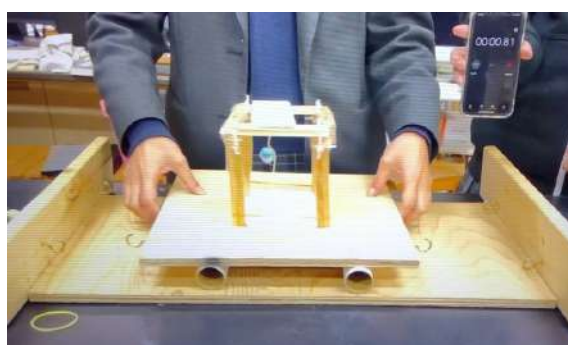
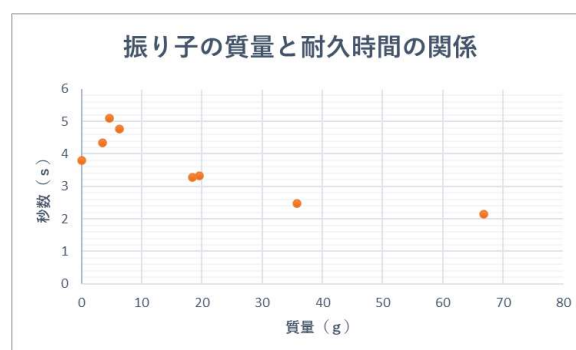


写真3

4 結果

実験Ⅰ

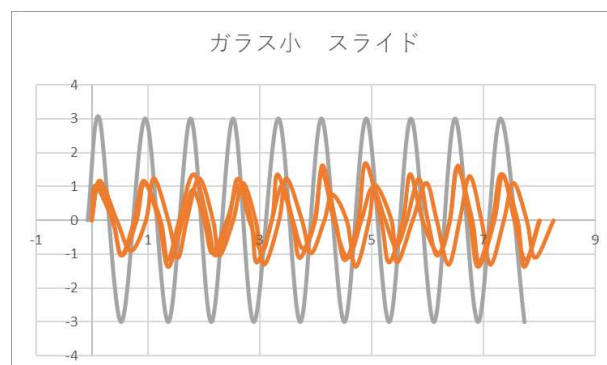
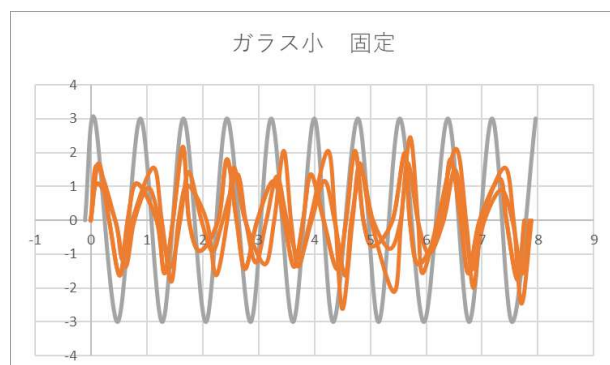
おもりなしの時より耐久時間が長かったのは 3.5gの鉄小、6.3g のガラス小、4.6g の木である。

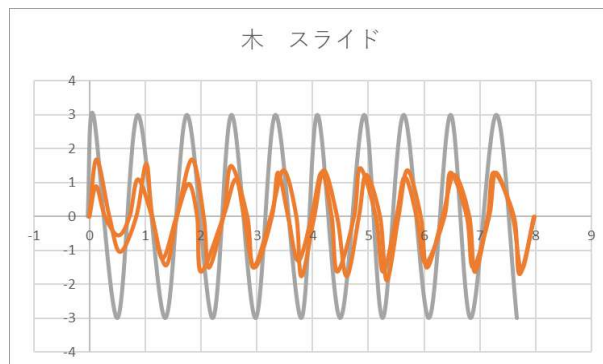
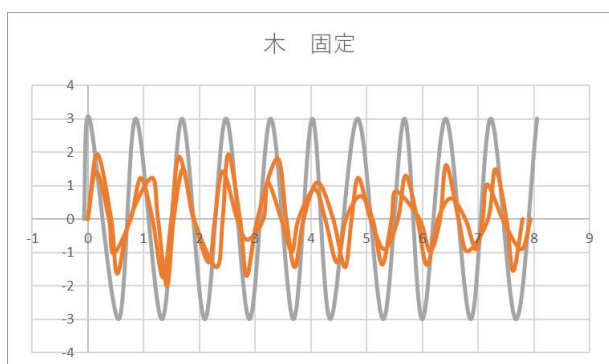


実験Ⅱ

固定とスライドを比べると、スライドの方がわずかではあるが装置と振り子の周期の差が見られた。

●装置 ●振り子





横軸：秒[s] 縦軸：変位[cm]

5 考察

実験① 考察

おもりのなしのときの耐久時間が 3.8 秒であったため、3.8 秒より耐久時間が短かった質量 20g 以上のものは、この実験においては制振の効果がなかったと考えた。このとき、ジェンガに対しておもりの質量が大きすぎて、耐えられなくなってしまい倒れたのだと考えた。ある一定の重さを超えると崩れやすくなるのだと分かった。

また、5g 付近のものは効果が見られたが、木とガラス小の実験の6回のうち2回は、3.8 秒より耐久時間が短くなってしまった。このときは、振り子と装置が共振して揺れを強めてしまい、倒れやすくなったのではないかと考えた。

実験② 考察

木とガラス小のどちらの実験でも、固定させたときよりも振り子をスライドできるようにしたときの方が、振り子と装置の周期のずれが大きいところが部分的に見られたため、スライドの方が制振の効果が高いのではないかと考えた。また、揺らし始めよりも後の方が周期のずれが見られていることから、測定する周期を増やすことによってより効果が分かりやすくなるのではないかと考えた。しかし、装置と振り子の周期の差はまだまだ小さいものであり、改良を重ねてより周期をずれさせることで、制震効果の違いを確かめることができるのではないかと考えた。

6 展望

実験Ⅱで、振り子を固定させたときよりもスライドさせたときの方が、少しではあるが制振の効果が見られたが、この効果はわずかであり、固定とスライドの場合で周期のずれの大きな違いが見られなかった。そのため、装置を改良して、振り子と装置の周期が反対になるようにしたい。また、今回は測定する周期を 10 周期にして行ったが、この後の周期がどうなっているのかも測定するとより制振効果を確かめることができると思うので、測定する周期を増やして調べてみたい。

先行研究

「超高層ビル屋上に巨大振り子、長周期振動の揺れ半減」

「地学班 五重塔に学ぶ制振技術とその応用」

「制振構造を生かした絶対に倒れないジェンガ」

「地震波形の周波数分析」

日本経済新聞社

滋賀県立彦根東高校

栃木県立小山高等学校

気象庁

災害に備える～携帯用ホイッスルの作成～

京都府立桃山高等学校 3年 ○田中裕翔 北澤璃子 北尾証貴 武富千晴 中井暖人 市田悠真

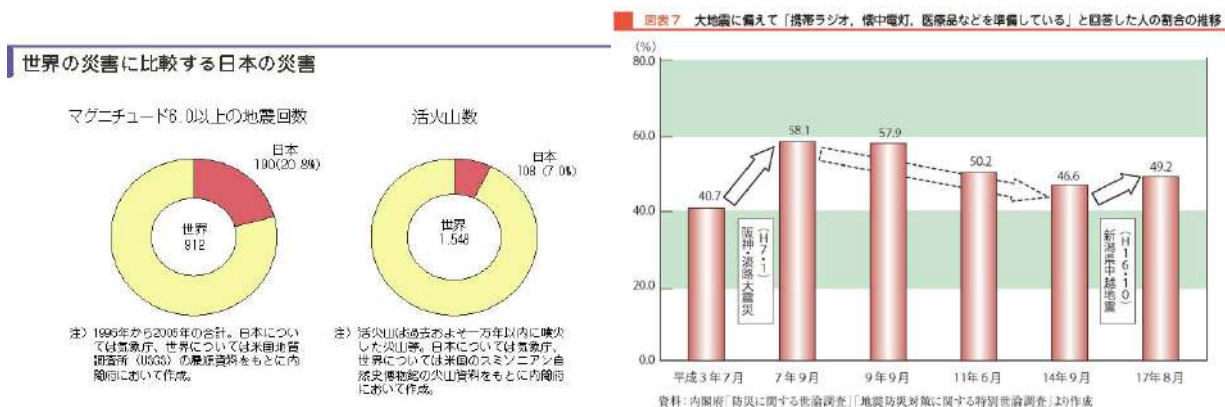
要旨

日本は世界的にみても、自然災害が多い国である。災害時の助けを呼びやすくし、減災に貢献するために本研究では、人間聴こえやすい音を被災者が発生させることを目的として現在主流なホイッスルの構造を参考に、より助けを呼ぶのに最適だと考えられた構造を設計し、3D プリンターを使用してホイッスルを制作した。共鳴管等の形状を調整したものを計5つ制作したが、結果としてどれも音を発生させることはできなかった。

1. 序論

日本は世界で最も自然災害の多い国であることから、日頃から備えをしておくことが重要である。

そこで、災害が発生して被害を受けたとき、救助を呼ぶために最適な携帯用ホイッスルを研究・作成することで減災に貢献したいと考えた。



内閣府「図 1-1-1 世界の災害に比較する日本の災害」

<https://www.bousai.go.jp> (2022-12-02)

2. 研究内容

様々なホイッスルの中で状況に適したものを調べ、少ない肺活量で大きく、聞こえやすい音を出すことができる形式を考える。また、常時携帯可能であり、持ち運びが容易な概形を作る。上記の要素を含んだ理想的なホイッスルを、3D プリンターを用いて作成する。

3. 事前研究

ホイッスルはその歌口にある突起により、ホイッスルの外側と内側に吹き込んだ息が分かれ、外側へと分離した空気が外の空気と摩擦が起こることで渦を発生させ、音を出している。また、内側へ流れ込んだ空気を共鳴させることで、音の高さを決定している。

ホイッスルの形状は大まかにピーホイッスルとビートホイッスルの2つに分けられる。今回はコルク玉を利用するピーホイッスルではなく、ビートホイッスルを採用する。ビートホイッスルは複数の共鳴管によりうねりを発生させ、音を生み出すものである。このホイッスルの特徴として、のびやかな音を出すことができ、より遠方に音を届けることができる。

ウィンドウェイに関してはより大きな音を出すために、「ベルヌーイの定理」を使って、その構造を考える。ベルヌーイ

ーイの定理とは、運動エネルギー、位置エネルギー、圧力による仕事(以降は圧力エネルギーと称する)の総和は、その流体が非粘性・非圧縮性であるとき、同一流線上の2点において常に一定である、という保存則を表すものである。(公式【1】)本研究では位置エネルギーが一定であると考え、運動エネルギーと圧力エネルギーに着目する。ウィンドウェイの面積を吹き口からどんどんと小さくすることで、その圧力エネルギーを下げ、運動エネルギーを増幅させる。それにより、ウィンドウェイ内の流体の速度が上がり、より大きな摩擦を生み出すことができる。

このホイッスルの共鳴管はビートホイッスルであるため、閉口端反射である。閉口端反射とは、一方の口から流れてきた振動が他方で反射し、定在波が生じることである。(公式【2】)この原理により、共鳴管の全長を変えることで、共鳴管に生じる定在波の振動数を変化させ、ホイッスルの出す音の高さを調整することができる。また、閉口端反射については共鳴管の縦と横の平均を期中の半径として算出している。なお、本実験では振動数を一般的に人間が一番聞き取りやすいとされている 2000Hz に設定した。

公式【1】

$$\frac{1}{2}m_0v^2 + p\frac{m_0}{\rho} + m_0gz = \text{const}$$

(m_0 :質量 v :速さ p :圧力 ρ :密度 g :重力加速度 z :鉛直方向の座標)

公式【2】

$$f_n = \frac{v}{4L} \times n \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (f_n: \text{固有振動数} \quad v: \text{音の速さ} \quad L: \text{共鳴管の長さ})$$

4. 研究手法

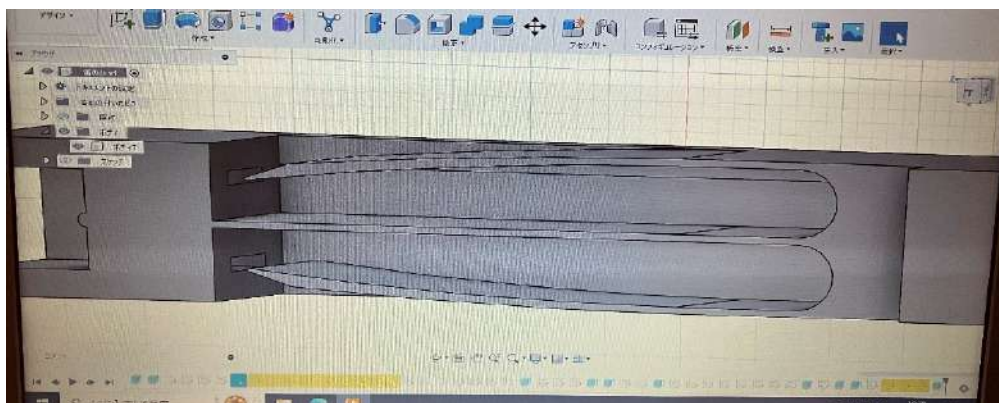
1、状況に応じた適切な形状のホイッスルを考える

(少ない肺活量でできるだけ大きい音を出せるような形状、常時携帯が可能であるといった条件を
考えていく)

2、3Dプリンターでホイッスルを製作する (ABS 樹脂を使用する)

3. 制作したものが不十分であったら原因を考え改良し再制作する

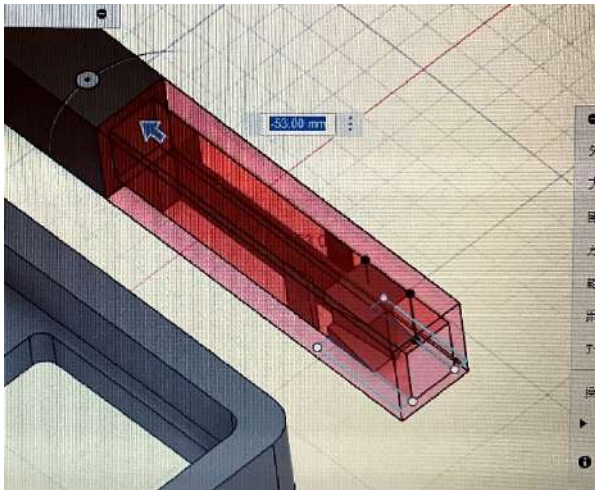
下の写真は実際のホイッスルの中のデータ



5. 結果・考察

結果

初期の1つと、条件を変えて製作したもの4つ、合計5つのホイッスルを製作した。しかし、いずれも音を発生させることができなかった。



初期構造

- ①共鳴管の長さを変えたもの
- ②共鳴管の幅を変えたもの
- ③共鳴管の端を円形に変えたもの
- ④空気が当たる部分の角度を変えたもの

考察

今回の研究で作成したホイッスルがいずれも音を発生させることができなかったことから、ホイッスルの構造がまず音を発生させる条件を満たせていなかったと考えることができる。その原因は、寸法を求める際に実際は直方体の

の形状のところを円に近似して求めた事や、完全に理想の形状にすることができなかった吹き口周辺の構造などによって生じた誤差が積み重なり、結果として理論値と大きくずれてしまったからであると考えられる。また、制作したものを見てみると共鳴管が僅かに湾曲していたことや、3D プリンターを用いた都合上内部の僅かな樹脂の乱れ等も原因となったと考える。

6. 結論・展望

結論

私達は、災害の被害を受けたときに助けを呼ぶための災害用ホイッスルを製作し、減災に貢献したいと考えた。また、遠くまで聞こえやすい音を出す構造を考えた。しかし、私達が製作した災害用ホイッスルは音を出すことができなかった。原因は以下のように考えられる。

- ・ホイッスルの吹き口が鋭利でなかったために、波長の長さが共鳴管に適応できなかった。
- ・共鳴管自体が湾曲していたため、音の波の腹の部分と共鳴管の出口の部分が合致していなかった。
- ・開口端補正を求めるときに、共鳴管の形を疑似的に円として考えたため、ずれが生じた。

展望

理論値と実際の値のずれを限りなく小さくするために、空気の流れ等の可視化が可能なシミュレーターを利用したより精密な計算を行い、今回の研究で音が鳴らなかった原因の追求を行うと同時に我々の理想とするホイッスルの構造をより突き詰めていきたいと考えている。また、本来の用途である「災害時に助けを呼ぶ」ということを十分に行うことができるように、災害時の破損・変形の防止や、より吹きやすいものを作るという点を構造だけでなく、素材等の側面からも考えていきたい。

7. 引用文献・参考文献

<https://www.bousai.go.jp>

グラスハーブと音の仕組み

京都府立桃山高等学校 3年 ○西脇 敬吾 奥田 康介 上田 世楽

要旨

私たちはグラスハーブにおける周波数の決定要因について調べた。水の量、物質、水とガラスの接触面積（以下接触面積とする）、それぞれの違いに着目した。先行研究と同じように、水の量を多くすると周波数が増加した。また、物質を変えても水との違いは見られなかった。さらに、接触面積を増加させるにつれて周波数が減少し、その関係は二次関数で表せることがわかった。このような実験の過程を経て、私たちはガラスと接触している面積の違いがグラスハーブの周波数を決定すると結論づけた。

1. 序論

水筒やペットボトルなどに水を張り、飲み口に息を吹きかけると笛のように音を鳴らすことができる。このとき容器に入れる水の量を増やすにつれて周波数の値は大きくなる、すなわち音は高くなっていく。

しかし、グラスハーブの先行研究ではグラスに入れる水の量を増やすにつれて周波数の値は小さくなるということが示されていた。そこでグラスハーブには水筒やペットボトルを用いた笛とは異なる周波数の決定要因があるのではないかと考えた。その後、グラスハーブはグラスとグラスを擦る濡れた指の間に摩擦が生じることでグラスが振動し、音が発生するということが分かり、私たちはグラスハーブにおいて水はグラスの振動を妨げるものであると考え、それゆえに水の量を増やすと、グラスの振動が妨げられ周波数の値が小さくなるという仮説をたて、その仮説をもとに研究を行った。

2. 研究手法

口径 6.74cm、深さ 16.5cm、容量 200ml のグラスを使用し、以下の研究を行う。

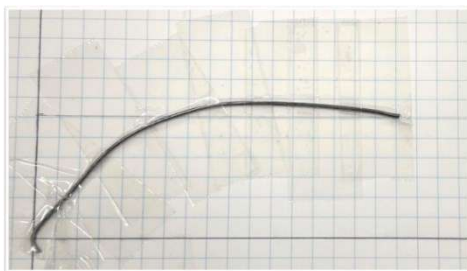
グラスに入れる水の体積を変えグラスの縁を指でこすり共振させる。そのときの周波数をオシロスコープで測定し、その変化を記録する。(研究①)

グラスに入れる物質を水から寒天に変え周波数を測定する。(研究②)

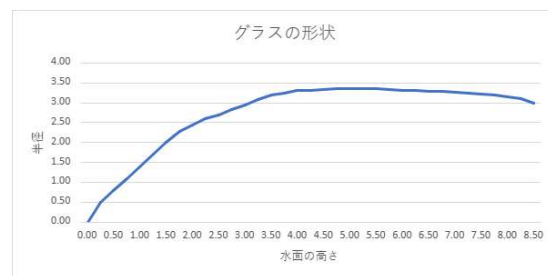
その後、寒天の内部をくり抜き、グラスと寒天の接触面積を一定にして周波数を測定する。(研究③)

グラスの接触面積の変化における周波数の変化を調べる。私たちは、水の質量を変化させることで接触面積を変化させようとした。実験手法は以下の通りである。

ワイヤーを用いて、グラスの形状を型取り、座標平面上に落とし込む。そしてそのグラフに近似する関数を導出し回転体の表面積を求め、公式に代入することで水面の高さとその時のグラスの接触面積の関係を求める。しかし、水の高さの計測は表面張力などの要因によりばらつきがでてしまうため、計測が容易な水の体積、つまり質量で接触面積を変化させたい。そこで回転体の体積を求める公式を用いた。導いた値を用いて接触面積を 10cm^2 ずつ変化させ、水の体積を変え周波数を計測した(研究④)



型取ったワイヤー



ワイヤーを用いて導出したグラフ



研究③

$$S = \int_a^b 2\pi f(x) \sqrt{1 + \{f'(x)\}^2} dx$$

研究④回転体の表面積を求める公式

$$V = \pi \int_a^b \{f(x)\}^2 dx$$

回転体の体積を求める公式

3. 結果・考察

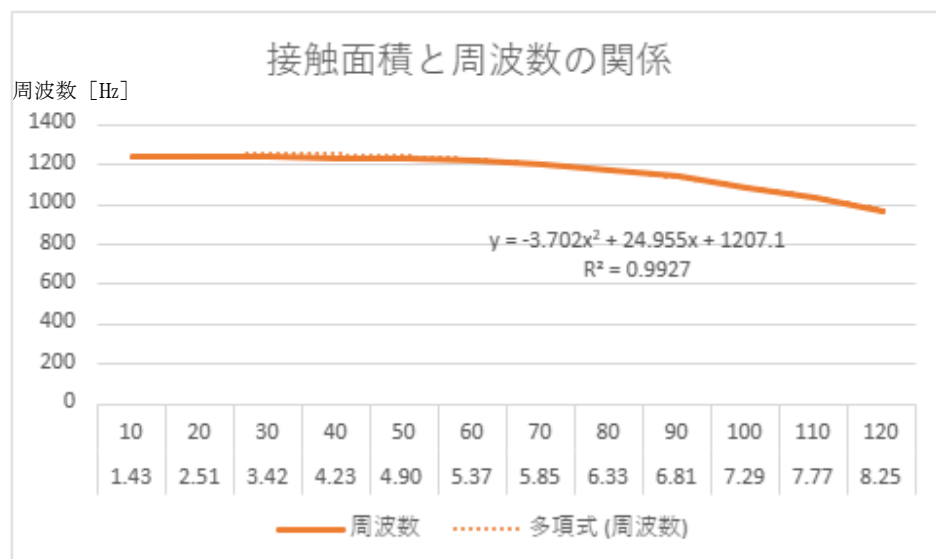
研究①より、先行研究と同様に水の量が増えるにつれて周波数の値は小さくなるという結果が得られた。次に研究②で、水を同体積の寒天に置き換え、周波数の測定を行ったところ周波数の変化は見られなかった。続いて、研究③にて研究②で用いた寒天の内部をくり抜き、周波数の測定を行ったところ周波数は研究①②で得られた値と大きな差は見られなかった。

さらに、グラスハープの周波数と接触面積には関連があるのではないかと考え研究④を行った。

その結果を Excel に打ち込み、近似式を求めた。結果は以下のとおりである。

近似式 $y = -3.702x^2 + 24.955x + 1207.1$ 決定値 $R^2 = 0.9927$

決定値の値がほとんど1に近いことからこの近似式は接触面積と周波数の関係を正しく表していると考えることができる。



水の体積 [cm³]

水面の高さ [cm]

考察

研究①の結果より、水の量が周波数を変化させる。また、研究②の結果と併せて考えると、水ではない物質でも同じ関係があると考えられる。さらに研究③の結果から、グラス内の物質の質量は関係がなく、グラスと接触し

ている面積が一定であれば周波数が一定であるといえる。

研究①、②、③の結果から考えられるこれらの内容と、研究④の結果を踏まえると、ガラスの接触面積の変化が周波数の変化をもたらすと考えることができる。

序論で記した筒とグラスハープとの違いについては、筒状のものは水面の高さによる波長の変化が周波数の変化をもたらしているが、グラスハープの場合は、ガラスと物質の接触面積の増加がガラスの振動回数を減少させ、周波数の減少につながっているのではないかと考えることができる。しかし、この事柄については実験をするに十分な時間がとれなかったため、今後はこの実験に着手したいと考える。

4. 結論・展望

結論

私たちは、グラスハープの周波数を決定する要因について調べた。水の量が周波数を決定すると仮説を立て、実際に水の量の変化によって周波数の変化が見られた。しかし、用いる物質は周波数の決定に関係がなく、質量を変化させてもガラスと物質が接触している面積が同じであれば周波数は変化しないという事がわかった。さらに、接触面積に注目して実験を行うと、接触面積を増加させると周波数が減少し、この関係は二次関数で表すことができるという結果がえられた、

これらの実験の過程を経て、私たちの仮説には誤りがあり、グラスハープにおける周波数は接触面積が決定すると結論づけることができる。

展望

今回私たちが行った実験では一つのガラスでしか行えなかった。そのため、他のガラスでも同じ公式を用いることができるのか、用いることができない場合、ガラス同士のどの部分の相違が公式の違いをもたらすのか。これらの事をより厳密に調べ、最終的にはすべてのガラスに用いることができる公式を導きたい。そのために、なぜ接触面積が周波数を決定するのか、他に考えられる要因はないか、などということを調べていきたい。

すべてのガラスに適用できるようになれば、グラスハープを用いた新たな娯楽商品(楽器など)の開発にもつながってくるのではないだろうか。どのような仕組みであればグラスハープの特性を生かすことができるのか、という事柄についても考えていきたい。

6. 引用文献・参考文献

グラスハープの振動特性について

グラスハープの周波数の変化に影響を与える要因

サリチル酸に似た物質をアセチル化できるのか

京都府立桃山高等学校 3年 ○松山優里 佐田莉緒菜 河村美悠 重松綾音 鈴山あんり

要旨

化学の教科書を読んで、解熱鎮痛剤として利用されているアセチルサリチル酸に興味を持った。私たちはサリチル酸に似た物質を探し、そのような物質がベンゼン環上にヒドロキシ基を持つならばアセチル化出来るという仮説を立てた。本研究では、サリチル酸に似た物質をアセチル化することで新たな解熱鎮痛剤の開発を目指すことにした。

今回の実験では 2-4 ジヒドロキシ安息香酸と 2-6 ジヒドロキシ安息香酸を用いた。結果は 2-4 ジヒドロキシ安息香酸は塩化鉄(Ⅲ)水溶液の呈色反応から判断してアセチル化出来たと言える。2-6 ジヒドロキシ安息香酸は結晶が析出しなかったため、アセチル化したかどうか判断できなかった。

1. 序論

サリチル酸は解熱鎮痛作用があることで広く知られている。しかし腹痛作用を引き起こすため、アセチル化されることで、腹痛作用を和らげている。アセチル化とは、無水酢酸を反応させることで、ヒドロキシ基をアセチル基に置き換える反応である。そのような反応が教科書に記載されていた。サリチル酸に似た構造の物質も同様にアセチル化できるのではないかと考え、ベンゼン環上にヒドロキシ基をもつ物質を探した。そして2つの物質について、サリチル酸と同じ方法でアセチル化を試みた。アセチルサリチル酸は解熱鎮痛剤として利用されているため、サリチル酸に似た構造の物質をアセチル化出来れば、新たな解熱鎮痛剤として利用出来るのではないかと考えた。

2. 研究手法

サリチル酸のアセチル化については論文を参考にし、アセチル化に最適な条件を模索した。その結果から、無水酢酸、濃硫酸の量を決定した。また湯浴の温度を 60℃、100℃にした場合、湯浴後氷水につける場合とつけない場合で条件を変化させた。

今回 2-4 ジヒドロキシ安息香酸と 2-6 ジヒドロキシ安息香酸に利用した実験手法は以下のとおりである。

①サリチル酸1gと同じ物質量の反応物を乾いたビーカーに入れ、そこに無水酢酸3mLを加えて振り、全体が湿っている状態にする。

②ビーカーを振らずに、濃硫酸を3滴加える。

③しばらく湯浴しておく、白い結晶が析出してくる。10分以上湯浴しても結晶が析出しない場合は、ガラス棒でビーカーの内壁をこするようにしていると、結晶が析出する。

④純水 40～50mL をビーカーに加え、ガラス棒で結晶の固まりを壊すようによくかき混ぜる。

⑤吸引ろ過する。

⑥生成した結晶に塩化鉄(Ⅲ)を加える。フェノール類は塩化鉄(Ⅲ)水溶液により特有の青紫～赤紫の色を示す。呈色した場合、未反応、呈色しなかった場合、アセチル化したといえる。

3. 結果・考察

結果

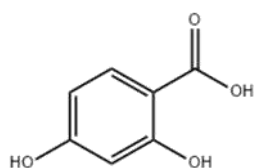
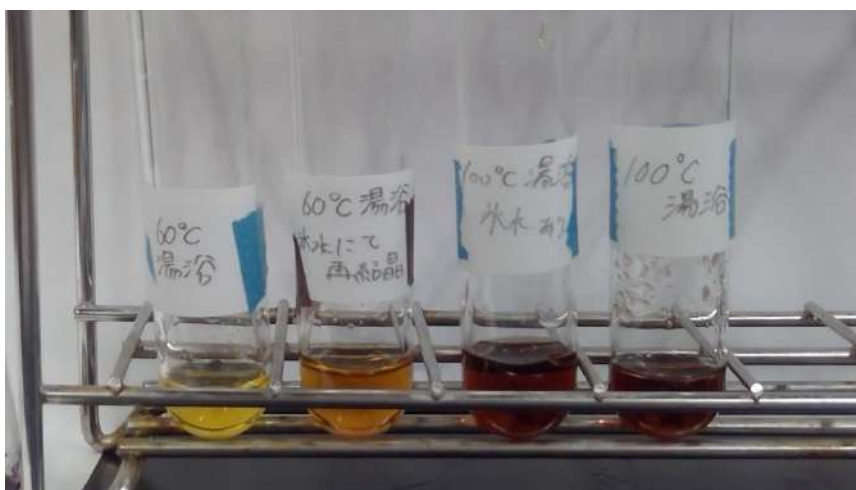


表 1 2-4 ジヒドロキシ安息香酸

	氷水なし	氷水あり
60℃湯浴	黄色	黄褐色
100℃湯浴	赤褐色	赤褐色

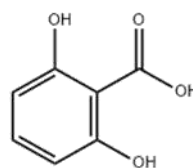


表 2 2-6 ジヒドロキシ安息香酸

	氷水なし	氷水あり
60℃湯浴	析出なし	析出なし
100℃湯浴	ごく少量の油滴	ごく少量の油滴

(写真は 2-4 ジヒドロキシ安息香酸を反応させた後、塩化鉄水溶液を加えた様子)

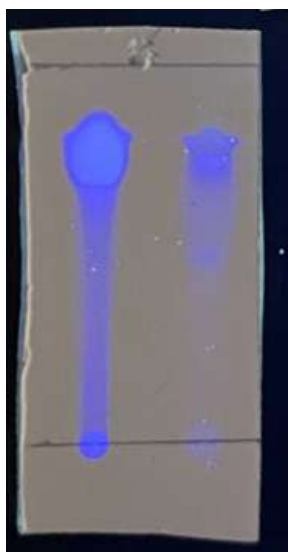
左から 60℃湯浴氷水なし、60℃湯浴氷水あり、100℃湯浴氷水あり、100℃湯浴氷水なし

また、TLC(薄層クロマトグラフィー)による検出を行った。

TLC は物質の成分を分離させることができ、それを利用して反応前後で物質に変化があったのかを確認した。

2-4 ジヒドロキシ安息香酸の反応前後の物質を付着させた後、溶媒のエタノールを染み込ませた。

その後紫外線をあてると、結果は以下の写真のようになった。



(左が反応前、右が反応後の物質を付着させたもの)

TLC に紫外線をあてると上がり方に差が見られた。また反応後は反応前には見られなかったスポットが表れた。

2-4 ジヒドロキシ安息香酸の収率の計算も行った。収率とは、化学反応によって理論的に得られると仮定した量と実際に得られた量の割合である。

2-4 ジヒドロキシ安息香酸の生成物は呈色しなかったため、ヒドロキシ基がすべてアセチル化した、またはヒドロキシ基が1つだけ反応した割合よりも2つ反応した割合のほうが大きいと考えた。

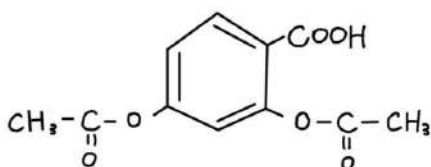
よってヒドロキシ基が2つともアセチル化した場合の式量 238g/mol を用いて計算する。

今回 2-4 ジヒドロキシ安息香酸(式量 154g/mol)を 1.12g 使用し、生成物の質量は 1.22g であった。

収率は以下の式で求められる。計算した結果は 70.48% であった。

アセチル化後の物質の物質質量	
収率 =	×100
2-4ジヒドロキシ安息香酸の物質質量	

$$= \frac{\frac{1.22}{\frac{238}{154}}}{1.12} \times 100 = 70.48\%$$



(2-4 ジヒドロキシ安息香酸のヒドロキシ基が二つとも反応した場合の構造式)

考察

2-6 ジヒドロキシ安息香酸は湯浴の温度、氷水の有無にかかわらず結晶を析出させることができなかった。

生成物を得ることができなかった原因として以下のことが考えられる。

①生成物が液体のものだった

②可逆反応が起こった

また 2-6 ジヒドロキシ安息香酸の電子分布によって、今回の実験手法では反応していなかった場合も考えられた。

2-4 ジヒドロキシ安息香酸では湯浴の温度、湯浴後氷水につけるかどうかを変えた 4 つの条件すべてにおいて、呈色反応が起こらなかったことから、二つあるヒドロキシ基の両方が反応した、もしくは一つだけ反応したものよりも二つ反応した割合が大きいと判断できる。

また TLC による検出では反応前後で溶媒の上がり方に差が見られ、反応前には見られなかったスポットが現れたことから反応後の物質が 2-4 ジヒドロキシ安息香酸と異なることが分かった。

そして 2-4 ジヒドロキシ安息香酸の収率は 70.48% と求められた。同様の研究を調べるとアセチルサリチル酸の収率は約 70~75% であるとわかった。よって、サリチル酸と 2-4 ジヒドロキシ安息香酸の収率は同等程度であると言える。

4. 結論・展望

結論

今回の実験では、2-4 ジヒドロキシ安息香酸をサリチル酸と同様の方法でアセチル化することができた。しかし、2-6 ジヒドロキシ安息香酸は結晶を析出させることができなかったため、アセチル化しているかどうかを判断

できなかった。よってベンゼン環上にヒドロキシ基がある物質ならばサリチル酸と同様にアセチル化出来るという仮説は正しいとは言えなかった。

2-4 ジヒドロキシ安息香酸については収率がアセチルサリチル酸と同程度であったことから二つの物質の反応のしやすさが近似していることが分かる。

展望

今回アセチル化することができた 2-4 ジヒドロキシ安息香酸について、二つあるヒドロキシ基が二つとも反応しているかどうか、構造について調べていきたい。TLC による検出で反応前後で物質の性質が変化していることが分かったが、どのように変化したのかも知りたいと思う。そして 2-4 ジヒドロキシ安息香酸の生理活性や毒性、サリチル酸との相違点について調べ、人体に悪影響がないかを調べたうえ、新たな解熱鎮痛剤の開発につなげたい。

また今回の実験では、2-4 ジヒドロキシ安息香酸と 2-6 ジヒドロキシ安息香酸の二つの物質でしか実験できなかったため、サリチル酸に似た構造を持つほかの物質についても同様にアセチル化を試みたい。

5. 引用文献・参考文献

アセチルサリチル酸の合成 ja (jst.go.jp)

数研出版「化学」

Hatsudy+: 総合学習サイト

「芳香族化合物の配向性と反応性: オルト・メタ・パラの配向性」

桃山高校に適したストームグラス

京都府立桃山高等学校 3年 ○杉谷優羽 野中美穂 彌永虎太郎 三浦悠聖

要旨

様々な条件を変えたストームグラスを製作し、基準のものと比較することでストームグラスの結晶の形を変化させる要因となるものを解明しようとした。

実験結果より塩化カリウムの割合が高いものは水層とエタノール層に分かれやすくなり、ショウノウ以外の物質は結晶の形の変化を促進していると考えられる。

1. 序論

ストームグラスは容器の中にできる白い結晶の形や量によって天気を予報できるとされている天気予報の道具で、19世紀ごろに主に船乗りたちが使っていたことがわかっている。先行研究では、ショウノウ、とがわかっている。また、ストームグラスにできる結晶の主成分はショウノウであることもわかっている。しかし、ストームグラスはあまり正確ではなく、なぜ結晶の形が変化するのかも分かっていない。陸上にある桃山高校とストームグラスが使用されていた船の上では環境が大きく異なると考えられるため桃山高校で使用することを想定し研究を行う。各成分量を調整し結晶の形が変化するメカニズムを確立し、桃山高校において正確に天気予報が行えるストームグラスを作成するため、本研究を始めた。

2. 研究手法

ショウノウ 13.0 g、硝酸アンモニウム 2.50 g、塩化カリウム 4.00 g をエタノール 40.0 mL と純水 30.0 mL の混合液にかし、ホットスタラーを 65℃、450 rpm に設定して混合液を入れた容器を中の液体が蒸発しないようにふたをし、固体が確認できなくなるまでかくはんした。この方法で製作したものを基準とし、条件を変えストームグラスを 14 個作成した。(図 1) これらのストームグラスを用いて 2 つの実験を行った。

	C10H16O	KNO3	KCl	NH4Cl	NH4NO3	液量
1	13		4.0		2.5	56
2	13		4.0		2.5	75
3	13		4.0		2.5	86
4	26		4.0		2.5	
5			4.0			
6		4.0				
7				2.1		
8					2.5	

	C10H16O	KNO3	KCl	NH4Cl	NH4NO3	液量
9	13		4.0			
10	13	4.0				
11	13			2.1		
12	13				2.5	
13	13					
14	13		4.0		2.5	
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)

(図 1)

実験1

作成したストームグラスを平日の桃山高校の 6 月から 10 月までの 4 か月間、朝休み(8:20)と昼休み(12:30)にそれぞれ 1 回ずつ写真を撮り、その日の気象情報とともに記録し、比較した。

実験2

(図 1)の1～4番のストームグラスを水に 60 秒間浸したのち取り出し写真を撮り、取り出してから 10 秒後に水に浸す工程を計 10 回行い、ストームグラス内の結晶の量や形の変化を観察する。なお実験に使う水は氷水(0℃)と温水(30℃)の 2 種類を用いて行う。

3. 結果・考察

実験1

結果1 ショウノウの含有量

(写真1)より、標準となるストームグラスに含まれているショウノウの倍

量含まれている④のストームグラスは、標準となるストームグラスより結晶化しやすいことがわかった。

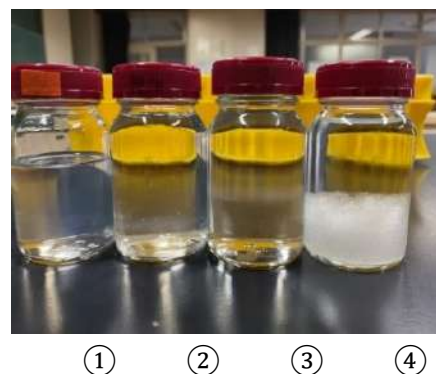


写真1

結果2 塩化カリウム

(写真2)より⑨の塩化カリウムの割合が高いストームグラスは水層とエタノール層に分離しやすくなったことがわかった。

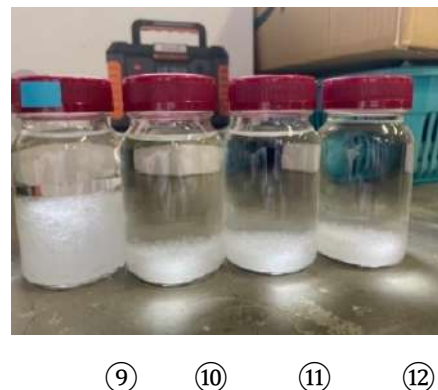


写真2

結果3 ショウノウと気象条件

(写真 3.4.5)は6月19日に観察したものである。6月19日の気象条件は、晴れ・気温 24.7℃、湿度 56% である。また、(写真 6.7.8)は6月23日に観察したものである。6月23日の気象条件は、雨・気温 22.8℃・湿度 81%である。⑬の純水、エタノール、ショウノウのストームグラスは晴れの日と雨の日で結晶の形に大きな変化はないが、その他のストームグラスでは結晶の形に大きな変化がみられる。



写真3 ↑

⑬ ⑭

写真6 ↓



写真4 ↑

① ② ③ ④

写真7 ↓



写真5 ↑

⑨ ⑩ ⑪ ⑫

写真8 ↓



実験2

結果1 氷水(0℃)

操作 0 回目 00 秒



写真9

操作 5 回目 300 秒



写真10

操作 10 回目 600 秒



写真11

操作を重ねるごとに結晶の量が増えた。

結果2 温水(30℃)

操作 0 回目 00 秒



写真12

操作 5 回目 300 秒



写真13

操作 10 回目 600 秒



写真14

操作を重ねるごとに結晶の量が減った。

考察

＜実験1＞

結果①にある、ショウノウが多く含まれるストームグラスは結晶化しやすいことの原因として、ショウノウは水に難溶な物質であるため、ショウノウを多く加えると加えた分溶解されずに結晶が析出したと考えられる。

結果②にある、塩化カリウムの割合が大きいストームグラスは水層とエタノール層の二層に分かれやすくなることの原因として、エタノールよりも水和力の強いイオン性の物質が多くなるため、水がエタノールと水和しにくくなったためであると考えられる。

結果③にある、ショウノウのみを溶質としているストームグラスは他の溶質が含まれているストームグラスよりも気象条件による結晶の形に変化があまり見られないことから、ショウノウ以外の物質が気象条件の変化を受けやすく、結晶の形の変化に大きく影響していると考えられる。

＜実験2＞

結果①より、温度を下げると結晶の析出量が増えることから、気温が低い時期に結晶の析出量に変化が見られやすいストームグラスを作成するためにはショウノウの量を減らし、反対に結果②より、温度を上げると結晶の析出量が減ることから、気温が高い時期にはショウノウの量を増やすと良いと考えられる。

4. 結論・展望

結論

今回の研究を通して、ショウノウがストームグラスに含まれる物質(ショウノウ、塩化カリウム、硝酸アンモニウム)の中で最も結晶化しやすいことが分かった。しかし、ショウノウだけでは気象条件の変化を受けないことから、結晶の析出量や形はショウノウ以外の物質で決まることが分かった。

展望

今回の実験で気象条件による変化が大きかった「ショウノウと塩化カリウム」「ショウノウと塩化アンモニウム」「ショウノウと硝酸アンモニウム」の組み合わせの3つのストームグラスを、溶質の量は変化させずに溶媒の量のみを減らしたものを用意し、それらを観察し対照実験を行いたい。

また、今回の実験は6月から10月の主に夏から秋にかけて行ったので、冬や春などほかの季節でも観察を行い、季節によってストームグラス内の結晶にどのような変化が現れるのか調べたい。

これらに加え、ストームグラス内の結晶の量だけでなく形にも着目し、気象の変化が結晶の形の変化にどのような影響を与えるのか調べ表などにまとめることで、詳しい知識のない人でもストームグラスを使用して天気予報を行えるようにしたい。そのためにより細かく観察を行い、記録したい。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導くださった鬼頭先生に感謝申し上げます。

6. 引用文献・参考文献

- ・京都府立桃山高等学校「古来の天気予報」
- ・兵庫県立尼崎小田高等学校「ストームグラスの原理解明に向けて」
- ・早稲田大学本庄高等学院 実験開発班「魅了する科学実験」

酸化タングステン(VI)のフォトクロミズム特性の制御

京都府立桃山高等学校 3年 ○鬼武陽世 黒澤凜音 飯田虎垂 譙欣瑤

要旨

先行研究より、酸化タングステンゾルに紫外線を照射すると青が発色するが、 Cu^{2+} を添加すると黄と緑が段階的に発色することが分かっている。先行研究は透析を行っているが本研究では透析後の酸化タングステンの濃度が測定できないため、ゾルを調整する際の酸で溶液内の条件を変えて実験を行った。しかし酸を変えても反応性が酸によって変化するだけで、多段階の変色は見られなかった。酸化タングステン(VI)のフォトクロミズム特性を制御するには、pH の制御と余分なイオンの排除が必要であると結論付けた。

1. 序論

紫外線を吸収して色が変わる飛行機の窓の調光ガラス等に应用されるフォトクロミズムを使った研究を行う。クロミズムとは、外部からの刺激によって色が可逆的に変化する現象の一種である。酸化タングステンをはじめとした無機化合物のフォトクロミズムは酸化還元反応によって起こるものであり、紫外線を照射することで溶液の色が変化する。また、フォトクロミズム特性の一つに繰り返し特性というものがある。繰り返し特性とは紫外線を照射して色の変化した溶液を数時間放置すると徐々に退色が見られ、再び紫外線を照射すると発色するという特性である。無機化合物の繰り返し特性は有機化合物の繰り返し特性に比べ耐久性が高い。しかし無機化合物のフォトクロミズムは物質によって色が決まっており、多様な発色を見込めない。酸化タングステンのフォトクロミズムの反応では、775 nm 付近に波長の吸収が見られ、青を発色する。先行研究(出典1)では調製した酸化タングステンのコロイド溶液に銅イオンを加えて紫外線を照射すると450 nm 付近に吸収がみられ、次に775 nm の吸収が増加し、溶液の色が黄色から緑になることが挙げられている。この先行研究を応用し多色の繰り返し使用が可能なインクをつくるのが本研究の最終目的である。

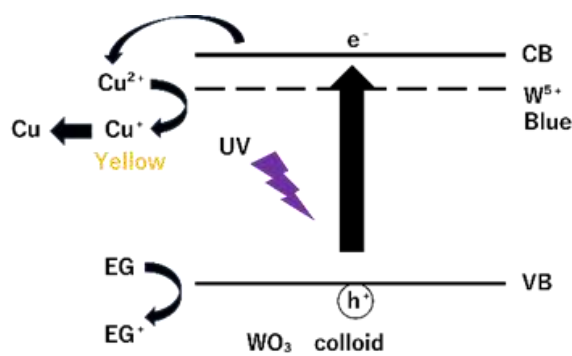


図 1 多段階フォトクロミズムの原理



図 2 Cu^{2+} を添加した際の多段階のフォトクロミズム (山口大学の研究より)

	無機化合物	有機化合物
反応の原理	酸化還元反応	酸化還元反応 ラジカル状態への変化
繰り返し特性の耐性	強い	弱い
色の多様性	少ない	多い

表 1 無機化合物と有機化合物のフォトクロミズム特性の比較

2. 研究手法

先行研究(出典 1)は透析を行った実験であるが、本研究では透析後の酸化タングステンの濃度の測定が不可能なため行うことができなかった。そのため、実験に使用する酸化タングステンゾルを調整する際の滴下する酸を変更し、条件を変えて実験を行った。実験 I では 0.48 M (mol/L) の Na_2WO_4 水溶液 30 ml に 7.0 M に調製した HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 、 CH_3COOH をそれぞれ攪拌しながら滴下してコロイド溶液を調製する。 H^+ の価数の関係上、 HCl 、 HNO_3 、 CH_3COOH は 3.2 ml、 H_2SO_4 は 1.6 ml 滴下した。その後沈殿が完全になくなるまで 30 分攪拌する。そこに $\frac{[\text{EG}]}{[\text{WO}_3]} \geq 3.0$ となるようにエチレングリコールを 1 ml 加え 0.43 M の WO_3 ゾルを調製する。なおエチレングリコールは O の価電子帯から励起した電子のホールをふさぎ、安定剤の役割をする。できたサンプルに波長 365 nm の紫外線を五分間あてる。実験 II では反応性が最も高かったゾルにそれぞれ Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} を添加し挙動の確認を行う。



図 3 実験の様子

3. 結果・考察

結果

実験 I

HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 を調製に使用した WO_3 ゾルは 775nm の波長の吸収が確認できた。 CH_3COOH を調製に使用した WO_3 ゾルは波長の吸収が確認できなかった。吸光度の最大値が設定限界を超えており吸収の最大値を確認することができないが HCl のピーク幅が最も広いことから HCl の最大値が最も高いと推測される。

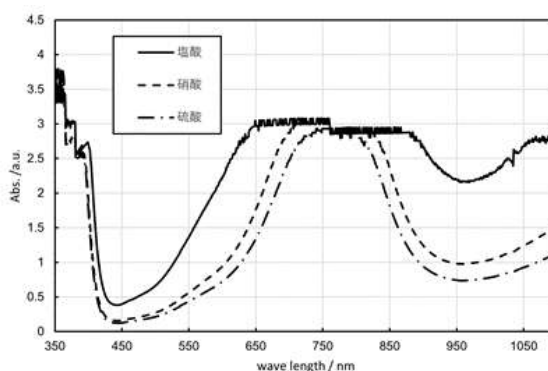


図 4 酸を添加し UV を 5m 添加した吸光度

実験 II

実験 I より HCl を用いた WO_3 ゾルが最も反応性が高いと推測されるため、 HCl を用いた WO_3 ゾルに Cu^{2+} を添加し、紫外線を照射したが、先行研究のような多段階の変色は見られず金属イオンを添加していないときの酸化タングステンの発色と変わらなかった。しかし、変色した溶液を攪拌すると 5 秒程度で退色した。同様に Fe^{3+} や Fe^{2+} を添加したが、どちらも Cu^{2+} を添加したものと同じく退色が早まるだけで多段階の発色は見られなかった。

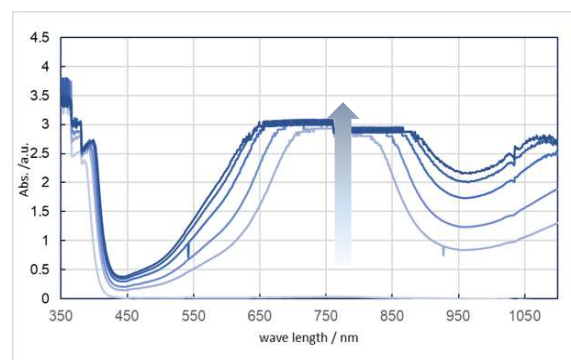


図 5 HCl を用いたサンプルの 0m～5m の吸光度

考察

Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} を加えても多段階のフォトクロミズムが起こらなかった理由として、先行研究(出典 1)では行っていた透析を本研究では行わなかったことが挙げられる。透析によって余分なイオンが排除され、その過程で pH が上昇する。本研究ではこの過程がないことで、ゾルの pH が低く、 Cu^{2+} が還元されにくいことが考えられる。よって先行研究のように多段階に発色しなかったと考えられる。また退色が早まったのは、 W^{5+} から W^{6+} 間の電子の移動よりも W^{5+} から Cu^{2+} 移動が起こりやすいことが挙げられる。 Cu^{2+} が存在することで、 W^{5+} から W^{6+} に移動する電子が Cu^{2+} に奪われることで退色が早まるためであると考えられる。

4. 結論・展望

結論

コロイド溶液に加える酸の対陰イオンの種類がフォトクロミズム特性に影響を与える可能性があり、塩酸、硫酸、硝酸の中では、塩酸が最も強くフォトクロミズム特性を強く発現させた。また、 Cu^{2+} を添加する実験から、多段階のフォトクロミズムを実現させるためにはコロイド溶液の pH を制御する必要があると考えられる。

展望

透析をしたコロイド溶液の濃度を測定することが不可能なため、今回の実験ですることはできなかったが、加える酸を変えて、透析した場合の挙動の変化や Cu^{2+} やその他の金属イオンを加えたときの挙動の違いを検証したい。

また溶液の pH がフォトクロミズム特性に及ぼす影響を検証し、フォトクロミズム特性を最大限引き出すことのできる最適 pH の検討を行う。様々な発色を実現し、最終的には繰り返し使用できるインクやポリビニルアルコール (PVA) を使用して紫外線を吸収し、かつ様々な色に変化するフィルムを作成する。このフィルムを窓に使用することで太陽が昇ると絵が現れる窓を作ることができる。また、先行研究(出典 2)よりフォトクロミズム特性を持つ PVA を使用したフィルムには断熱効果が示されており、夏季の冷房使用の減少につながることで地球温暖化の促進を抑制することが期待できる。

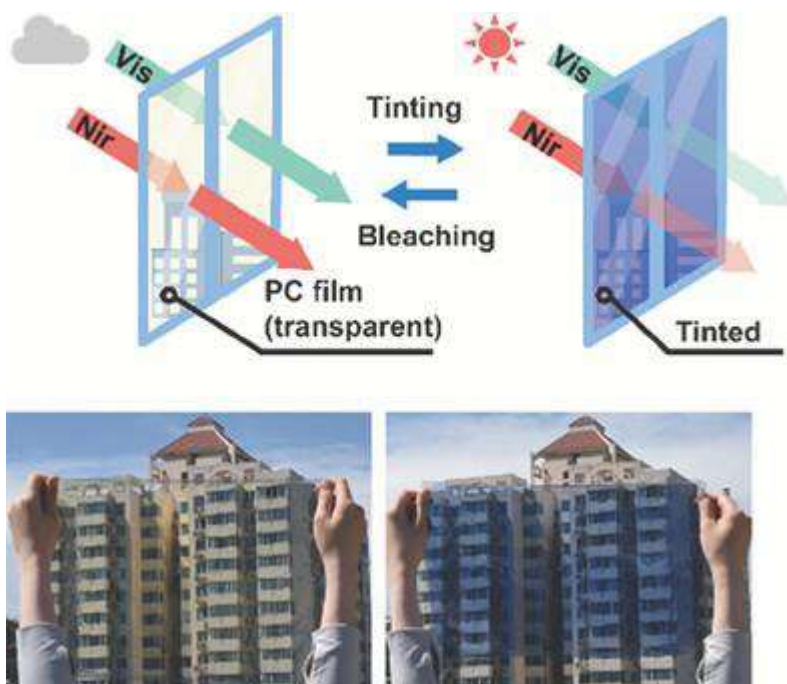


図 6 フォトクロミズム特性を持ったフィルムの応用例

5. 引用文献・参考文献

Koki Isoyama et. al, “Multistep photochromism by using photoinduced redox reaction in tungsten oxide colloidal solution containing Cu (II) ion.”

Volume 635 20 February 2022, 128060 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775721019294> (図2)

色が変わる分子〜クロミック分子〜 Chem-Station

<https://www.chem-station.com/blog/2005/05/chromotropism.html>

Yong Zhu et. Al, “WO₃ quantum dot photochromical film”

Volume 239 1 June 2022, 111664 Solar Energy Materials & Solar Cells

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092702482200085X>

Weihao Meng et. al, “Scalable Photochromic Film for Solar Heat and Daylight Management”

Volume 36, issue 5 05 November 2023, 2304910 Advanced Materials

<https://onlinelibrary.wiley.com/toc/15214095/2024/36/5> (图6)

虫に学習能力はあるのか

京都府立桃山高等学校 2年 上村 結杜 角倉 誠 田中 輝

要旨

私たちの研究では、比較的安価で飼育のしやすいフトホシコオロギ(以下コオロギ)とダンゴムシを使って、学習能力があるのかどうかを、迷路実験をさせることによって確認したが、実験方法が適していなかったため、虫に学習能力があるのかどうかは、判断できなかった。

1. 序論

私たちは虫の学習能力を調べた。きっかけは、プラシーボ効果が虫で起こる可能性があるのかを知りたかったからである。プラシーボ効果とは、偽薬効果というもので人間に確認されている思い込みによる体の変化である。例として効果のない偽薬の薬を飲んだのにもかかわらず、その薬によって何らかの症状の改善がみられるようなことが挙げられる。私たちは、罰や報酬による症状を観察する方針で研究を遂行する。先行研究から、学習能力があるとされているミツバチなどが持つ記憶をつかさどる「キノコ体」という脳の最高次中枢(神経)(図1)をコオロギが持っていること、ダンゴムシには脳と同じような器官及び組織がみられないことが分かっている。これより、コオロギは学習し、ダンゴムシは学習しないと仮説を立てた。

今回の研究の実験対象にコオロギを選んだ理由として、コオロギはインターネットで簡単に入手可能で飼育しやすいからであり。また、ダンゴムシを選んだのは、ダンゴムシは交替制転向反応(※)と呼ばれる本能があり、学習したと判断しやすいと考えたからである。

※交替制転向反応とは、ダンゴムシが外敵から逃げるとき、障害物にぶつかる左右どちらかに曲がり、その次に障害物にぶつかる先に曲がった方向とは違う方向に曲がる本能的行動である。(図2)

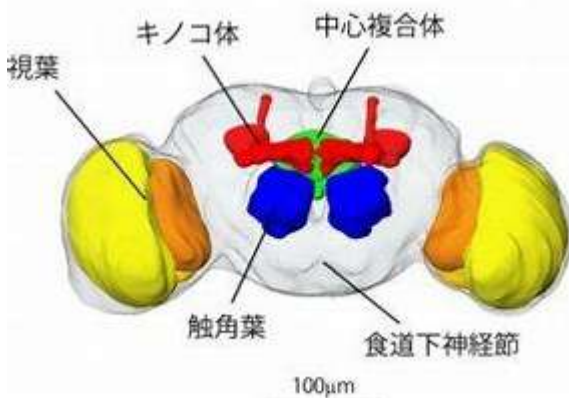


図1

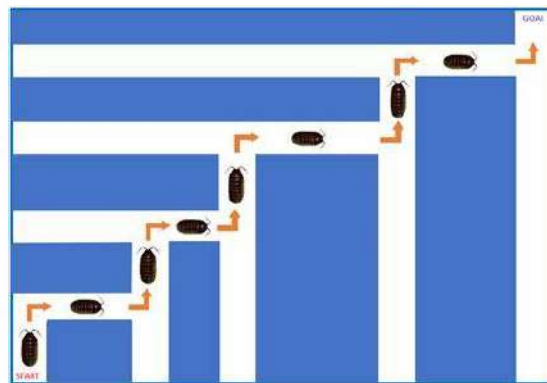


図2

2. 研究手法

・コオロギ

迷路(図3)を作成し、スタートとゴールを設定する。そして、コオロギがスタートからゴールに到達するまでにかかった時間を計測し、その時間が実験を重ねるうちに短くなれば学習したと判断する。この実験を行うときにコオロギが停止すれば、停止から三十秒で刺激を与え、進行を促す。

・ダンゴムシ

迷路(図4)を作成し最下点をスタート、スタートから右→左→左と曲がった点をゴールに設定する。もし、ダンゴムシが右→左→右の交替制転向反応におりの行動をすれば、二回目に右に曲がった瞬間にピンセットで触角を刺激し、左に曲がるように罰を与える。



図3

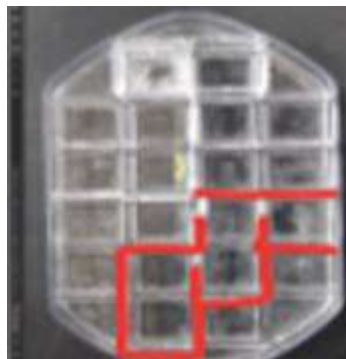


図4

3. 結果・考察

〈ダンゴムシ〉

個体 A:12 回実験を施行。6 回目を除くすべてにおいて罰を必要とした。

個体 B:22 回実験を施行。15 回目以降、罰を与える必要なく右→左→左の転向をした。

個体 C:25 回実験を施行。19 回目以降、21 回目のエラー以外の 6 回全てにおいて、罰を与えず右→左→左の転向をした。

個体 D:7 回実験を施行。7 回目の一度だけ罰を与えることなく右→左→左の転向をした。

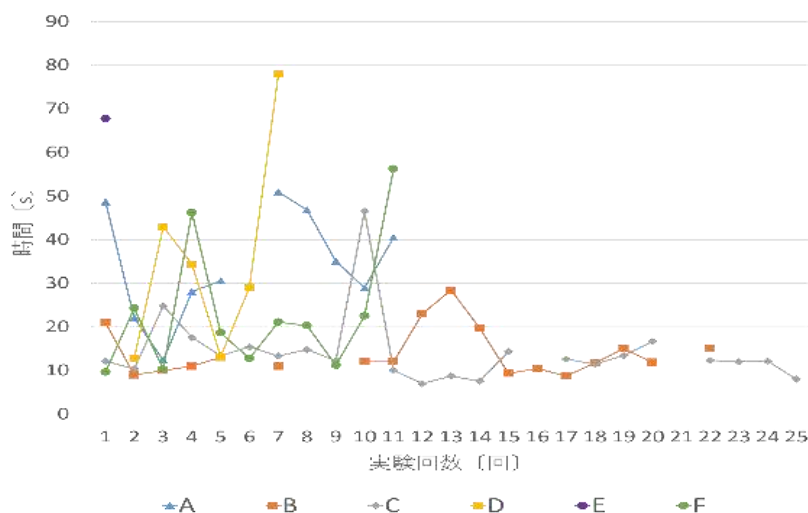
個体 E:6 回実験を施行。2～5 回目ではエラーとなり実験の継続が不可能と判断し、個体 E での実験を中断した

個体 F:15 回実験を施行。全ての施行に罰が必要であった。12 回目からエラーであった。

(図5)

横軸:実験回数〔回〕

縦軸:スタートからゴールまでに要した時間〔秒〕



〈コオロギ〉

実験の施行回数を個体 A～D で 5 回に統一

個体 A:3,5 回目がエラー。4 回目に逆走などで時間が大幅に伸びた。

個体 B:エラーなし。5 回を通して時間はあまり縮まなかった。

個体 C:1,4 回目がエラー。4 回目に逆走などで時間が大幅に伸びた。

個体 D:3 回目以降が、迷路の途中で立ち止まるなどでゴールにたどり着かず、エラー。

(図6)

	1	2	3	4	5
個体A	1"35'27	37'74	E	4"26'00	E
個体B	29'55	2"57'54	1"46'49	32'43	1"57'21
個体C	E	2"57'04	2"38'18	4"42'29	E
個体D	2"41'91	2"18'26	E	E	E

〈2つの実験を通しての考察〉

実験する装置に欠陥があったり、実験する回数が足りていなかったことにより、確信が持てるほどの十分な結果ではないと考えた。欠陥の例は、ダンゴムシ、コオロギともに通過するルートの幅が狭いこと、使っていた装置が個体の体力的に無理のある距離で設計していたこと、実験対象が前進以外の行動をしてしまうことなどが挙げられる。また、ダンゴムシの実験結果のように、個体 B,C は学習したと見られる一方で、個体 A,D,E,F は学習したとは言えないという結果となった。このような個体による実験結果の変化の明確な原因が今回の実験からはわからない。したがって、ダンゴムシとコオロギは学習しているかどうかは判断できないと考えた。

4. 結論・展望

〈結論〉

今回行った実験結果からは、ダンゴムシとコオロギにおいては学習能力があるかどうか判断することが難しかった。

〈展望〉

今後は、より正確な実験を行える方法の確立、快適に実験が行えるような装置の製作を行ったのち、学習能力の有無の定義を明確化することなどが挙げられる。また、今回の実験では、一つの飼育ケースで飼育していたコオロギの個体数が多すぎたために、共食いの発生、産卵の衰弱死でのコオロギの全滅など、学習能力の有無を調べる実験を行う前に、コオロギが弱ってしまった。そのため、個体数をなるべく維持できるような飼育環境を整えることも挙げられた。ほかにも、今回の実験では、ピンセットでつつくという罰による学習の実験を行ったので、においなどの報酬による実験も行いたい。

6. 引用文献・参考文献

論文「コオロギの匂い学習と記憶」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/25/1/25.1.11/_pdf

カリウムによる気孔の開閉と蒸散量の変化

京都府立桃山高等学校 2年 前田絢音 石原佑夏 住野緒音 下津朱里

要旨

名古屋大学の研究により、気孔がよく開いている植物のほうが葉の表面の温度が下がることが明らかになっている。そこで、より気孔を開かせる方法とより蒸散させる方法について研究した。実験ではカリウムを与え、気孔や水量の変化を観察した。結果としてカリウムを与えても蒸散量の増加を観察することはできなかった。

1. 目的

現在地球温暖化が問題となっており気温が年々上昇している。そこで私たちは植物の蒸散によって、気温を下げることに目をつけ、その効果をさらに高めるために蒸散量を増やす方法を見つけることを目的とした。

2. 先行研究

名古屋大学の研究グループは気孔が開いたほうが葉面温度が低くなることを明らかにしている。気孔は孔辺細胞にカリウムを取り込み、そこで生まれた浸透圧により孔辺細胞が水を吸って膨らむことによって開いている。

3. 仮定

植物にカリウムを与えると、気孔がより大きく、よりたくさん開くようになる。

4. 研究手法・結果

今回の実験では、気孔の様子を観察しやすいのでツユクサを使用した。

実験 1.

1つ目の実験ではカリウムを与えたことによる時間経過ごとの気孔の開閉への影響を調べた。

方法

カリウムを土にあたえ、時間経過による気孔の開閉の変化を観察する。カリウムが主成分の肥料(硫酸カリウム)を13グラム与え、与えた日を含めて7日間昼の12時に記録をとる。それぞれの鉢の植物の葉8か所(日光に当たりやすい先端部分と当たりにくい根本付近)の葉気孔の様子をスンプ法で顕微鏡を用いて観察し、気孔が開いている数を数える。

スンプ法とは

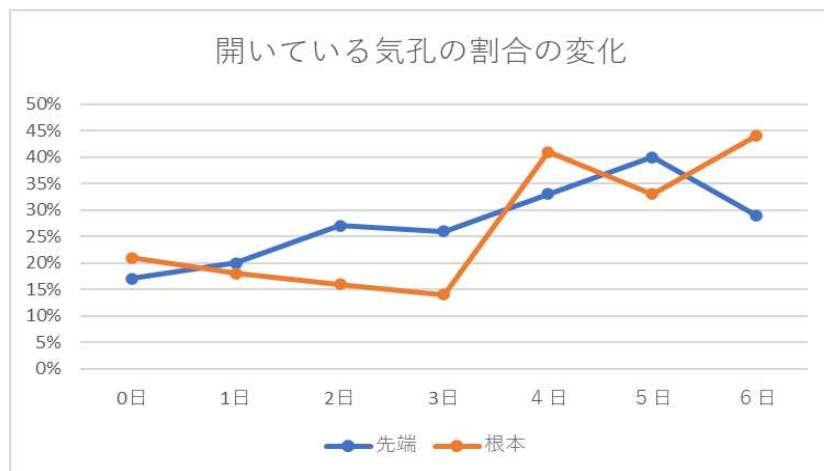
スンプ法は、葉にスンプ液を塗布し、かためて型を取り、その型を観察する方法である。今回はスンプ液として液体絆創膏を使用した。



(スンプ法を使用して観察した気孔) (使用した硫酸カリウム)

結果 1.

気孔の開いた割合が、下図のように、1～4日目が約20%。5日目以降は35%以上になった。
天気はいずれの日も曇りであった。



実験 2.

この実験ではカリウムを与えることによる蒸散量の変化を調べた。

方法

3つのメスシリンダーにそれぞれ水を入れて、そこにツユクサを差し、水量の変化を見る。

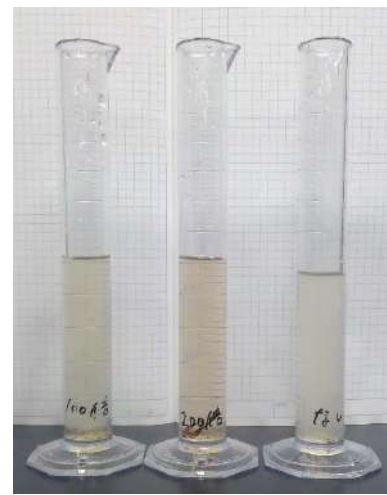
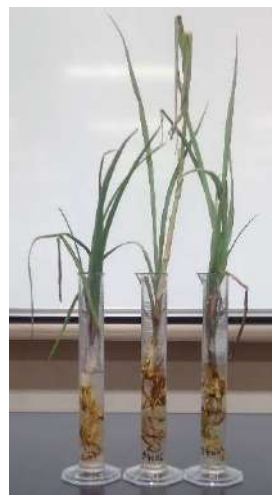
1:カリウムなし

2:カリウムを 200 倍に薄めて入れる

3:カリウムを 100 倍に薄めて入れる。

ツユクサを差ししてから10日間の蒸散量を記録した。

今回の実験では、ツユクサを差さずに置いていたメスシリンダーの水がほとんど蒸発しなかったもので、水面からの蒸発による結果への影響はなかったこととする。

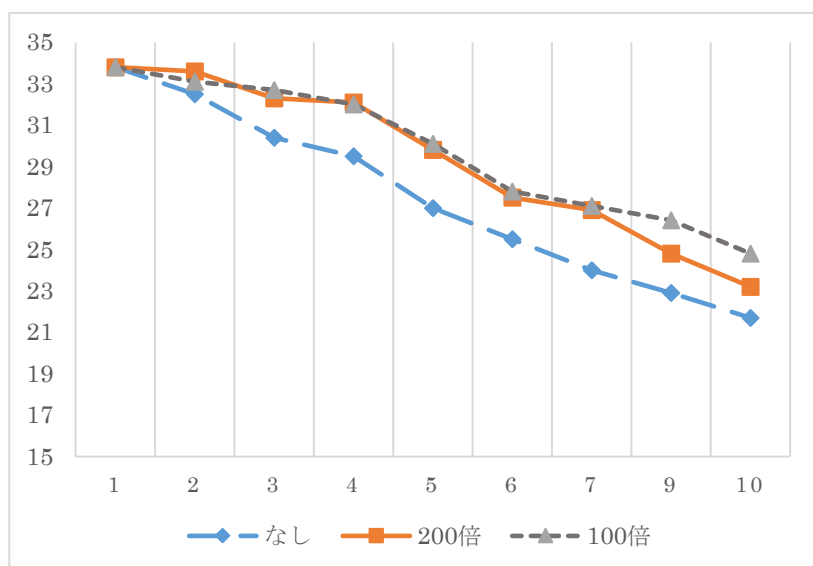


結果 2.

1が一番水を吸った。カリウム水の濃度が濃いほうが水を吸いにくいことが分かった。10日間観察した結果、下図の通り、1が21.7ml、2が23.2ml、3が24.8mlまで水を吸った。一日に減った量の平均は、1が一日に1.2ml、2が1.1ml、3が0.9mlとなった。

1が21.7ml、2が23.2ml、3が24.8mlまで水を吸った。一日に減った量の平均は、1が一日に1.2ml、2が1.1ml、3が0.9mlとなった。

	1	2	3	4	5	6	7	9	10
なし	33.8	32.5	30.4	29.5	27.0	25.5	24.0	22.9	21.7
200 倍	33.8	33.6	32.3	32.1	29.8	27.5	26.9	24.8	23.2
100 倍	33.8	33.1	32.7	32.0	30.1	27.8	27.1	26.4	24.8



(実験2:水量の推移)

5. 考察

実験1

今回の実験では対照実験ができておらず、カリウムの効果がどの程度なのか正確にはわからなかったが、カリウムの効果は5日目以降に現れると考えられる。また、葉の先と根本のほうでカリウムの効果に違いはないと考えられる。

実験2

天候や気温によって多少のずれはあっても、カリウムの効果により蒸散量が増加し、水の減少量も増加すると考えていたが、カリウムの濃度が大きいほど水の減少量は少ないという、予想とは逆の結果となった。

それは、カリウムの濃度が大きいほど根の浸透圧が高くなり、吸水量が減少したからだと考えられる。

また、カリウムの濃度が100倍のものと200倍のものでは9日目以降にしか違いがみられなかったが水のみのもとの変化の仕方の違いが大きかったためカリウムによる影響はあったと考えた。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、桃山高校玉置 暢臣先生、粥川 絢子先生には終始適切なご指導をしていただきました。心から感謝いたします。また、桃山高校の先生方には、多大なご助言、ご協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

7. 今後の展望

- ①長期間の実験を行ったり、より多くのデータをとったりして、カリウムによる効果がどれほどのものか調べる。
- ②浸透圧の影響を受けない実験方法を考える。
- ③複数の植物で実験を行い、カリウムの効果をより得られる植物を探す。
- ④人口気象器を使って、気候の影響を受けないようにして、再度実験1を行う。
- ⑤メスシリンダーを多く用意し、適切な濃度を見つける。
- ⑥実験2でカリウムの濃度が100倍のものと200倍のもので9日目以降にしか違いがみられなかった原因を調べる。

⑦周りの環境によりカリウムの効果に違いが生じるのか調べる。

8. 参考文献

葉の気孔の「開く・閉じる」を科学する-植物科学のトビラ(plant.resilience.jp)

四つ葉のクローバーの発見と栽培方法

京都府立桃山高等学校 2年 ○川崎泰聖 角田翔大 高見亮徳 桐畑暁希 中谷一翔

要旨

四つ葉のクローバーは幸せのシンボルとして多くの人に愛されてきた。我々はその四つ葉のクローバーを自らの手で発生させることができれば、多くの人を幸せにできるのではないかと考え、この研究を開始した。

本研究では葉原基へ刺激を与えるという方法に着目し、歯ブラシと柄付き針の2種類の道具を用いて刺激方法と四つ葉のクローバーの発生数の関係を調べた。

その結果、柄付き針で刺激を加えたクローバーの中に1つだけ四つ葉のクローバーが発見された。また、三つ葉のクローバーだけでなく奇形のクローバーの出現も確認された。

結果からできる考察として、自然界での四つ葉のクローバーの発生確率は10000分の1と言われており実験では、栄養の有無や気温の変化などの要因によって四つ葉のクローバーが発生した可能性も考えられるので、この結果から四つ葉のクローバーを発生させるための最適な刺激方法は、柄付き針による刺激だと断定することはできない。

今後の展望として、刺激方法の追加、刺激の強さの数値化、遺伝的要因の検証、クローバーの母数を増やすこと、などが挙げられる。

1. 序論

四つ葉のクローバーは、幸せを運んでくると多くの人に信じられている。四つ葉のクローバーは童話や絵本、映画など様々な場面で幸せのシンボルとして扱われている。私たちは四つ葉のクローバーを意図的に発生させることができれば、愛する人を幸せにできると考え、その方法を確立したいと考えた。

植物には葉原基と呼ばれるものが存在する。先行研究によると、植物は種を植えたのち、子葉が生えその間から本葉(第一本葉)が生えてくる。その本葉の基となるのが葉原基である。先行研究では、クローバーの葉原基を刺激することにより葉原基が突然変異を起こし、四つ葉のクローバーが発生する、と記されていた。そこで、私たちは葉原基に刺激を与えることで四つ葉のクローバーを発生させる方法に着目をして研究を進めた。



* 葉原基を双眼実体顕微鏡で観察したもの

2. 研究手法

プランター、クローバーの種、栽培用の土を全て市販のもので用意した。プランターは4つ用意し、それぞれクローバーの種を100粒ずつ植えた。プランターごとに刺激の方法を以下のように設定し、毎日水やりを行い、日当たりなどの生育環境をそろえて、四つ葉のクローバーが発生するかを観察した。

<刺激方法>

I)発芽直後及び本葉展開後の葉原基に歯ブラシを用いて刺激を加える

II)発芽直後及び本葉展開後の葉原基に柄付き針を用いて刺激を加える

以上の2つの刺激方法を、1度につき20回ずつ行って、それぞれ2つのプランターに実施した。この2種類の刺激にした理由は、柄付き針は葉原基があると考えられる部分をピンポイントで刺激するものに対して、歯ブラシはおおよその場所を広範囲に刺激することができるためである。

本研究での実験期間は以下の通りである。

第一回:6月8日～6月29日

第二回:7月6日～7月26日

第三回:8月18日～9月14日

第四回:9月14日～11月16日

※1回目の実験では 歯ブラシを用いる実験と、柄付き針を用いる実験は一つのプランターのみで行った。

3. 結果・考察

結果

本実験において発生したクローバーの数、及び四つ葉のクローバーの数は以下の表のとおりになった。

〈表 刺激方法とクローバーの発生数の関係〉

実験 方法	三つ葉の数				四つ葉の数			
	1回目	2回目	3回目	4回目	1回目	2回目	3回目	4回目
歯ブラシ①	198	125	21	84	0	0	0	0
歯ブラシ②		79	18	236		0	0	0
えつき針①	248	178	39	124	0	1	0	0
えつき針②		227	50	239		0	0	0

二回目の柄付き針による実験で1つ四つ葉が確認できた

三回目までは実験を重ねる毎に三つ葉の数が減少し四回目では増加が確認できた

四回目の柄付き針の実験では対称性のみられる奇形のクローバーが複数個確認できた



・本研究で得られた四つ葉のクローバー



・対称性のみられた奇形のクローバー

考察

本研究で得られた四つ葉のクローバーの数は1つであった。その四つ葉のクローバーを与えられた刺激によって発生したものと断定することはできない。その理由は3つある。

1つ目は母数が少なすぎるということだ。自然界で四つ葉のクローバーが発生する確率は $1/100000 \sim 1/10000$ と言われている。そのため、栽培する数を増やし分母を近づけ、その確率を調べ、自然界で発生する確率と比較することで初めて、我々が与えた刺激が四つ葉のクローバーの発生に影響を与えていると断定することができる。現在は発生数を増やすことを目的としているが、最終的には自然界の発生率を超えた $1/1000 \sim 1/100$ の四つ葉の発生率を目標としている。

2つ目は刺激の強さが均一でないということだ。本研究では班員それぞれが1つのプランターを担当して刺激を行ったものの、人力で行う以上、全体の栽培を通してすべての刺激を均一な力で行えたとは言い難い。そこで刺激を、何らかの機械を用いて行ったり、一定の位置から物体を落としたりして均一化、数値化することが必要だと考えた。

3つ目は葉原基を刺激できていない可能性があるということだ。葉原基は目視では確認できないほど小さく、的確に刺激するのが難しい。そのため葉原基を確認しながら実験を行う方法を考える必要があると考える。

次に分枝数の減少についてだが、本研究では三回目と四回目の実験の間で使用していた土を変更した。三回目までは分枝数が減少していたのは、栽培を重ねるごとに土に含まれる栄養が減少したからだと考える。そのため土変更後の四回目の実験では分枝数が三回目に比べ増加したと考えられる。四つ葉のクローバーは自然と公園などに生えていることからわかるようにほかの植物と比較すると栄養の必要としない植物であるが、本研究では分枝数の減少が見られたため、さらに研究を進める必要があるだろう。

次に奇形のクローバーについて、本研究では奇形のクローバーには対称性が見られた。その理由として柄付き針の刺激により、成長過程で、本葉になるはずの開く前の葉原基に強い刺激が加えられたことで葉原基が損傷し、葉が開いた際に対称的に傷のついた奇形のクローバーが発生したと考えられる。実際に歯ブラシによる刺激を行った実験では奇形のクローバーは確認されなかった。

最後に、実験全体を通して、歯ブラシで刺激を加えるよりも、柄付き針で刺激を加えたプランターの方が多くクローバーが発生した。これは、歯ブラシがクローバーの器官全体に影響を与えたことで、成長を妨げたためだと考えられる。

4. 結論・展望

結論

本研究では目的の四つ葉が1つしか得られず、実験方法も不正確であったため、四つ葉のクローバーを発生させるための最適な刺激方法を、柄付き針による刺激であると断定することはできない。

展望

今後は従来の実験の試行回数を増やし、より正確な数値を出すことを第一に取り組みたい。それと並行して、刺激方法の追加、刺激の強さの数値化や一般化に取り組んでいきたい。具体的には、汚染された大気の中で間接的に刺激を与えての栽培や、ある高さからレンガを落とすなどのだれでも再現できるような実験にするといったことを考えている。

さらに、今回の実験で発生した奇形のクローバーの対称性と刺激方法の関係について調べたい。

また、葉原基については未だ解明されていないことがあるため、詳細理解を進める必要があると考える。これらの点を改善し、最終的には四つ葉のクローバーの栽培方法を確立させ、世界中の人を幸せにしたい。

5. 謝辞

本研究を進めるに当たって四つ葉のクローバー研究家である折戸裕美さんにご協力いただきました。
お礼申し上げます。

6. 引用文献・参考文献

1. 新潟県立高田高等学校 2018. クローバーの四つ葉形成の考察
2. 高松第一高校 2019. 三つ葉のクローバーを四つ葉にする方法を探る
3. 京都府立洛北高校 2022. ストレスを与えられたクローバーは四つ葉になるのか
4. 岐阜県立恵那高校 2022. 四つ葉のクローバーの発生条件

プラナリアを増殖させるには～Growth in planarian～

京都府立桃山高等学校 2年 ○渡邊奏佑 公手喬太郎 志摩遼太 田浦大和 竹田智香

要旨

実験用のプラナリアを安定的に得るために、プラナリアが持続的に繁殖する条件を調べた。調べる条件については先行研究を元に、エサの頻度、光、pH、とした。エサの頻度と光の実験では、有意差を得ることができなかったが、その傾向からエサをやる頻度が短いほど、また、照射する光の波長が短いほど繁殖しやすい可能性があることが分かった。pH では、中性以外のpH で死亡した。

今回の実験では有意差を得られなかったので今後、グループの数を増やして実験することで有意差を得たい。

序論

グローバルサイエンス部の活動でプラナリアの飼育を行っていた際、急な個体数の減少に見舞われた。このことから、プラナリアの個体数を維持し安定して飼育するために、どのような条件下でより成長や増殖、死亡するのかを確かめることにした。

先行研究から増殖に関係があると考えられる要素である「えさやりの頻度」と「光の有無」、「光色」について検証したいと考えた。また、先行研究を確認できなかったが、「pH」も増殖に関係があるのではないかと考えた。そのため、上記の要素と個体数の増殖量の関係について実験を行い調査することにした。

仮説

条件	仮説	仮説の根拠
エサを与える頻度	9日おきに1度程度が最も増殖しやすい。	先行研究(日立第一)
光	暗所で最も増殖しやすい	プラナリアは光源から遠ざかる性質を持っていること
	色光では個体数が減少する	先行研究(御影)
pH	5～6程度が最も増殖しやすい	採取した場所(鴨川)のpH

研究手法

プラナリアを飼育する基本的な条件を生物班での飼育方法を参考に以下のように定めた。

水温	20±0.5℃	水替えのタイミング	毎週1回、エサやり後
光	暗所	容器	約 100 mL のバイオカップ
pH	7.0(浄水の汲み置き水から変更しない。)	容器一つに飼育するプラナリアの個体数	初期は 10 匹、実験によって増殖した場合は取り除かない。

エサは冷凍アカムシを水で解凍して1週間に一回与える。

エサは 12:25 にバイオカップ内に入れ、16:15 にすべて取り除く。

ここで与えるアカムシの量は、取り除くまでにプラナリアが食べることができない量とする。

実験①:エサを与える頻度とプラナリアの個体数の増加量の関係を調べる実験

先述の基本的な条件をもとに、エサやりの頻度を以下のように変更したバイオカップ①～⑤についてプラナリアの個体数の増加量を実験で調査した。

	エサやりの頻度	バイオカップ③	9日おき
バイオカップ①	3日おき	バイオカップ④	12日おき
バイオカップ②	6日おき	バイオカップ⑤	15日おき

実験②: 光を長時間照射したときの、光色と個体数の増加量の関係調べる実験

先述の基本的な条件をもとに、光の条件を以下のように変更したバイオカップ①～④についてプラナリアの個体数の増加量を実験で調査した。

光源には白色 LED バーライトに色付きセロハンを張って光色を変更したものを使用した。

	光色	光を照射する時間
バイオカップ①	赤	8:15 から 16:20 の 8 時間 5 分
バイオカップ②	緑	8:15 から 16:20 の 8 時間 5 分
バイオカップ③	青	8:15 から 16:20 の 8 時間 5 分
バイオカップ④	暗所	暗所

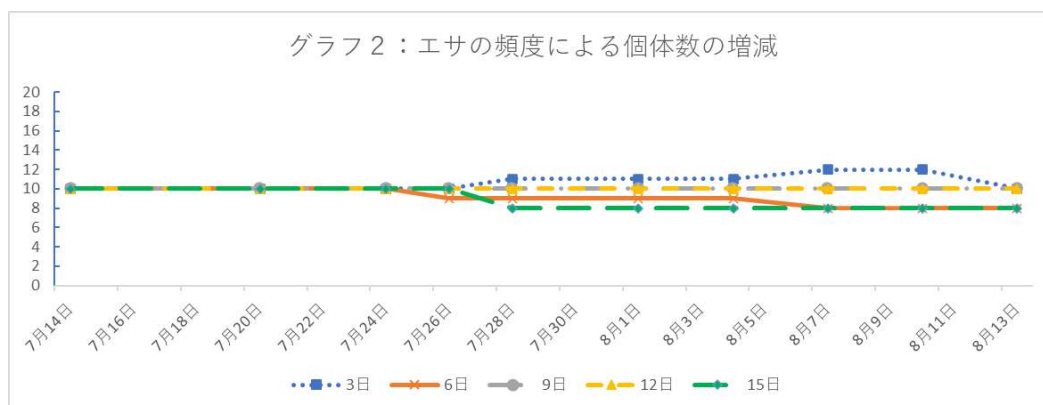
実験③: pH 値とプラナリアの個体数の増加量との関係調べる実験

先述の基本的な条件をもとに、プラナリアを飼育するバイオカップ内の水の pH を塩酸、水酸化ナトリウムを用いて変更した。本来使用を予定していた pH メーターの機能に不調が見られたため、pH 試験紙を使用した。そのため、詳しい pH 値を測れなかった。

	pH 値	調整に使用した薬品
バイオカップ①	3	塩酸(HCl)
バイオカップ②	4	塩酸(HCl)
バイオカップ③	7	なし
バイオカップ④	8	水酸化ナトリウム(NaOH)
バイオカップ⑤	10	水酸化ナトリウム(NaOH)

結果・考察

結果①: エサを与える頻度とプラナリアの個体数の増加量の関係調べる実験



今回の実験では有意差を得ることはできなかった。

考察①

グラフの概形から、エサを与える間隔が短いほどプラナリアは増えやすい可能性があると考えられる。

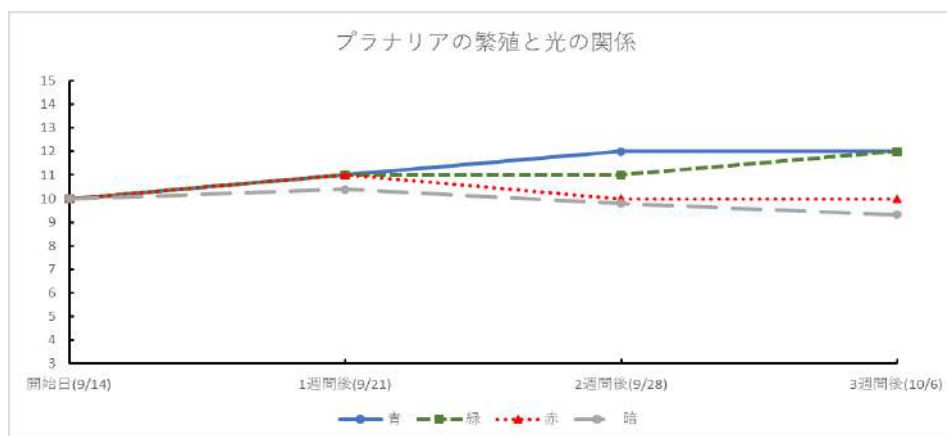
6 日おきにエサを与えたグループでは、エサを与える間隔が 3 日に次いで短いにもかかわらず、個体数は減少した。

これは、プラナリアが分裂するタイミングでエサをやっていたため、分裂中、または分裂直前、直後の状態にいたプラナリアがエサを食べられなかったからだと考えられる。これに対しては、プラナリアが分裂にかかる時間を調べることで検証が可能にだと考える。

数え間違いや、水換えのタイミングで誤って捨てていた、あるいはインキュベーターの中で置く位置が悪かったといった人為的なミスによるものは、このグループの個体数が継続して減少していること、実験終了後にも個体数の減少が起こっていたことなどから棄却した。

3 日おきにエサを与えたグループでは、8 月 11 日から 8 月 13 日にかけて個体数が減少している。これは、この時期に学校が停電のため、プラナリアの飼育場所を変えたため、環境が変わったことが原因だと考えられる。

結果②：光を長時間照射したときの、光色と個体数の増加量の関係調べる実験



今回の実験では有意差を得ることができなかった。

考察②

グラフから、青、緑、赤の順に、つまり、波長が短い順に増えやすいと考えられる。

この結果に関しては、光そのものがプラナリアの繁殖に影響を与えた可能性と、光の照射によって引き起こされた別の現象がプラナリアの繁殖に影響を与えた可能性が考えられる。

前者としては、光によってプラナリアが持つたんぱく質に何らかの刺激を与えることができた可能性や、光がプラナリアにとって適度な刺激となり、その刺激がプラナリアの繁殖に何らかの良い影響を及ぼした可能性が考えられる。また、光を照射した時間がプラナリアに一定のリズムをもたらし、それが繁殖に良い影響を及ぼした可能性もある。

後者としては、光の照射によって水温が上昇し、それがプラナリアの繁殖に良い影響を与えた可能性がある。これは、波長の短い方がより大きなエネルギーを持っているため、水温が上昇しやすかったということで説明ができる。

結果③：pH 値とプラナリアの個体数の増加量との関係調べる実験

pH を 7 に調整したバイオカップ③以外のすべてのバイオカップでプラナリアが死亡した。

考察③

採取地点(鴨川)のpHであったpH5でも死亡してしまったため、実際の鴨川のpHはpH5よりも低いと考えられる。

結論

本研究の目的は、プラナリアの繁殖に適した環境を探ることだ。結果から、エサをやる間隔が短いこと、照射する光の波長が短いことがプラナリアの繁殖に良い影響を及ぼす可能性があることが読み取れたが、不確定要素が多く、統一的な条件はわからなかった。

展望

今回の実験では有意差を得られなかったことが課題である。よって、まずは、今回プラナリアの数を増加させることができた条件についてグループの数を増やして調査し、数の増加と条件との結びつきの確からしさを確認したい。

また、今回の実験で数が減った条件、特にエサの頻度に関する実験の6日おきのグループについては、原因が特定できていないので、今後の飼育を通して、原因を突き止めたい。

他にも、今回の実験結果に影響を与えたのではないかと考えられる諸条件、水温やバイオカップ一つあたりのプラナリアの数、についても調査し、今回のプラナリアの繁殖に影響を与える要因を細かく把握したいと考えている。

今回の実験において満足のできる結果が得られなかったが、光の照射下でもプラナリアの数の増加が確認されるという仮説とは異なる結果が得られた。この結果はプラナリアのまだ知られていない特徴を解明する一助になると考える。

謝辞

プラナリアを収集する場所に関わる助言

基礎生物学研究所 阿形 清和 所長

本研究への助言

東邦大学 理学部 生物分子化学科 鹿島 誠 講師

弘前大学 農学生命科学研究部 生物学科 小林 一也 教授

理化学研究所 発生ゲノムシステム研究チーム 遠藤 秀太郎 研修生

引用文献・参考文献

プラナリアの再生は光の影響を受けるのか(御影高等学校) [kyosei2017.indd \(hitohaku.jp\)](#)

プラナリアの分裂と再生の関係(日立第一高等学校)

「切っても、切ってもプラナリア新装版」阿形清和

チョークによる除塩効果

京都府立桃山高等学校 3年 藤井涼介 中川滉大 西島慧 本上一心 伊藤克己

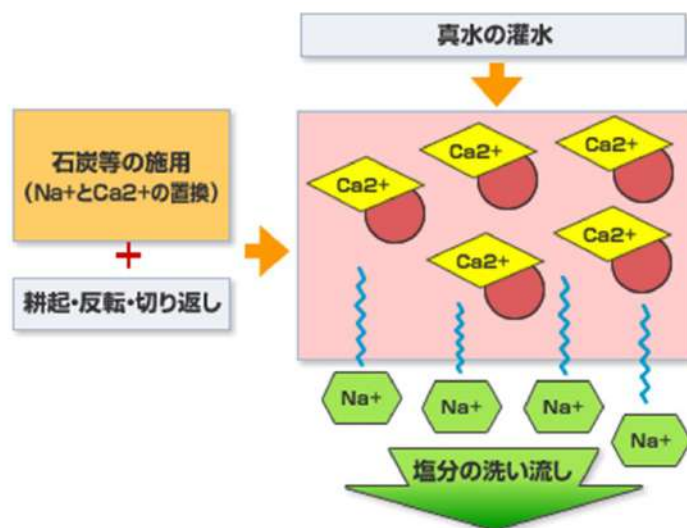
要旨

地震大国の日本では津波の影響により塩害が発生しやすい。その塩害の対策としてカルシウム塩が用いられることを知った。実際に、カイワレダイコンの生育に塩水を用いて実験し塩水が植物の生育に与える影響の程度を調べた。また、学校で多く廃棄されるチョークの主成分は炭酸カルシウム及び硫酸カルシウムであり、チョークを塩害対策に利用する方法について調べるため、チョークを加えてカイワレダイコンの生育を行った。チョークの添加によってある程度塩害の影響を抑えることができた。

1. 序論

東日本大震災による津波の被害を受けた地域で、作物が育たなくなる塩害が発生していることを知った。そこで津波被害後の土壌を改善することで作物が育つようにできないかと考えた。一般的に塩害対策にはカルシウム塩が使われている。本研究の目的は学校で使用されるチョーク(主成分:炭酸カルシウム)でも除塩効果がみられるか調べることである。

* 以下は除塩のメカニズムを示す図である。



2. 研究手法

実験1: 異なる塩分(NaCl)濃度における発芽率の調査

まずポットを10個用意し、それぞれに市販の培養土と市販のカイワレダイコンの種を10個入れ、塩水を与えた。

またポット2個ごとに加える塩水の塩分濃度(質量パーセント濃度)を0、1、2、3、4(%)の5種類に分けた。塩分濃度の設定については先行研究と実際の海水の塩分濃度が3.6%であることを参考にした。

基本的には活動可能な平日にのみ毎日水やりを行った。

水やり一回につき与える水の量は土の乾き具合によって日ごとに柔軟に変化させたが、それぞれのポットに与える水の量は統一した。

※津波被害を想定し、塩水を加えるのは初回の水やりのみとした。

生育期間は1週間で、期間中はどのポットにも同様に水やりを行い、1週間後に発芽率を記録した。

10個のポットを校舎のひさしの下に配置し太陽光、雨風などの影響をある程度軽減できるようにした。

実験2:チョーク による除塩効果の調査

実験1と同様の操作を行った。ただし、塩水を加えた後にチョークを溶かした水をすべてのポットに同様に加えた。

※ただしスペースの都合上、一度に10個のポットを用いた生育が限界であり、実験1の生育と、実験2の生育は同時に行っていないため気候などの条件は統一されていない。

3. 結果・考察

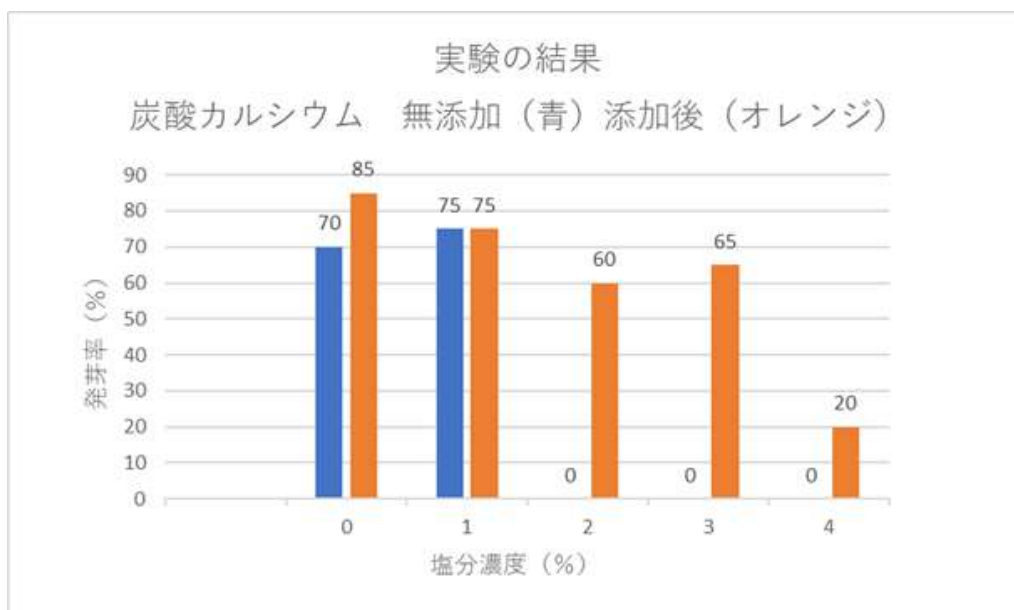
チョークを加えていないもの



チョークを加えたもの



以上をグラフにまとめたもの



チョークを加えていないものは塩分濃度0%、1%で高い発芽率を示しているが、2%以降で発芽率は軒並み0%と発芽していない。対してチョークを加えたものについては2%以降でも、60%、65%、20%、とある程度の発芽率を示している。

考察

チョークを添加することで塩害の影響を概ね抑えることが示唆されるデータが得られた。チョークの主成分である炭酸カルシウムのカルシウムイオンが食塩のナトリウムイオンと置換され、ナトリウムイオンが洗い流され土壌中のイオン数が減少したことによって除塩効果が得られ、発芽率が上昇したと考えられる。

チョークを加えた塩分濃度0%のカイワレダイコンも問題なく発芽していることから、塩分の有無に関わらずチョークはカイワレダイコンに対して無害であるといえる。

しかしながら、今回の実験では試行回数が一回のみであり、加えて、水やりの頻度や加える水の量に厳密な管理も行えなかったため、結果に多少の偏りがある可能性は否めない。

4. 結論・展望

結論

チョークが除塩効果を持ち、かつ植物に対しても無害であることが今回の研究でわかった。

展望

チョークを用いた塩害対策を行う実用的な方法を模索していきたい。また、今回の実験ではチョークを水に溶かした状態で利用したが、作業に労力がかかるため、土に混ぜた状態での利用についても研究したい。

鳥の羽の撥水性

京都府立桃山高等学校 2年 ○田中 琳壱郎 森田 優惺 山元 蓮侍 吉岡 拓海

○要旨

鳥の羽の撥水性が何によってもたらされるのかを調べた。その中でも構造に着目し、水滴の大きさを3種類に変えて、洗浄前と洗浄後、洗浄後の羽の裏で水を弾くか実験した。その結果、洗浄前、洗浄後に関わらず、水滴が小さい霧吹きと水滴が大きいビーカーでは弾かず、中間のスポイトの時は弾いた。また、鳥の羽に霧吹きで水をかけ、撥水された水滴と撥水されなかった水滴の割合を求めた。その結果、すべての羽においてついた水滴の多くが撥水された。このことから鳥の羽は構造によって水をはじいていると私たちは結論付けた。そして、これからこの構造をどのように日常生活に活かしていくのか考えていきたい。

1. 序論

私たちは、初め鳥の羽について調べていた時に鳥の羽が水をはじく、撥水性を持っていると知った。そして、その撥水性が何によってもたされているのか疑問を持ち、特に羽の構造に着目してこの「鳥の羽の撥水性の実験」を行うことにした。先行研究では、鳥の羽にある羽小枝と呼ばれる細かい繊維状の構造があり、その構造どうしの間にできた空気層と水滴が触れ合うことで、表面張力によって水滴が球体になり転げ落ちることで水をはじいているとされていた。私たちの研究では、鳥の羽の持つ水をはじく構造を日常生活に活かすことを目的とした。(図1、2、3参照)

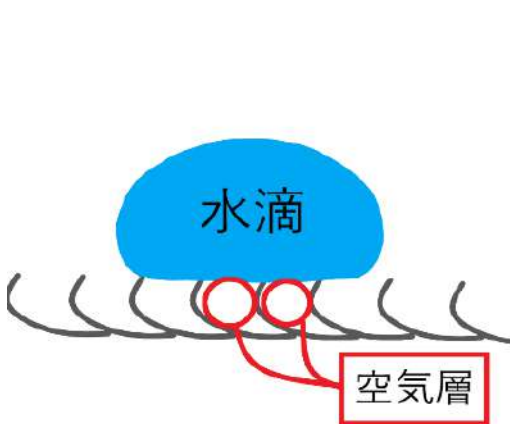


図1



図2



図3

羽小枝どうしの間に空気層があり、水滴が乗るとその空気層に触れることで表面張力によって球体になり、水滴を弾くことが分かった。また、今回の研究を行うにあたって、先行研究より、羽の表面と水滴との接触角が 90° を超えている時に撥水性があると判断することにした。

撥水性の判断基準は図4に示す。

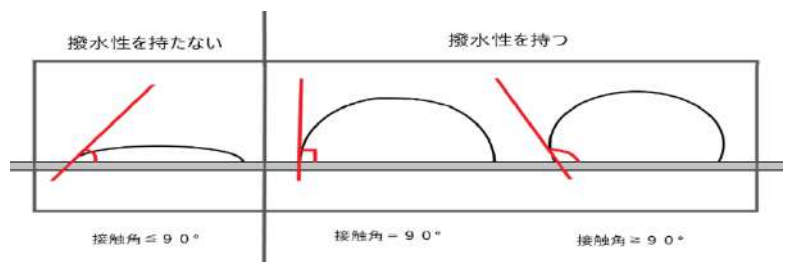


図4

2. 仮説

今回の実験では、先行研究に基づき、鳥の羽には羽小枝と呼ばれる細かな構造の間にできる空気層に水滴が触れることで表面張力によって水をはじいていると仮説をたてた。また、鳥の持つ尾脂腺から分泌された脂によって弾かれているという先行研究も見つかったが、今回の実験では構造によって水をはじいていると仮説をたてたので、実験では極力、油を落とし、油の影響は考えないものとして実験を行った。

3. 研究手法

実験①、実験②の2種類の実験を行った。

実験①

はじめに学校で落ちている羽を拾い、状態の良い3枚を選んだ。それらを水で洗いエタノール(70%)に一日つけた。そして、顕微鏡を用いて観察を行い、スケッチを行った。実験では霧吹きで水を4回かけた。また同じ条件下でスポイトで水を1滴垂らした。また同じ条件下で羽とビーカーの位置を固定して50mlの水をかけた。これらの羽を40~42°のお湯と家庭用洗剤(Dawn)で洗い乾燥させた。もう一度洗浄前と同様の実験を行い、羽の裏側でも同様に行う。
※羽と水滴との接触角が90°以上である時、撥水性があるとして、表面の様子を調べた。



図5



図6

実験②

初めの実験で霧吹きで水をかけた際、接触角が90°以上の水滴と90°未満の水滴が混在して見られたため、追加実験で、鳥の羽に霧吹きで水をかけ、指定した一部の写真を2方向から水平にとり、撥水されている水滴とされていない水滴の割合を求めた。

4. 結果

実験①の結果

表1：洗浄前の表面

	1	2	3
霧吹き	×	×	×
スポイト	○	○	○
ビーカー	×	×	×

表2：洗浄後の表面

	1	2	3
霧吹き	×	×	×
スポイト	○	○	○
ビーカー	×	×	×

表3：洗浄後の裏面

	1	2	3
霧吹き	×	×	×
スポイト	○	○	○
ビーカー	×	×	×

3つの条件すべてにおいてスポイトの水滴のみ接触角が90°を超えた。霧吹きでは接触角が90°を超

えている水滴と超えていない水滴が混在していた。

実験②の結果

表 4

個体（枚目）	接触角 $\geq 90^\circ$ （粒）	接触角 $< 90^\circ$ （粒）	90° 以上の割合（%）
1	17	2	89.7
	9	1	
2	16	7	66.7
	6	4	
3	15	9	61.1
	7	5	

1 の羽では、接触角が 90° を超えている割合は 89.7%、2 の羽では 66.7%、3 の羽では 61.1% となった。個体差はあるが、すべての羽において、ついた水滴の 60% 以上が接触角 90° を超えていた。また、割合が高いものでは 9 割近くの水をはじいた。

5. 考察

羽は構造から撥水性を得ており、羽の撥水性がみられる条件の一つとして、水滴の体積（＝質量）が含まれる。水滴の体積が小さすぎると、隣り合う羽小枝の間の隙間に侵入し、浸透する。一方、水滴の体積が大きすぎると羽小枝に触れる面積が増加し、浸透する。また、はじかれた水滴の体積の範囲から、水の表面張力が関係していると考ええる。追加実験から考えられることとして、撥水性を持つ羽の中には、より弾きやすい個体があるということが挙げられる。

6. 結論・展望

結論

本研究では羽の撥水性が何によるものなのかを、構造に着目して研究を進めた。①の実験より、スポイトではすべての羽において水滴が接触角が 90° を超え撥水しており、②の実験より標本差はあるものの、すべての羽において霧吹きでの 60% 以上の水滴が 90° を超えていたため撥水しているといえる。

展望

羽の構造を現実的に活用する方法、具体策を考える。現段階で想定できている具体例として、羽の主な主成分となるナイロンやポリエステルの代用として用いるといったことを挙げている。実験内容については、研究サンプルを増やし、数値化された正確なデータを得る、個体差や落ちている羽の一部欠損といった問題を解消する、羽の構造を活用するうえで障害となりうる問題を予想し解決策を考える。羽の構造を活かすことを可能にする素材を明確にする、といったことを視野に入れて研究を進めていきたい。

6. 引用文献・参考文献

- ・野生動物救護獣医師協会「油汚染の野鳥の臨床医学」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjzwm/3/2/3_KJ00001517923/_pdf

- ・協和界面科学（株）：「撥水性の評価法」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/60/1/60_1_21/_pdf

虹の色ってどんな色？

京都府立桃山高等学校 2年 ○阿波谷和哉 阪本颯大 前川成輝 深畑友馨 赤嶺航平

要旨

先行研究では、雨粒によって生じた虹は発生させる雨粒の大きさによってその色が変わることが明らかになっている。本研究は、その変化量が如何ほどであるのかに焦点を当て、粒子の大きさの異なるガラスビーズやシャワーを用いてできた模擬虹の色合いを、目視・画像解析の双方によって分析した。その結果、虹の色合いは発生させる粒子の大きさに影響を受け、その変化量は特殊な環境下でなければ目視では判断できない程度に小さいということが明らかになった。

1. 序論

虹は、空気中に浮かんでいる多くの水滴によって、太陽光が屈折、反射することで起こる光学現象である。対日点から約 40° ～ 42° の角度に見ることができ、一般的に外側から内側にかけて赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の色順であるとされている。また、虹のできる雨粒の大きさは直径 $1\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$ であり、 0.01mm 以下では白色の霧虹になるといわれている。私たちが虹の色についてインターネット検索を行っていると、「どの色が表れやすいかは雨粒の大きさによる」（日本大百科事典）という記事を発見した。経験的に虹の色に変化を感じたことがなかったことから、雨粒の大きさによって虹の色が変わることの真偽を、その程度の大小について虹の色は変化しないという仮説を立てて研究を行おうとした。しかし、先行研究より、光の波長が色ごとに違うことから雨粒の大きさが変わることによって虹の色が変わることが明らかとなっており、虹の色は 1.0mm で赤色光が強く発現し 0.1mm で青色光が強く発現することが理論上解明されていることがわかった。よって本研究の方針を虹の色の発色の違いにのみ限定し、ガラスビーズとシャワーを用いて模擬虹を作成し、それらの色の差異の程度を、Excel を利用した画像解析と班員による目視によって評価したものである。

2. 研究手法

実験 1 ガラスビーズを利用して虹を作る

ガラスビーズに光をあてて、見えた虹を観測する。

6種類のガラスビーズ (0.1mm , 0.2mm , 0.4mm , 0.6mm , 0.8mm , 2.0mm)を用意する。

B3サイズのトレイ上に黒画用紙を敷き、その上にガラスビーズを敷き詰める(これをビーズシートと呼ぶことにする。)。このとき、ガラスビーズをできるだけ重ならないように敷くことに注意する。

力学スタンドを使って、携行ライトをビーズシートの真上 15.5cm の位置に固定し、点灯することで虹を作る。

発生した虹をスマートフォン(本研究では Redmi note pro 5G, OS:MIUI Global 14.0.3 を使用)で撮影し、比較分析する。

実験 2 水滴を利用して虹を作る。

シャワーヘッドを用いて水滴を発生させ、太陽光によって虹を発生させる。

水道につないだホースにシャワーヘッドをとりつけ、霧モードにして水のスクリーンをつくる。これに太陽光を当て、虹を発生させる。これをスマートフォン(iPhone SEの「カメラ」アプリケーションを使用)で撮影する。

シャワーヘッドの先端の回転部をずらすことで発生する霧粒の大きさを変え、発生した虹の写真を比較する。

また、ガラスに水滴を付着させ、直定規と同時に撮影したのち、画像上で最も小さい粒から無作為にいくつか抽出し、画像上で直径を測定したものの平均値を、発生した水滴の大きさとした。

今回の実験は午後3時ごろに実施した。

実験3 撮影した画像を解析する

まず、撮影した画像の虹の部分だけをトリミングする。その画像のすべての画素を、ウェブサイトを利用してカラーコードに変換する。(利用したウェブサイトは参考文献欄に記載)

これを、Excel を使用して、RGB 値を経由して HSV 値に変換する。

実行した処理は以下の通り

1. カラーコードから 16 進数表示の RGB 値を抽出し、文字コードの特性を利用して 10 進数表示に変換し、255 で割ることで 0～1 の値で表す。この値を色ごとに R, G, B とする。
2. R, G, B の最大値を max, 最小値を min とし、以下の式に従って HSV 値に変換する。ただし、Hue 値は小数点以下 5 桁で四捨五入した。
- 3.

$$\text{Hue} = \begin{cases} \text{undefined} & \text{if } \max = \min \\ 60 * \frac{G - R}{\max - \min} + 60 & \text{if } \min = B \\ 60 * \frac{B - G}{\max - \min} + 180 & \text{if } \min = R \\ 60 * \frac{R - B}{\max - \min} + 300 & \text{if } \min = G \end{cases}$$
$$\text{Saturation} = \max - \min$$
$$\text{Value} = \max$$

変換したすべてのカラーコードに対し、Hue 値ごとの Saturation 値の合計を求め、これを「色の強さ」と定義する。最後に、Hue 値を横軸、色の強さを縦軸にとり、グラフをかくて分析する。

3. 結果・考察

結果

実験1

ガラスビーズで作りに出した虹では、ガラスビーズの大きさが小さくなるにつれて、特に 0.2mm, 0.1mm で青色光、白色光の二種類が強くなり、幅が太くなった。また観測される虹に、過剰虹と呼ばれるできた虹の内側にさらに虹がつながってみられる現象も観測された。(画像1) また、0.4mm, 0.6mm では色の偏りが少ない虹が観測できるようになり、幅も明確になっていた。(画像2) さらに 0.8mm では、虹が薄くなり、輪郭もはっきりとしなくなっていく。虹の色は赤っぽいものがほとんどになった。そして、2.0mm ではほとんど虹は観測されなくなった。(画像3)



【大きさの異なるガラスビーズを用いて作り出した模擬虹の代表的な写真

左から 0.2mm (画像1), 0.6mm (画像2), 0.8mm (画像3)】

実験2

シャワーを用いて作成した虹では 0.35mm, 1.06mm で薄い虹 (画像4) が確認でき 0.57mm, 0.78mm でははっきりとした虹 (画像5) (画像6) が確認できた。シャワーを用いていたため安定した状態で観察することはできなかったが、一部で副虹も観察することができた。しかしながら虹の色の変化は目視では判別できるほどのものではなく、模擬虹のように雨粒の大きさと虹の色に相関があるようには見られなかった。

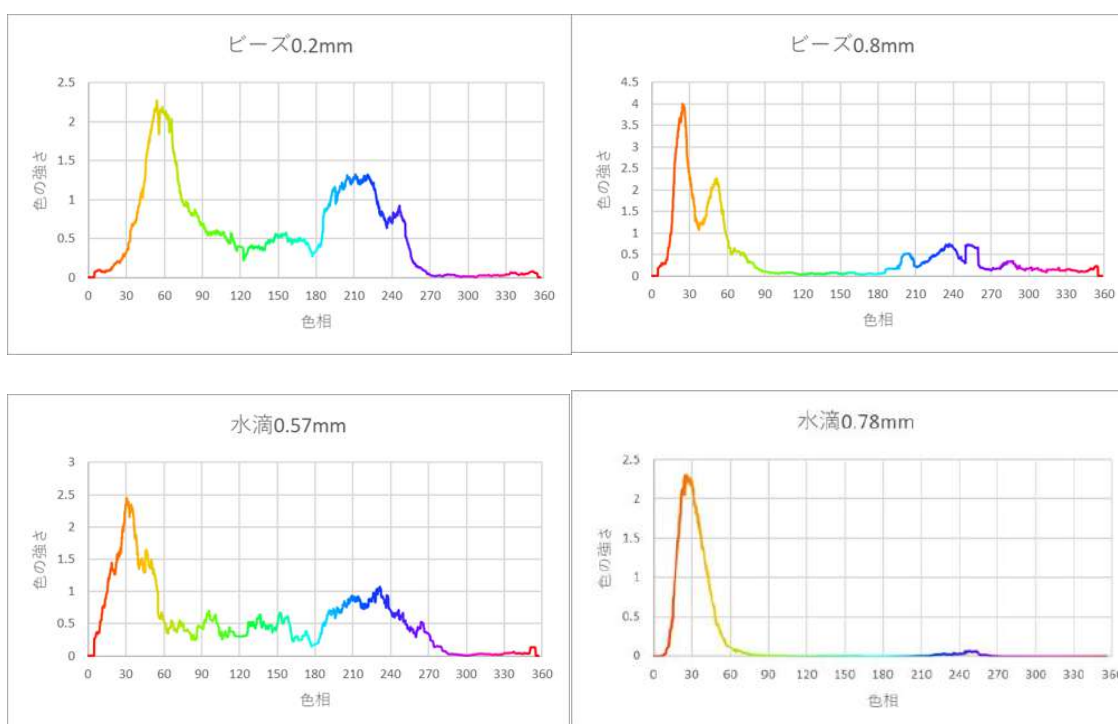


【大きさの異なるシャワーを用いて作り出した虹の代表的な写真

左から 0.35mm(画像 4), 0.57mm(画像 5), 0.78mm(画像 6)】

実験 3

すべての写真に赤色が多く出現したものの、ビーズを用いた虹の写真(画像 7)(画像 8)では、ここには記載していないものも含めて、粒の大きさが小さくなるにつれて青色が強く発現した。また水滴について、(画像 9)(画像 10)も同様の結果が得られたものの、粒が大きくなるにつれて極端に赤色が強くなる結果となった。



【撮影した写真を画像解析したものの代表写真

左上:ビーズ 0.2mm(画像 7) 右上:ビーズ 0.8mm(画像 8) 左下:水滴 0.57mm(画像 9) 右下:水滴 0.78mm(画像 10)】

考察

水滴・ガラスビーズのいずれによる虹も、虹の色は発生させる粒の大きさによって変化するということがわかった。特に、青色の部分と比較的大きな影響を受け、粒子が小さくなるほどこの部分が強く表れるようになる。実験 1 に対して実験 2 では虹の色の変化が目視で確認できなかった理由について、実験 1 では(画像 1)(画像 2)(画像 3)のように虹の周囲の色が白色だったために細かな色の違いがよく分かったのに対して、実験 2 では(画像 4)(画像 5)(画像 6)のように虹の周囲に様々な色があったことから、細かな色の違いがそれほどよく分からなかったことが原因と考えられる。実験 3 では、色相の絶対量で比較しているため、周囲の色の影響を受けることなく色の違いを比較できたと考えられる。これらのことから、虹の色の変化量は、特殊な環境下でなければ目視で観測することは難しい程度に小さいと考えられる。実際に自然発生した虹の観察環境は、実験 1 よりも実験 2 のほうが近いと考えられるので、自然発

生した虹の色の違いは目視では確認できないが、画像を分析すれば確認できる程度のものであると推測される。

また、今回の研究目的とは外れるが、虹の「濃さ」が、何らかの影響によって大きく変化する可能性があることがわかった。これについては数値検証を行っていないため推測に過ぎないが、(画像 4) (画像 5) (画像 6)を比較する限りでは水滴の密度が関係しているのではないかと考えている。

検証方法について、実験 3 では、虹の色を分析する際の軸として、光の波長ではなく画像上での色相を採用した。これは、虹の色を可視化している光は輝線スペクトルではなく連続スペクトルであり、コンピュータに保存する際に、その情報がほとんど失われて RGB 値となるからである。つまり、RGB 値からもとのスペクトルを復元することは不可能であるからである。しかし、虹の色は先述したように連続スペクトルであるため、色相を軸として分析するのは本来適切ではないと考えられる。

4. 結論・展望

結論

今回は、雨粒の大きさと虹の色の関係に焦点をあてて、雨粒の大きさが変化したときの虹の色の変化量について研究した。その結果、虹の色はそれを発生させる粒子の大きさによって変化し、その変化量は特殊な環境下でなければ目視で判断することは難しい程度に小さいということが分かった。また、虹の色の濃さが何らかの影響によって大きく変化することも明らかとなった。

展望

考察でも述べたように、今回の研究では、虹の色を分析する際の軸として、本来は適切ではないと考えられる画像上での色相を採用した。今後の研究では、スペクトルを軸として検証する方法を模索したいと考えている。また、今回は虹の色の変化量をただ「小さい」としか評価できなかったが、今後は色の変化量をより明確に定義し、どれほどの変化があるのかを数値的に評価できるようにしたい。

今回の研究で、虹の色の濃さが何らかの影響によって大きく変化することが新たに明らかになった。これについても今後研究したいと考えている。

5. 引用文献・参考文献

- ・西条敏美, 2015, 虹の科学, 太郎次郎社
- ・2023, 総合物理 2, 数研出版
- ・解説! 虹のメカニズム - ウェザーニュース

(weathernews.jp) <https://weathernews.jp/s/topics/201807/300125/>

- ・虹 | 日本大百科全書 (japanknowledge.com)

https://japanknowledge.com/contents/nipponica/sample_koumoku.html?entryid=411

以下のウェブサイトは、実験 3 で画像をカラーコードに変換するために利用したものである。

- ・画像 16 進数(hex) 変換 - Web 色変換 <https://colorcodesearch.com/image-hex/>

検証用に作成したシステムは、以下のドライブに保存してある。

<https://drive.google.com/drive/folders/1oCAEWgu-0mmqWtafZ8GldBZ2J3QLEpgj?usp=sharing>

SSDSE から見る市区町村の様態と投票率の関係

京都府立桃山高等学校 2 年 ○藤範翔 大西秀一 奥山和則 原田哲作 山口湧生

要旨

日本における選挙の投票率は減少傾向にある。そこで投票率の理解を深めるために投票率と市区町村ごとの 22 の因子候補の相関をとり、投票率と市区町村の様態の関係性を調べた。その結果、年齢構成や地方税との相関がみられた。しかし、投票率と各要素の相関だけでは限界があるためより高度な手法を用いる必要がある。

1. 序論

日本では、選挙の投票率が過去 20 年で 20% 低下している。議会制民主主義をとっている日本において、選挙は民意を反映する重要なプロセスである。投票率を上げるためには、投票率とは何かを理解することが重要である。私たちは「投票所への行きやすさと投票率に正の相関がある」という仮説の下、投票率と様々なデータの関連性を調べた。

2. 研究手法

投票率と様々なデータの関係を知るために、投票率と様々な数的データの相関をとり、分析を行った。相関係数の数値は標本相関係数と呼ばれる数値を用いた。標本相関係数を導出する式は以下に示す。

$$r := \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

図 1 標本相関係数の導出式 (Wikipedia 「相関係数」より引用)

本研究で投票率のデータとして用いたのは、各市区町村の最新の市区町村議会選挙の投票率である。また、市区町村ごとの数的データは SSDSE (教育用標準データセット) から取得した。数的データは SSDSE のデータを加工し、投票率と相関がある可能性が高い数的データとした。この加工後のデータを因子候補と呼ぶ。この因子候補を 17 個作り、それらを「投票所への行きやすさ」、「密度」、「財政」、「仕事」、「年齢構成」の 5 分野に分けた。各因子候補と投票率の相関係数の算出および散布図の作成には Excel を用いた。相関係数と散布図の関係については以下の図に示す

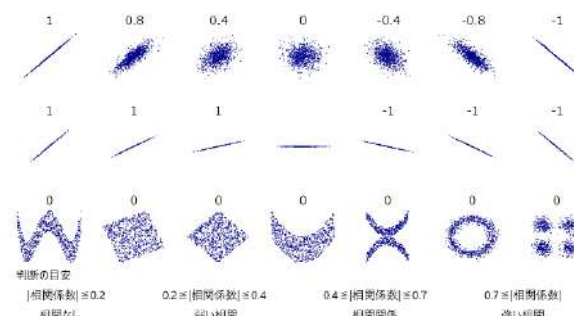


図 2 散布図と相関係数の関係 (Wikipedia 「相関係数」より引用)

・1回目の分析

人口が同程度の市区町村に限定して分析を行った。市区町村数が100から200程度になる市区町村の群を探し、その結果、人口4~6万人の152市区町村を分析対象にした。

・2回目の分析

高齢者の割合による影響を排除するため、

1. 高齢者割合(65歳以上人口割合)が0.25未満の183市区町村
 2. 高齢者割合が0.45より大きい169市区町村
- 以上の2つの範囲に入る市区町村を対象とした。

3. 結果・考察

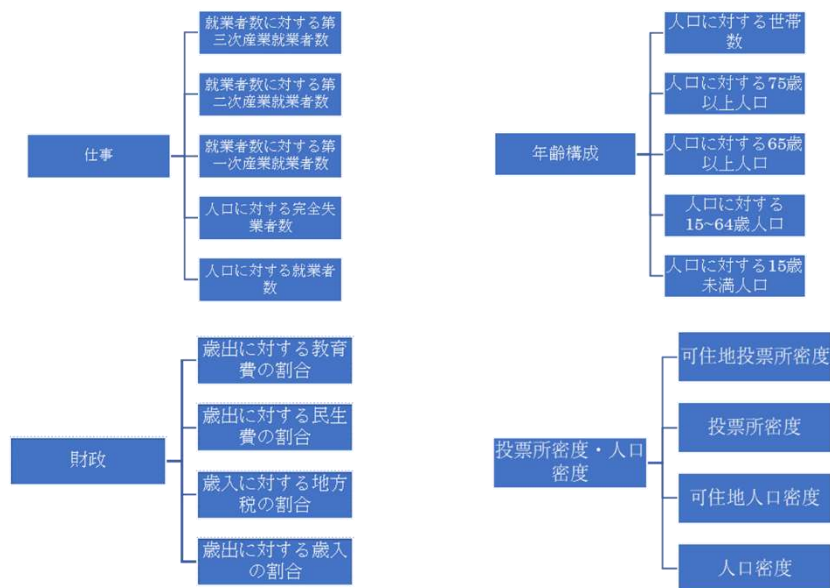
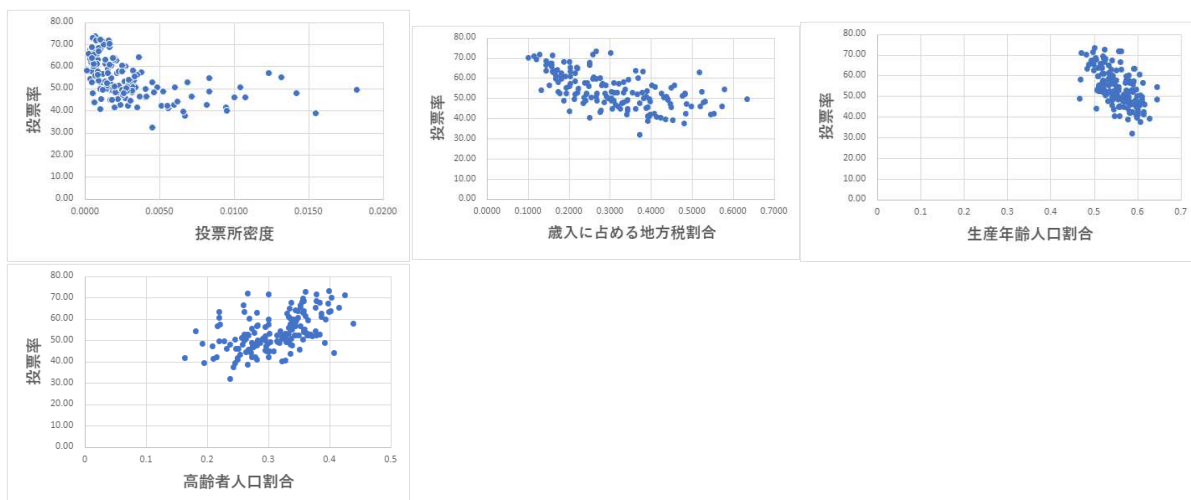


図3 因子候補とその分類

第一回分析

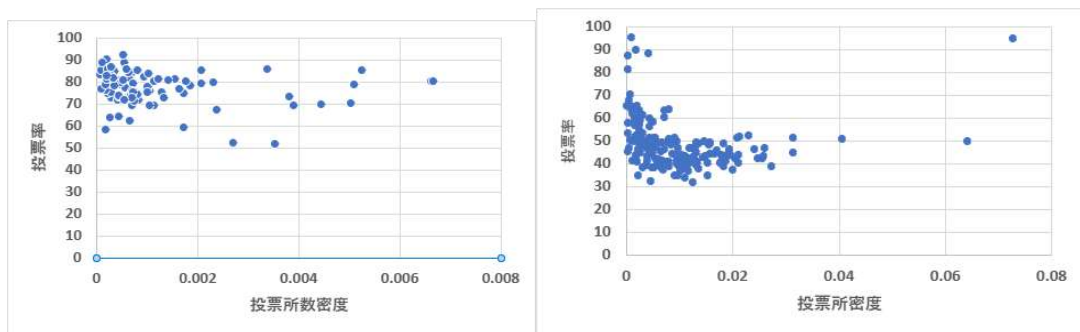
17の因子候補と投票率の相関係数と、相関係数の絶対値が0.5より大きい因子の散布図を以下に示す。



因子	相関係数	因子	相関係数
人口密度	-0.53	人口に対する完全失業者数	0.06
可住地人口密度	-0.50	就業者数に対する第1次産業就業者数	0.49
投票所密度	-0.45	就業者数に対する第2次産業就業者数	-0.05
可住地投票所密度	-0.30	就業者数に対する第3次産業就業者数	-0.25
歳出に対する歳入の割合	-0.01	人口に対する15歳未満人口	-0.26
歳入に対する地方税の割合	-0.58	人口に対する15～64歳人口	-0.56
歳出に対する民生費の割合	-0.49	人口に対する65歳以上人口	0.52
歳出に対する教育費の割合	-0.18	人口に対する75歳以上人口	0.52
人口に対する就業者	0.13		

第二回分析

17の因子と投票率の相関係数を以下に示す。



因子	高齢者人口割合が0.25より大きい市町村の相関係数	高齢者人口割合が0.45未満の市町村の相関係数
人口密度	-0.29	-0.43
可住地人口密度	-0.32	-0.37
投票所密度	0.34	0.24
可住地投票所密度	-0.28	0.12
歳出に対する歳入の割合（歳入/歳出）	0.18	0.14
歳入における地方税の割合	-0.55	-0.34
歳出における民生費の割合	-0.65	-0.50
歳出における教育費の割合	-0.14	0.03
人口に占める就業者の割合	0.51	-0.04
人口に占める完全失業者の割合	-0.15	-0.31
就業者に占める第1次産業就業者の割合	0.57	0.22
就業者に占める第2次産業就業者の割合	-0.01	-0.11

割合		
就業者に占める第3次産業就業者の割合	-0.17	-0.14

・考察

第1回の分析では、年齢構成の分野に相関がみられた。15～64歳人口割合では0.5程度の負の相関がみられたのに対し、65歳以上人口割合では0.5程度の正の相関が見られた。この結果は、若者の投票率が低いことを示唆している。また、投票所密度と投票率には弱い負の相関があるため、「投票所への行きやすさと投票率に正の相関がある」という仮説は正しくない可能性がやや高い。

第2回の分析では、年齢構成の投票率に与える影響を減らすために、高齢者人口が同程度の市町村に対して分析を行った。その結果、歳出における民生費の割合、歳入における地方税の割合において高齢者割合にかかわらず相関が見られた。民生費の約4割が児童費に使用されていることから、歳出における民生費の割合と投票率に相関がみられたのは、18歳未満人口の割合が歳出における民生費の割合に反映された影響であると考えられる。また、歳入における地方税の割合は市区町村の人口規模により変化することによる相関だと考えられる。歳入における地方税の割合と投票率に相関がみられたのは、市区町村の人口規模と投票率に相関があったからである可能性がある。

4. 結論・展望

・結論

投票率は人口密度、年齢構成、地方税などとやや相関があることがわかった。しかし、使用した17因子で±0.8を超えるような強い相関は見られなかったことから、他の因子が投票率に関与している可能性がある。しかし、投票率と各要素の相関だけでは限界があるためより高度な手法を用いる必要がある。

・展望

因子間の相互作用が投票率に与える影響の把握、各因子が投票率に与える影響の数値化・比較を行う。

5. 謝辞

本研究及びデータコンペティション参加における研究、資料作成にあたり、京都大学国際高等教育院附属データ科学イノベーション教育研究センター 教授の原尚幸氏に御指導、御助言いただきました。ここに感謝の意を表します。

6. 引用文献・参考文献

国政選挙における年代別投票率について. 総務省.

https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/sonota/nendaibetu/.

地方経費の内容. 令和5年版地方財政白書. 総務省.

https://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/hakusyo/chihou/r04data/2022data/r04czb01-04.html

歳入 6. 地方交付税. 令和5年版地方財政白書ビジュアル版. 総務省.

<https://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/r05data/2023data/r05020206.html>

5. 英語ポスター

Application of the paramagnetism of Oxygen

Physics No.3 Member :Kido Fukaya Tanaka Osawa

We measured the force and mechanism of paramagnetism and thought about its applications.

-Introduction-

We became interested in the relationship between magnets and oxygen after watching a video about carrying oxygen using the force of a magnet, and measured this property in detail by quantifying how the force works, and finally considered how to apply this property in our daily lives.

-Purpose-

Confirm and quantify the existence of paramagnetism in oxygen. Let's investigate the detailed properties of oxygen's paramagnetism. Consider how to utilize the paramagnetism of oxygen in daily life.

-Method-

To observe the reaction of soap bubbles

<preparations>

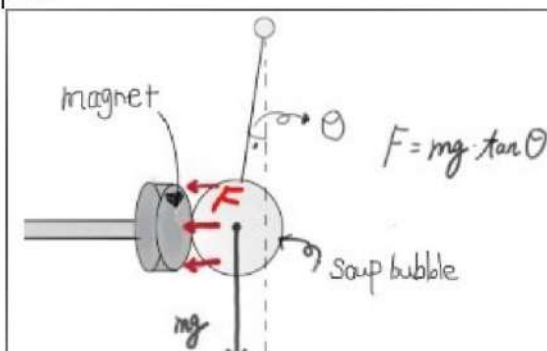
- large container
- Bubble solution • Oxygen Can • Carbon Dioxide
- Neodymium Magnet • Water
- Fine String • Arm1 • Arm2 • Sugar

Experiment 1

- 1 Mix sugar with soap liquid and stir well.
- 2 Inflate soap bubbles with oxygen and attach them to the thread
- 3 Attach the thread to arm 1 inside the container
- 4 Attach a neodymium magnet to arm 2 and fix it so that it is parallel to the soap bubble.
- 5 Move the magnet close to the soap bubble, but far enough that they will not touch.
- 6 Observe the reaction of the soap bubbles inflated with oxygen

Experiment 2

- 1 Prepare the soap liquid used in Experiment 1.
 - 2 Inflate soap bubbles with carbon dioxide
 - 3 Place the arm and observe as in Experiment 1.
- Notes • Avoid external influences such as wind



Result

Experiment 1

The soap bubbles were attracted to the magnet and its angle was 3° .

Experiment 2

The soap bubble inflated with CO_2 did not react.

This experiment was conducted as a control experiment, so it can be understood that the reaction observed in Experiment 1 is a reaction between oxygen and magnets.

Experiment 1

Reaction of soap bubble inflated with oxygen



Experiment 2

Reaction of soap bubble inflated with carbon dioxide.



-Discussion-

- By comparing with carbon dioxide experiments, the paramagnetism of oxygen was confirmed, and the angle at which soap bubbles are attracted to magnets by the paramagnetism of oxygen was measured to be 3° .

It is thought that the paramagnetic force can be measured by the formula $F = mg \cdot \tan \theta$

However, since the number of experiments is small and 3° cannot be said to be an accurate value, it is necessary to obtain a more accurate angle by conducting multiple experiments and obtaining the average value.

Future Prospects

Quantify the magnitude of the paramagnetic force of oxygen from an angle that the soap bubble is attracted.

Also, since the soap bubble is not completely stationary, what moment do you measure the angle?

- There are still issues such as the size of the soap bubbles being different and the reaction not being captured at a fixed angle when capturing the video, so we will improve them.

参考資料

NGKサイエンスサイト 酸素の常磁性 強い磁石に惹かれます (No.266)

A Storm glass made for Momoyama high school

Group No.8 Member Nonaka Miho Yanaga Kotaro Sugitani Yu Miura Yusei

要旨

We made 14 storm glasses. And then we change The kinds and amounts of substances. We tried to find out why the amount and shape of the crystal in the storm glasses changed. According to the results, We think that KCl makes water and $C_{10}H_6O$ difficult to mix and the substance other than $C_{10}H_6O$ are related to the change of crystals.

1. Storm Glass

The storm Glass was invented in the 19th century and sailors used them to forecast the weather. It is made of $C_{10}H_6O$, NH_4NO_3 , KCl and C_2H_6O .

2. Previous Research

- The main substance of the crystal is $C_{10}H_6O$
- The amount of the crystal is larger in May than in October or November. But no one knows why crystals appear.

3. Goals

Making a storm glass which can forecast the weather exactly.

4. Experiment

We completely dissolved 13.0g of $C_{10}H_6O$, 2.50g of NH_4NO_3 and 4.00g of KCl into 40.0ml of C_2H_6O and 30.0ml of H_2O by using a hot stirrer. (65°C and 450rpm)

As follows, we made 14 storm glasses and compared the observation results.

	$C_{10}H_6O$	KN_3	KCl	NH_4Cl	NH_4NO_3	Liquid
1	13		4.0		2.5	56
2	13		4.0		2.5	75
3	13		4.0		2.5	86
4	26		4.0		2.5	
5			4.0			
6		4.0				
7				2.1		
8					2.5	
9	13		4.0			
10	13	4.0				
11	13			2.1		
12	13				2.5	
13	13					
14	13		4.0		2.5	
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)

5. Results • Observations

① $C_{10}H_6O$



① ② ③ ④

The more $C_{10}H_6O$ the storm glass included, the more crystals appeared.

↓ That is because $C_{10}H_6O$ doesn't dissolve well.

② KCl



⑤ ⑥ ⑦ ⑧

The storm glass having only KCl had two layers. One was water. The other was C_2H_6O .

↓ That is because KCl makes them difficult to mix.

③ Weather

Sunny (6/19 Temp 22.8°C Humid 81%)



⑬ ⑭



① ② ③ ④



⑤ ⑥ ⑦ ⑧

Rainy (6/23 Temp 22.8°C Humid 81%)



⑬ ⑭



① ② ③ ④



⑤ ⑥ ⑦ ⑧

The storm glass using only $C_{10}H_6O$ had little influence from the weather. So we think that the substances other than it are related to the change of crystals.

6. Future Plan

- To change the amount of water and C_2H_6O .
- To observe how crystals change through the four seasons.

7. References

京都府立桃山高等学校

「古来の天気予報」

兵庫県立尼崎小田高等学校

「ストームグラスの原理解明に向けて」

早稲田大学本庄高等学院 実験開発班

「魅了する科学実験」

令和 6 年度スーパーサイエンスハイスクール
京都府立桃山高等学校
自然科学科「GS 探究Ⅱ」
成果集

令和 7 年 2 月発行

〒612-0063 京都市伏見区桃山毛利長門東町 8
TEL : 075-601-8387 / FAX : 075-601-8388
URL : <http://www.kyoto-be.ne.jp/momoyama-hs>