科学のもり

2025年度

「プルーフⅡ」研究成果報告書

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

科学のもり

2025年度

「プルーフⅡ」研究成果報告書

２０２６年３月

＜ 目 次 ＞

	研究テーマ	メンバー	ページ
1	電車の揺れに耐性のある靴のソールの素材		1
2	音波による粘度測定の有用性 ～音波を用いた唾液粘度の非侵襲的測定と血管疾患のリスク評価～		5
3	粉体を用いたペットボトルフリップには何が関係しているのか		9
4	階段昇降時における最適な手すりの形状を見つける		13
5	尿素による吸熱反応を用いたルミノール反応における照度について		17
6	アントシアニン色素を用いた絵具の変色・退色防止		21
7	噛んだガムの再利用方法について		25
8	ケミカルライトの ON/OFF 化		29
9	「かにプラ」をもとにしたハイドロゲルへの展開 ～ホウ砂の添加に焦点を当てる～		33
10	髪がきしまないシャンプーの作成		37
11	より保湿力の優れた化粧水の作成		41
12	食品由来の防カビ剤の作成		45
13	寒天がより甘く感じる条件を探る		49
14	納豆を用いた水質浄化における最適条件		53
15	多糖類由来樹脂によるコーティング工芸技法の開発		57
16	高強度「でんプラ」の開発		61
17	デンプンプラスチックにおける可塑剤と強度の関係		65
18	有機溶媒を用いた高吸水性樹脂の脱水量と官能基の親水性、疎水性の関係		69
19	茶殻から油汚れ用洗剤を作成する ～タンニンの効率的な抽出法とその効果～		73
20	食品ロスを活用した植物プランクトンの効率的な培養		77
21	クマムシの GAPDH タンパク質は熱耐性をもつのか		81
22	サツマイモのβアミラーゼを活用したマルトース甘味料の作成		85
23	地下水棲微小貝類の生息域と生態		89

24	バナナの皮の与え方		93
25	容器栽培における植物の生長を促進する土壌の密度とは		97
26	根粒菌は植物の成長に影響を与えるのか		102
27	コーヒー粕を利用した容易で効果的な肥料化		106
28	ダイコンのイソチオシアネートの生成量の違いとその理由		110
29	活性汚泥をビーズ状に固定しそれにより厨房排水の浄化を行う		114
30	ゼブラフィッシュの色覚について　～緑色と青色の識別能力～		118
31	シソ科植物における腺毛分布密度の違い		121
32	プラナリアの再生過程における呼吸量の変化		125
33	土壌の粘性と液状化現象の関係		129
34	エイムズの部屋 ～ベクトルを用いた空間の歪みの検証～		133
35	曲面を数学とコンピュータで展開する		137
36	手の関節位置取得による輪郭の予測		141
37	直角柱鏡式歪み絵の数式化		145
38	2 次元展開図から 3 次元立体への復元		149
39	AR が映す影についての考察 － 仮想物体の影の作成を通して －		153
40	コンピューターを利用した印象派絵画の作成 ～モネの表現技法の再現～		157
41	プログラミングを用いた数学の問題解決		161
42	音声入力の使用率の現状とその問題点		165
43	人間の顔とキャラクターの顔の黄金比の比較		169
44	プラネタリウム開発における 1/f ゆらぎフィルターの作成		173

電車の揺れに耐性のある靴のソールの素材

Shoe soles material resistant to train swaying

Abstract

When standing on a train, you sometimes feel like you might fall over because you cannot withstand the swaying. Rubber is used in many shoe soles, and rubber is also used in some cases to dampen vibrations. This study aims to clarify the differences and identify what could be applied to soles to withstand swaying. We built an equipment to replicate train swaying and measured the number of times a human model fell over using different types of rubber. The results suggest that using rubber increased resistance, with urethane rubber demonstrating slightly stronger resistance. The model's low precision reduces the reliability of these findings.

１．研究背景・目的

電車内で立っていると揺れに耐えきれずこけそうになることがある。靴のソールの多くにはゴムが使用されている。また、制振用ゴムダンパーなど揺れに耐える目的で使用される別な種類のゴムもある。本研究では２種類のゴムの揺れへの耐性の違いや靴のソールに応用できることは何か明らかにすることを目的とする。電車の揺れに耐える方法については立ち方が主に研究されていることが、今回は靴のソールの素材という観点から電車の揺れに耐える方法を探す。

２．研究方法

（１）実験１

電車の揺れの性質を知るために、「Physics Tools Sensor Suite」というアプリを用いて計測し波形を記録した。対象とした区間は、近鉄御所線尺土駅～新庄駅である。

（２）実験２

実験１で得た波形を分析し、似た揺れを再現できる装置を組み立て、異なるゴムを用いて耐性を比較した。方法は以下の通り。

【方法】

① 装置を組み立て、人間の模型を図１のように配置した。
用いた模型は、日本人の男女の平均身長をとった約 160cm を基準に 1/40 にした約４cm である。また、ゴムは厚さ約１mm の長方形のものを模型の底面に貼り付けた。

② 異なる条件下で 60 秒間揺らし模型が倒れた回数を記録した。

［ゴムの条件］１．ゴムなし　２．ウレタンゴム　３．天然ゴム

［揺れの条件］進行方向を基準に、１．左右　２．前後　３．上下　４．全部

［模型の配置場所］



図１ 模型の配置場所

例）天 ウ な 天 ウ　な 天 ウ な

方法①②を１～９それぞれの場所に３種類すべてのゴムが来るようにずらしながら 18 回繰り返した。

また、それを揺れ３種類について行った。

（３）実験３

実験１で得た波形により似た波形が再現できる装置で実験２と同様の実験を行った。用いた装置は以下の通り。

［装置］

・左右：インビトロシェーカー(写真１)

・上下：自作装置（写真２）

（前後については未実施）

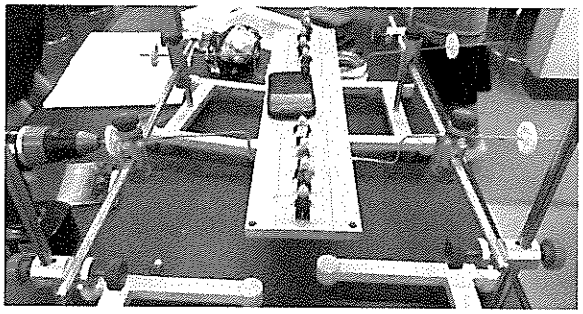


写真２　自作装置

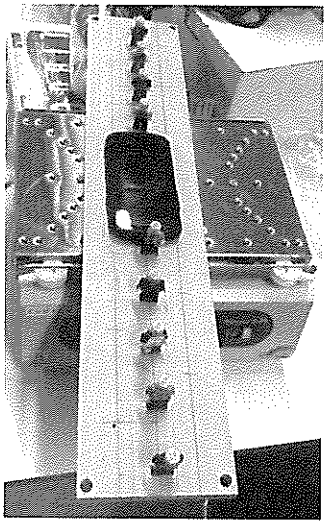


写真１　インビトロシェーカー

３．結果

（１）結果１

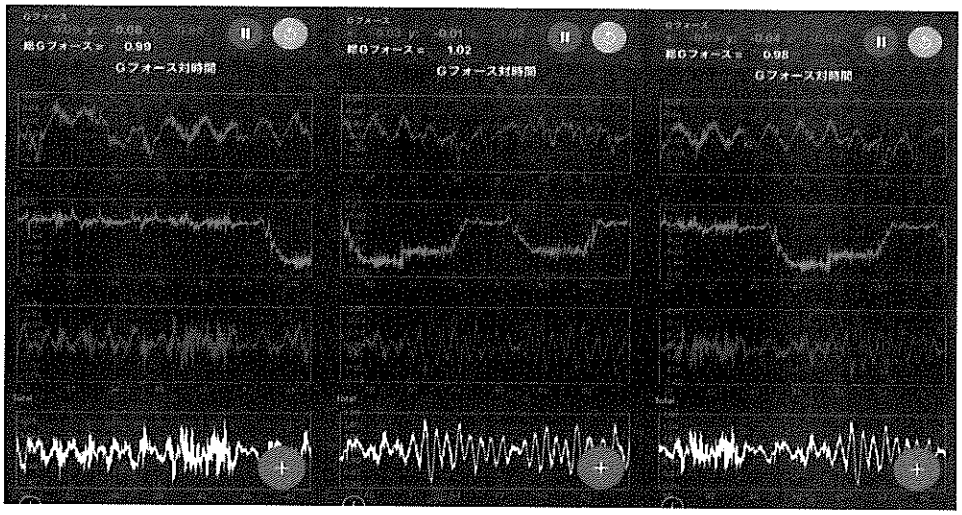
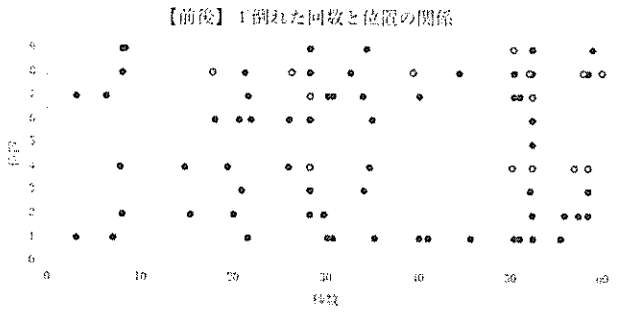


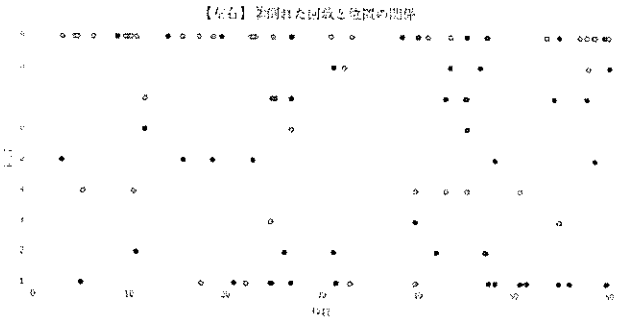
写真３ 記録した波形の一部

上から、赤：左右、緑：前後、青：上下を示す。

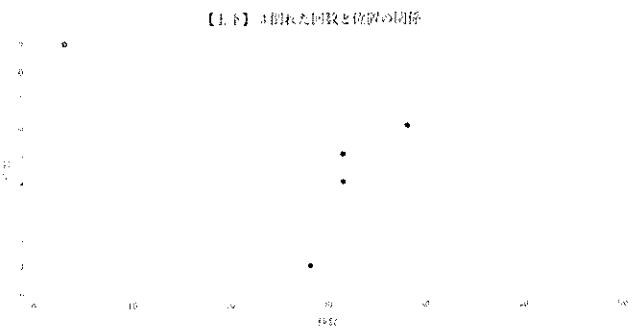
（２）結果２



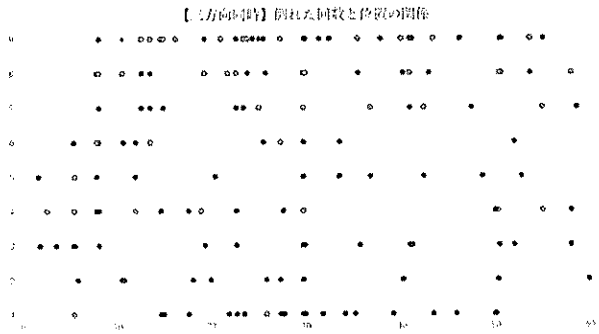
グラフ１ 前後に対する倒れた回数と位置



グラフ２ 左右に対する倒れた回数と位置



グラフ３ 上下に対する倒れた回数と位置



グラフ４ 三方向同時実施時の倒れた回数と位置

グラフ内の点はいずれも青：なし、赤：ウレタンゴム、黄：天然ゴムで倒れた回数を示す。

	前後	左右	上下	三方向同時
なし	4.0	1.4	0.10	5.0
天然ゴム	0.78	2.4	0.050	2.3
ウレタンゴム	0.67	1.2	0.10	1.7

表１ 各ゴムの試行１回 60 秒間に倒れた平均回数（単位は回）

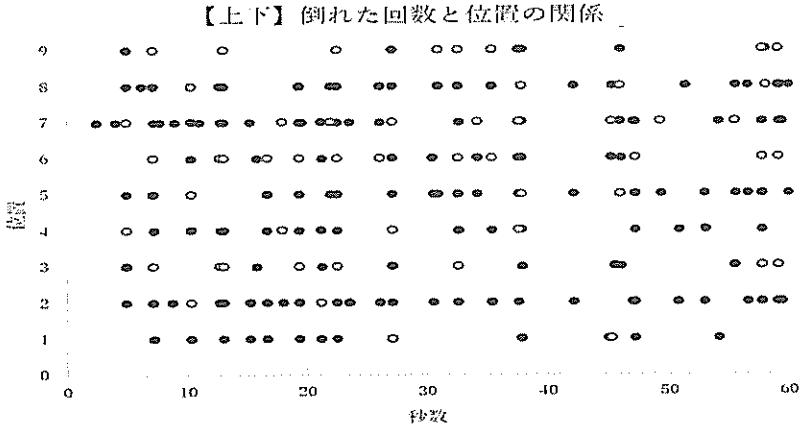
（３）結果３

・左右

実験２と同様に 60 秒で１回の試行とし 15 回実施したが、１度も倒れることがなかった。

・上下

同様に６回実施し、結果はグラフ５の通り。



グラフ５ 上下方向に対する倒れた回数と位置

	左右	上下
なし	0	15
天然ゴム	0	2.7
ウレタンゴム	0	3.1

表２ 各ゴムの試行１回 60 秒間に倒れた平均回数（単位は回）

グラフの見方は結果２と同じ。各グラフや表から読み取れることなどは４．考察を参照。

４．考察

（１）結果２

・実験２では表１より３方向の中で左右のみウレタンゴムの方が天然ゴムより耐性があった。

⇒せん断弾性率がウレタンゴムの方が高いからではないか。

※せん断弾性率とは、ここではゴムの切断面に対して平行な力を受けたときの変形のしにくさを表す値である。

（２）結果３

・実験３では左右では倒れず上下方向しか倒れなかった。

→倒れるのには上下方向が関係しているかもしれない。

⇒２つのゴムのばね定数について、ウレタンゴムの方が高いのではないか。ただ、測定していないのでわからない。

（３）すべての結果を受けて

・グラフ１～５よりいずれの実験でも多少のばらつきはあるが、位置によって倒れた回数の違いはそれほどない。

→倒れた回数に場所は関係ないと考えられる。

⇒かかる加速度は場所によって変わらないため。

・表１、表２より全体的に天然ゴムとウレタンゴムの値はなしよりもかなり低いとわかる。いずれの実験からもゴムを用いた方が揺れに対する耐性があったと言える。(ただし、表１では左右方向でなしのほうが天然ゴムより値が低く、上下方向でわずかな差であった。)

→ゴムには揺れに対してある程度の耐性がある。

⇒ウレタンゴム、天然ゴムともに機械的強度に優れているからではないか。

※機械的強度とは、外部からの力に対してその材料が持つ耐久力を示す指標である。

・表１より実験２で天然ゴムとウレタンゴムを比較すると、どの揺れでも0.6回以下でありあまり差がなかった。また、表２より実験３でも0.4回と、２つのゴムにそれほど差はなかった。

→実験３のほうが装置の精度が良いため表２のほうが信頼できる結果だと考えられるが、実験３の装置も改善の余地があるため正確にはわからない。

本研究では、揺れに耐える用途のゴムと靴のソールに使用されるゴムの違いや、ソールに応用できることを明らかにすることはできなかった。

５．今後の課題

考察にも書いたように装置の精度の低さが実験結果に影響したと考えられ、正しいと言い切れる結果は得ることができず、研究目的を明らかにすることはできなかったのが課題である。さらに、今年の研究では装置の準備に試行錯誤したため、考察の内容を確かめることはできず推測にとどまってしまったことが課題である。今後の展望としては、装置の精度を上げたうえで再度実験を行う。そしてばね定数と、可能であればせん断弾性率の計測・算出をして考察を確かめたい。天然ゴムとウレタンゴムの差を出すにはかなり正確な装置が必要と考えられる。実験３で未実施である前後方向については「板の傾きで速度を変えてみるのはどうか」という助言をいただいたので、他の方向の実験も含めて実践してみようと思う。

６．参考文献

森下雄二郎（2021）「電車の研究 Part5～電車の振動をやわらげる方法を探る～」

株式会社枚方技研 HP　https://www.hirakata-g.co.jp/archives/758（最終閲覧２月２日）

音波による粘度測定の有用性

～音波を用いた唾液粘度の非侵襲的測定と血管疾患のリスク評価～

The usability of viscosity measurement using sound wave

Noninvasive measurement of saliva viscosity using sound wave and risk assessment of vascular disease

Abstract

Blood viscosity is considered an important indicator for assessing the risk of vascular diseases, such as atherosclerosis and stroke. However, current measurement methods require invasive blood tests, which makes them difficult to perform. Therefore, this study investigated whether measuring saliva viscosity using acoustic waves could serve as an alternative indicator of blood viscosity. The results of the measurements indicated that the frequency range of the acoustic waves was insufficient for viscosity measurement. This made it difficult to measure the decay rate, which is an indicator of viscosity. Consequently, the usefulness of measuring viscosity using acoustic waves was found to be limited.

１．目的・研究動機

血液粘度は、動脈硬化や脳卒中などの血管疾患のリスク評価に重要な指標とされているが、現在の測定方法は、侵襲的測定である血液検査（採血）を伴うため、手軽に実施できない。そこで、本研究は、唾液の粘度を音波で測定し、血液粘度の代替指標として利用できるか検証する。さらに、日常生活における粘度への影響や血圧・脈波（ＰＷＶ）との相関関係を分析し、さらに血管疾患リスクに関する健康状態の指標として有用性を評価する。

２．研究方法

本研究の調査・実験は次の通りに進める。

①音波による唾液粘度測定
②食生活・水分摂取量と唾液粘度の関係
③ストレスと唾液粘度の関係
④血圧・脈波と粘度の関係
⑤数値流体解析による血流シミュレーションでの検証

本来であれば超音波を用いた実験を行いたかったが、機器の都合上音波を使用することとなったので、まだ確立されていない①音波による唾液粘度測定に注力した実験を行った。以下に今年度行った実験を順に記載する。

（１）落球式粘度計を用いた粘度測定

粘度測定として用いられている落球式粘度計を簡易的に自作し、①グリセリン 60g、②グリセリン溶液（グリセリン 50g+水 10g）、③グリセリン溶液（グリセリン 40g+水 20g）の一定の高さからの落下時間と落下速度（終端速度）を測定した。

（２）音波測定による粘度測定

超音波による粘度測定は先行研究により確立されているが、音波による粘度測定は確立されていなかったので、より身近である音波を用いて様々な粘度の波形、ピーク、振幅、周期、立下り時間、減

衰までの時間を測定した。この実験では、水とグリセリンのみ使用（混合液は使用していない）し、それぞれ100g、200g、300gと量を変えて実験した。

（3）音波測定による粘度測定の有用性

後ほど詳しく記載するが、（1）（2）の考察を行ったところ音波発生装置に問題があることが発覚した。そのため、実験方法に工夫を施し、（2）に準じた実験を行った。

粘度を数値化した指標として、「mPa・s（ミリパスカル・セカンド）」がある。20℃のときの水は、約1.0mPa・sである。この指標を用いて、実際の唾液粘度を疑似的に作成し、音波測定を行う。先行研究により、健康な人であっても安静時の唾液粘度には個体差があるが、刺激時には個体差が極めて少なく、指標で表すと1.42±0.37mPa・sであることがわかっている。また、生活習慣病や血管疾患を持っている人の唾液粘度は健康な人の2～7倍であることがわかっている。そのため、一度に採取できる唾液量である5.0ml作成し、37℃に温め、音波発生中の振幅を10回測定した。

A.水（0.69mPa）
B.33.5%グリセリン溶液（1.42mPa）
C.52.5%グリセリン溶液（2.84mPa）
D.58.8%グリセリン溶液（6.39mPa）
E.65.6%グリセリン溶液（9.94mPa）

3．結果

（1）落球式粘度計を用いた粘度測定

それぞれ10回行った平均時間、平均速度は以下の通りになった。

	①グリセリン60g	②グリセリン50g＋水10g	③グリセリン40g＋水20g
落下時間	00’153	00’080	00’046
終端速度	00’486	00’749	00’875

結果より、粘度が高くなればなるほど落下時間が長く、終端速度が遅くなった。

（2）音波測定による粘度測定

ピーク、振幅、周期、立ち下り時間、減衰までの時間（※）の測定結果は以下の通りである。

○水300g（※:5.8s）

	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	42.7m	42.7m	21.72m	9.397m
音波発生中	139m	139m	29.28m	25.55m
音波発生後	117m	117m	14.37m	4.559m
減衰後	41.7m	41.7m	17.24m	11.73m

○水200g（※:5.7s）

	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	43.8m	43.8m	10.21m	2.504m
音波発生中	130m	130m	25.06m	10.99m
音波発生後	123m	99.0m	12.52m	4.606m
減衰後	41.4m	41.4m	12.68m	10.36m

○水 100g（※:5.8s）

	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	40.6m	40.6m	27.20m	13.50m
音波発生中	139m	133m	12.53m	4.850m
音波発生後	113m	106m	3.041m	3.109m
減衰後	42.2m	42.2m	18.72m	6.145m

○グリセリン 300g（※:5.9s）

	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	42.0m	42.0m	18.90m	13.00m
音波発生中	144m	144m	25.44m	11.00m
音波発生後	134m	134m	24.70m	3.147m
減衰後	48.0m	44.3m	17.58m	3.540m

○グリセリン 200g（※5.9s）

	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	41.5m	41.5m	12.48m	4.881m
音波発生中	141m	141m	23.00m	3.314m
音波発生後	124m	124m	13.87m	5.041m
減衰後	40.1m	40.1m	13.24m	3.304m

○グリセリン 100g（※5.9s）

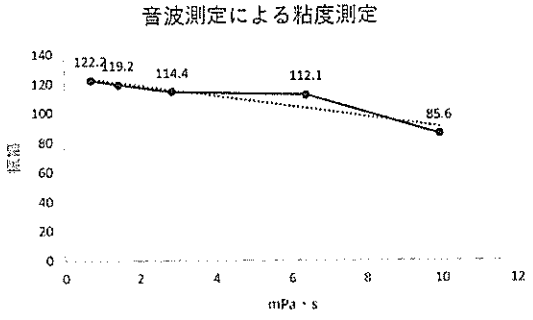
	ピーク	振幅	周期	立下り時間
音波発生前	40.2m	40.2m	14.68m	2.788m
音波発生中	141m	141m	29.33m	13.33m
音波発生後	127m	127m	1.783m	7.877m
減衰後	42.2m	42.2m	14.34m	2.275m

音波測定による粘度の差が顕著にみられなかったため、容器の共鳴を抑制したり、量を増やし 12L で実験したり、実験場所を変えたりしたが、いずれも減衰時間が 5.8s になった。振幅は粘度によって多少の変化がみられた。

（3）音波測定による粘度測定の有用性

結果は以下の通りである。

	mPa・s	振幅
A. 水	0.69	122.2
B. 33.5%グリセリン溶液	1.42	119.2
C. 52.5%グリセリン溶液	2.84	114.4
D. 58.8%グリセリン溶液	6.39	112.1
E. 65.6%グリセリン溶液	9.94	85.6



結果より、相関係数が-0.93 と負に強い相関があることが分かった。粘度が高くなればなるほど振幅が小さくなった。

４．結論

実験３を行う前までは音波による粘度測定は難しいと考えていたが、溶液を 37℃に温め、22000Hz の音波発生中に振幅を測定することで、音波による粘度測定が可能であることが分かった。

５．今後の課題

実際の唾液を用いた実験を用いて食生活・水分摂取量、ストレス、血圧・脈波と粘度の関係を測るなど計画通りに研究を進めていく必要がある。

６．参考文献

○「Simultaneous Measurements of Temperature and Viscosity for Viscous Fluids Using an Ultrasonic Waveguide」Jinrui Huang, Frederic Cegla, Andy Wickenden, Mike Coomber 2025/10/10 閲覧

○「Salivary biomarkers in cardiovascular disease: An insight into the current evidence」Eshak I. Bahbah, Christa Noehammer, Walter Pulverer, Martin Jung, Andreas Weinhaeusel 2025/10/10 閲覧

○「動脈硬化性疾患における血液粘度の変動について」王 黎曼, 山本 貴嗣, 久山 泰, 高野 喜久雄, 本田 由美子, 峰下 哲 2025/10/10 閲覧

○「唾液粘性と、唾液分泌量および唾液緩衝能との関連性について」今井敦子ら 2026/02/01 閲覧

粉体を用いたペットボトルフリップには何が関係しているのか

What is involved in the success rate of PET bottle flipping with powders?

Abstract

This study investigated the success rate of PET bottle flipping with powdered contents. Experiments were conducted to examine how physical factors, particularly the coefficient of restitution and the center of gravity, influence flipping outcomes. Under controlled conditions, several types of powder were tested, and the bottle motion during rotation and landing was recorded. By comparing differences among powders, the effects of mass distribution and dynamic behavior on landing stability were analyzed. The results provide a clearer physical understanding of bottle flipping with granular materials and the factors that determine successful landings.

1．はじめに

ボトルフリップとは、中に物質を入れたボトルを空中に投げて回転させ、平らな面に立てて着地させる遊びである。これまでの研究では、内容物に水を入れた場合、成功率は水の量や反発係数、重心の位置などの要因によって変化することが報告されている。しかし、水の代わりに粉体を用いた場合については、十分な検討が行われていない。

そこで本研究では、粉体を入れたペットボトルフリップに注目し、成功に関係する物理的な要因を明らかにすることを目的とした。粉体の密度と質量を変化させ、各条件で反発係数と重心の位置を測定し、それらが成功率にどのような影響を与えるかを調べた。本研究では、内容物の質量、反発係数、重心の位置が、粉体を用いたペットボトルフリップの成功率に影響するかどうかを明らかにすることを目的とする。

2．材料および方法

（1）材料

本研究では、回転を安定させ、試行ごとの差を小さくするために、側面が滑らかで凹凸の少ない 500 mL のペットボトルを使用した。粉体として、かさ密度の異なる 4 種類を用い、小麦粉（0.55 g/cm^3）、米（0.57 g/cm^3）、重曹（0.87 g/cm^3）、食塩（1.14 g/cm^3）を選んだ。内容物の質量は 50 g、100 g、150 g、200 g の 4 段階に設定した。これにより、粉体の種類と質量の組み合わせは合計 16 通りとなった。各条件について複数回の試行を行い、結果のばらつきを考慮した。

（2）実験概要

実験は、地面から 80 cm の高さにある水平な机の上で行った。ボトルはキャップ部分を上から持ち、空中でおよそ 1 回転するように手で投げた。着地点のばらつきを小さくするため、図 1 に示すように、実験者の体から 60 cm 離れた位置に点 B を設定し、その点を中心とする半径 10 cm の円形の範囲を目標としてボトルを投げた。

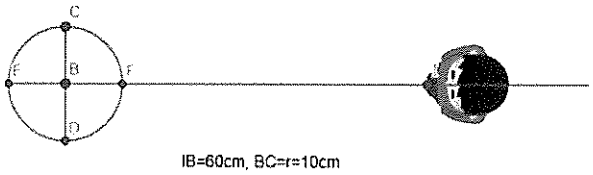


図１　実験の模式図

（３）反発係数の測定

各粉体の種類と内容物の質量の組み合わせごとに反発係数を求めるため、ボトルを高さ 50 cm から硬く平らな床面に落下させた。跳ね返りの様子はスマートフォンのハイスピードカメラで撮影した。撮影した映像をスローモーション再生し、コマ送りで解析することで、跳ね返り後の最大到達高さ h（cm）を測定した。

反発係数eは下式を用いて計算した。ここで、50 cm は落下させた高さを表す。各条件について 10 回ずつ測定を行い、その平均値を反発係数とした。

$$e = \sqrt{\frac{h}{50}}$$

（４）重心の計算

空のボトルの重心は、ボトルの質量を 40.0 g、全体の高さを 21.5 cm として計算した結果、底面から 10.8 cm の位置にあることが分かった。粉体を入れたボトルでは、ボトルの底から粉体の表面までの高さを $2L$と定義した。内容物の質量を m（g）としたとき、粉体を入れたボトル全体の重心位置は下式を用いて計算した。この計算により、粉体の質量の違いや、それに伴う重心位置の変化がフリップの動きに与える影響を、体系的に分析できるようにした。

$$CG = \frac{mL + 40.0 \times 10.8}{m + 40.0}$$

（５）実験手順

粉体を入れた 16 種類すべてのペットボトル条件について、1 条件あたり 100 回のフリップを 1 セットとして実験を行った。本実験では複数の参加者が協力して測定を行ったが、時間の都合上、すべての参加者が合計 1600 回のフリップを行うことは困難であった。そのため、粉体の種類や質量によってフリップを担当する実験者が異なった。

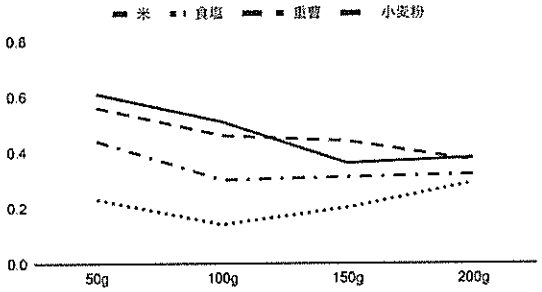
すべての条件で同じ試行回数となるように、各条件につき 4 セット（合計 400 回）のフリップを実施した。各フリップの着地結果を記録し、ボトルが直立して着地した回数の割合を成功率（%）として求めた。さらに、成功率と反発係数、重心位置との関係について相関を分析した。

３．結果

（１）反発係数の結果

グラフ 1 および表 1 に示すように、反発係数が最も小さくなった内容物の質量は、小麦粉と食塩では 100 g、米では 150 g、重曹では 200 g であった。全体的な傾向として、食塩と小麦粉では反発係数が比較的小さく、米と重曹では比較的大きい値を示した。

表１　各粉体の反発係数



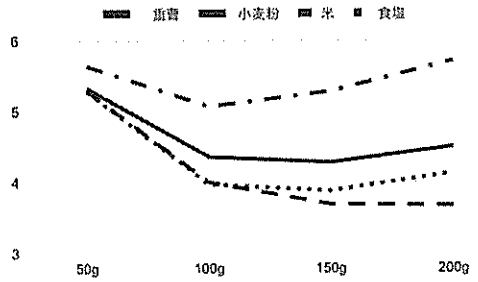
	50g	100g	150g	200g
小麦粉	0.44	0.30	0.31	0.32
米	0.61	0.51	0.36	0.38
重曹	0.56	0.46	0.44	0.37
食塩	0.23	0.14	0.20	0.29

グラフ１　粉体の種類と反発係数の関係

（２）重心の結果

グラフ２および表２に示すように、重心が最も低くなった内容物の質量は、重曹では 200 g、米と食塩では 150 g、小麦粉では 100 g であった。すべての条件を通して、小麦粉の重心は比較的高い位置にあり、他の粉体同士の違いは小さかった。

表２　各粉体の重心位置（cm）



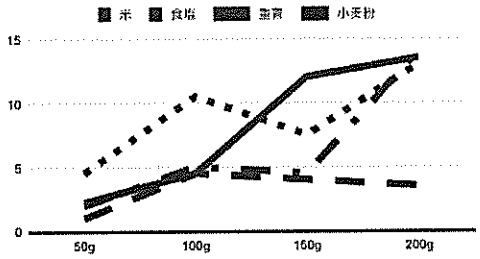
	50g	100g	150g	200g
小麦粉	5.64	5.07	5.28	5.71
米	5.33	4.36	4.28	4.50
重曹	5.29	4.00	3.69	3.67
食塩	5.28	3.97	3.88	4.13

グラフ２　粉体の種類と重心の関係（cm）

（３）成功率

グラフ３および表３に、各条件で行った実験の結果を示す。各条件について４人の参加者がそれぞれ 100 回ずつフリップを行い、合計 400 回の試行を実施した。その結果をもとに成功率を求めた。

表３各粉体の成功率（%）



	50g	100g	150g	200g
小麦粉	2.0	5.0	4.5	14
米	2.3	4.5	12.0	13.5
重曹	1.0	4.5	4.0	3.5
食塩	4.5	10.5	7.5	13

グラフ３　粉体の種類と成功率の関係（%）

（４）相関係数

表４に示すように、小麦粉では、反発係数と成功率の間に中程度の負の相関が見られ、重心と成功率の間には中程度の正の相関が見られた。米では、反発係数と成功率の間に強い負の相関があり、重心と成功率の間には中程度の負の相関が見られた。

重曹では、反発係数および重心のいずれも成功率との間に強い負の相関が確認された。一方、食塩では、反発係数と成功率の間に弱い正の相関が見られ、重心と成功率の間には中程度の負の相関が見られた。

表 4 各項目と成功率との相関係数

	反発係数	重心
小麦粉	-0.46	0.42
米	-0.97	-0.65
重曹	-0.72	-0.90
食塩	0.21	-0.69

4．考察

本研究により、粉体の種類と質量の両方が、反発係数および重心に影響を与え、その結果としてペットボトルフリップの成功率が変化することが明らかになった。

まず、成功率について見ると、米と食塩は比較的高い成功率を示し、小麦粉と重曹は低い成功率を示した。多くの粉体では内容物の質量が 200 g のときに最も成功率が高くなったが、重曹では 100 g が最も良い結果となった。このことから、最適な内容物の質量は粉体の物理的性質によって異なることが示唆される。

次に反発係数に注目すると、米と重曹では明確な傾向が見られ、反発係数が小さいほど成功率が高くなる強い負の相関が確認された。これは、着地時の跳ね返りが小さいほど、ボトルが安定して直立しやすくなるためであると考えられる。一方、食塩では反発係数と成功率の間に弱い正の相関が見られ、反発係数以外の要因がフリップの挙動に強く影響している可能性が示された。

重心については、重心が低い粉体ほど成功率が高くなる傾向が見られた（米と食塩では中程度の負の相関、重曹では強い負の相関)。これは、重心が低いほど回転が安定し、着地時の姿勢制御がしやすくなるためだと考えられる。

ただし、小麦粉では例外的に、重心と成功率の間に正の相関が見られた。これは、小麦粉の粒子が非常に細かく、空中で内部流動が起こりやすいため、重心が変動して回転が不安定になることが原因である可能性がある。また、重心が低い場合でも粉体が均一に分布しにくく、着地時の安定性が低下したことも影響していると考えられる。

5．結論

本研究では、粉体の種類、内容物の質量、反発係数、および重心が、ペットボトルフリップの成功率に与える影響について調べた。その結果、粉体の種類と質量の両方が着地の成功率に大きく影響することが明らかになった。米と食塩は比較的高い成功率を示し、小麦粉と重曹は低い成功率を示した。最適な内容物の質量は粉体によって異なり、多くの粉体では 200 g が最も効果的であったが、重曹では 100 g が最も高い成功率を示した。反発係数の分析からは、米と重曹において反発係数が小さいほど成功率が高くなる傾向が見られ、着地時の跳ね返りが小さいことが安定性の向上につながると考えられた。

また、重心の分析からは、重心が低いほど成功率が高くなる傾向が確認され、飛行中の回転安定性が向上することが要因であると考えられた。ただし、小麦粉では例外的に正の相関が見られ、粉体の内部流動による回転の不安定化が影響している可能性が示唆された。

6．参考文献

岡嶋 帆、岡村 采音、木本 瑛一郎、城山 結妃、 眷野 太志、 山本 京志郎（2023）ペットボトルフリップと水の動きに関する研究　山口県立下関西高校

階段昇降時における最適な手すりの形状を見つける

Finding the best handrail design for ascending and descending stairs

Abstract

Previous studies have shown that using stair handrails has benefits. This study aimed to identify which design is easiest to use on stairs. We conduct a survey our high school students and some correlations were observed in certain aspects, but no clear overall relationship was found.

1．はじめに

階段昇降時、手すりを使用することは身体への負荷を減らすこと、転倒などの事故防止につながる。昨年度の研究を通して、手すりに注目するようになった結果、一般的に使われている丸型の手すりは最適な手すりの形状とは限らないのではないか？という疑問が浮かんだ。手すりの形状や高さと、人の身長・手の大きさとの関係から、階段昇降に適した手すりの形状を明らかにすることを目的として、研究を行った。

2．研究方法

〈1〉 中間発表まで

高校生23名を対象として、校内にある手すり（6箇所　図1～6）を使い、持ちやすいと思う手すりの高さや形をアンケートの結果から求めた。

使用した階段一覧

・職員室横　図1
・クラブハウス（低い方）　図2
・事務室裏　図3
・食堂　図4
・実験室横　図5
・クラブハウス（高い方）　図6

評価方法・評価内容は以下の通り。

・それぞれの階段に対して、手すりの形・高さを1～3の段階評価（1が持ちやすい、3が持ちにくい）
・よかった点や悪かった点など気づいたことがあれば記入してもらう欄
・すべての手すりの中で最もよかった手すりの記入欄（形と高さの観点別、総評どちらでも可）

この実験の目的は、階段で移動する上での持ちやすさではなく、手すりとしての握りやすさのため、階段の段の高さ等の違いは考えずに実験を行った。



図１



図２



図３

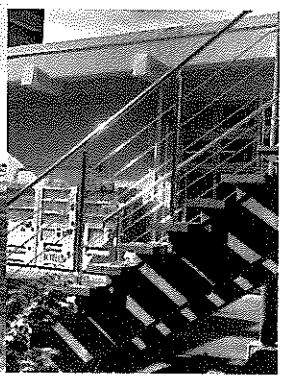


図４

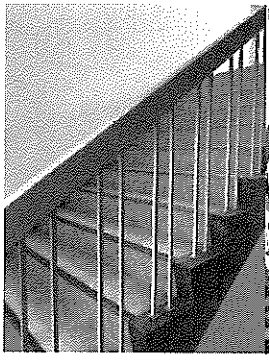


図５



図６

名称	形	(幅)	(高さ)
手すり①	丸	3.3	80
手すり②	丸	3.4	85
手すり③	丸	4.2	79
手すり④	丸	4.6	109.5
手すり⑤	四角	5	88.5
手すり⑥	四角	5	110

表１

〈２〉 中間発表後

高校生 23 名を対象として、アンケート内容を少し変更し再度実験を行った。アンケート内容の変更理由は、評価基準を逆でとらえてしまっている人が多数いたこと。また、分析する対象があいまいになってしまっていたため。評価方法も中間要素をなくすため変更。

変更した点は以下の通り。

・身長、手の大きさ、年齢についての質問を追加

・自宅の手すりの特徴や、学校外で持ちやすかった手すりがあれば回答してもらう欄

・評価方法を１～３から、１～４へ

３．実験結果

最終的に、手の大きさと手すりの幅の関係、身長と手すりの高さの関係の２つの項目について結果グラフや表にまとめ、整理した。

〈１〉 手の大きさと手すりの幅の関係（表１，図７～１２）

手の大きさの範囲は 15cm～20cm だった。図○において、四角の手すりはどの手の大きさの人からも評価が低かった。回答者の中で手の大きさが小さい人（15～16cm）と大きい人（17cm 以上）にわけてみた際、手の小さい人には幅 3.3cm、高さ 80cm の手すり①の評価が高かった。一方で手の大きい人には幅 4.6cm。高さ 109.5cm の手すり④の評価が高かった。

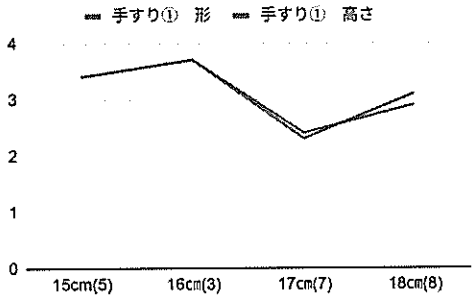


図７

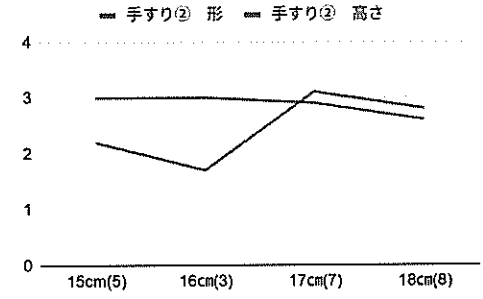


図８

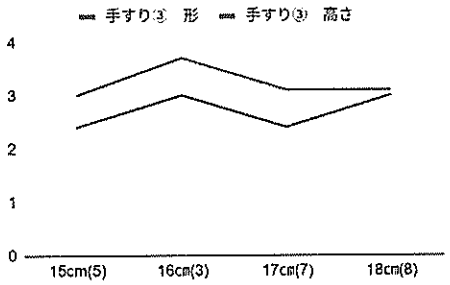


図９

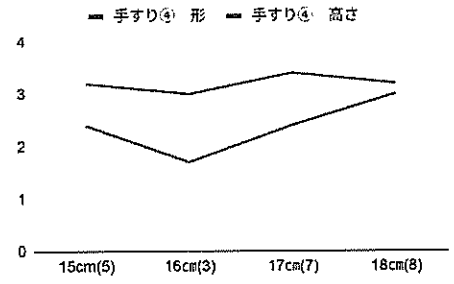


図１０

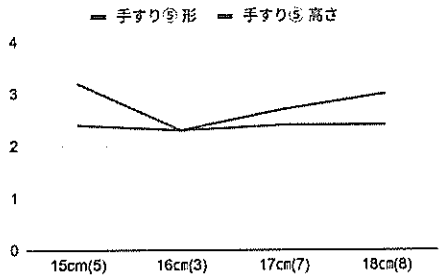


図１１

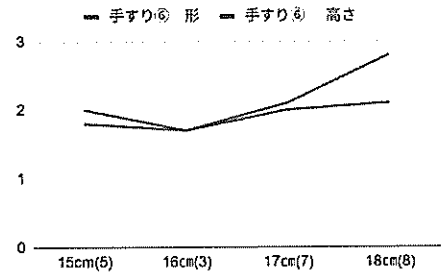


図１２

〈2〉 身長と手すりの高さの関係（表１，図１３～１８）

身長の高さの範囲は 143～174cm だった。全体を踏まえた上で 155cm 未満の人を身長の低い人、165cm 以上の人を身長の高い人とした。身長の低い人には幅 4.2cm、高さ 79cm の手すり③の評価が高かった。身長の高い人には幅 4.6cm、高さ 109.5cm の手すり④の評価が高かった。

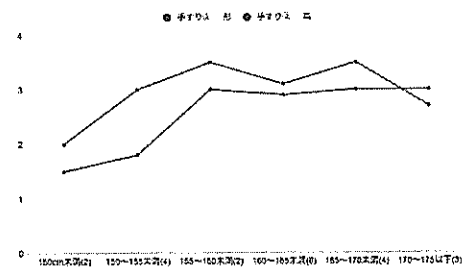


図１３

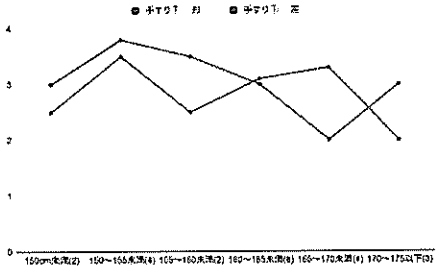


図１４

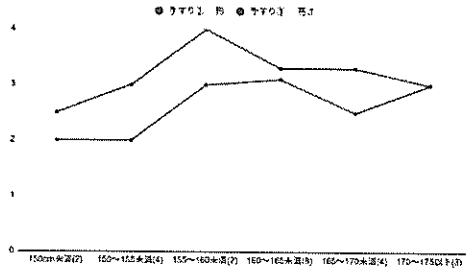


図１５

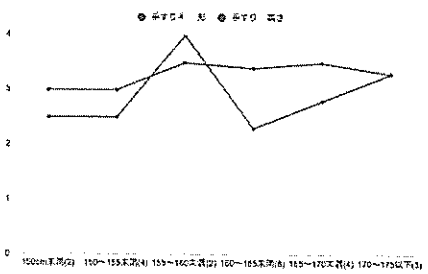


図１６

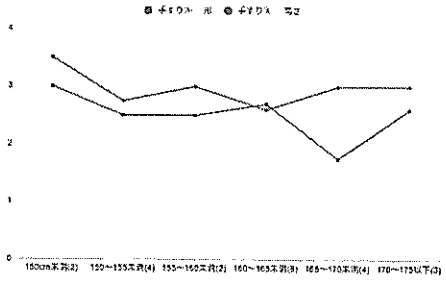


図１７

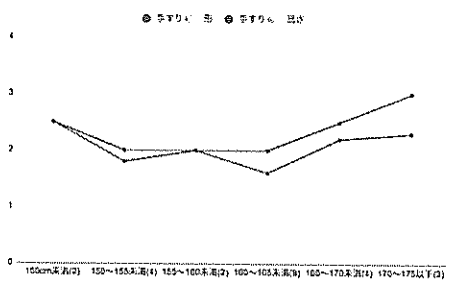


図１８

４．考察

〈１〉 手の大きさと手すりの幅の関係

手の大きさは数 cm しか変わらなかったが、手の大きい人は幅の太い手すりを好み、手の小さい人は幅の細い手すりを好んだため、相関関係がみられるといえる。丸型で幅が 3.4cm、高さが 85cm の手すりは全体的に評価が低かったため、デザインが関係している可能性が考えられる。

〈２〉 身長の高さと手すりの高さの関係

結果より、身長が低い人は低めの手すり、高い人は高めの手すりを好むといえる。一方で身長が 155cm 以上 165cm 未満の中間層では関係性が認められなかったため、相関関係が存在するとは言えない。また、身長 150cm 未満の人は他の高さの人に比べて、四角の手すりの評価が高かった。

５．今後の課題

結果をもとに最適な手すりを検討・作成し、その有効性を実証していきたい。階段の手すりによる身体的負担の軽減を目的としているため、そこまでつなげる。回答の母数が少ないため、統計的な信頼性は高いとは言えなかった。母数を拡大し、より客観性、信頼性の高いデータが得られるようにしていかなければならないと考える。

６．参考文献

階段昇降時の脚の負担に及ぼす手すりの形状の影響　棚部 旭紘/栗田 裕/松村 雄一

9B32 階段昇降時の脚の負担に及ぼす手すり形状の影響

階段用手すり形状と握りやすさに関する研究　森岡 大輔/飯泉 敦哉

階段用手すり形状と握りやすさに関する研究

階段勾配。昇降動作。身長と手すり高さの関係　瀬戸口 俊也/布田 健/加藤 正男

人体寸法分布を考慮した手すり高さ算出法の検討 一階段手すりの設置高さに関する研究その 2 布田健、加藤正男、瀬戸口俊也

尿素による吸熱反応を用いたルミノール反応における照度について

Illuminance in the luminol reaction using the cooling reaction with urea

Abstract

Luminol reaction is a type of chemiluminescence, occur in alkaline solution composed luminol, hydrogen peroxide, and catalyst (ex; heme). The solution produces a strong purple-blue light when luminol reacts with hydrogen peroxide in the alkaline solution. In this study, we aim to adjust the temperature of the solution by the cooling reaction with urea, and to cause the luminol reaction at higher illuminance. The experiments we did showed that the optimum temperature for the luminol reaction was 20°C. We also succeeded the luminol reaction under optimal conditions and at higher illuminance by using urea.

1－1．研究動機

ルミノールは、血液に含まれるヘムを触媒としてルミノール反応を起こして紫青色の光を発するという性質をもち、鑑識の血痕の証明はこれを利用している。しかし、証明には暗室を作る必要があるなど発光の照度が低いという課題がある。本研究では、ルミノール反応においてより明るい発光を得る方法を温度というパラメータから考察する。

1－2－1．研究目的

ルミノール反応における照度がより高くなる温度条件を明らかにする。

1－2－2．仮説

ルミノール反応における発光照度の最適温度がわかれば、その条件を発熱反応または吸熱反応で温度を整えて最適な発光を起こすことができるのではないかと考えられる。

2．研究方法

2－1．実験方法

2－1－1．実験Ⅰ

実験Ⅰ－1：ルミノール0.15g、水酸化ナトリウム1.5g、3.0%過酸化水素水30ml、蒸留水150mlを含む溶液A液と2.0%フェリシアン化カリウム水溶液18mlを含むB液を照度0.001luxの暗室で混合し、溶

液を 10℃、20℃、30℃の３つの温度条件で発光させ、それぞれ照度計を用いて発光を記録した。

実験Ⅰ－２：10℃、25℃、50℃の３つの温度条件のうち、最も高い照度を記録した温度の 5℃高い温度、5℃低い温度でそれぞれ発光させ、照度を記録した。

2－1－2．実験Ⅱ

溶液の温度に応じて、実験Ⅰで明らかになった発光に最適な溶液の温度になるように尿素と溶液を撹拌させて、吸熱反応を発生させる。その後、ルミノール反応を起こし照度を記録し、発光を評価する。予備実験により、尿素はルミノール反応を阻害しないと考えられる。

2－2．評価方法

照度(lux)と時間(s)の関係をグラフに表し、主に最大照度を比較して評価する。しかし、最大照度と発光時間をどちらも考慮できる値として発光時間と照度の積分値を採用し、使用した。

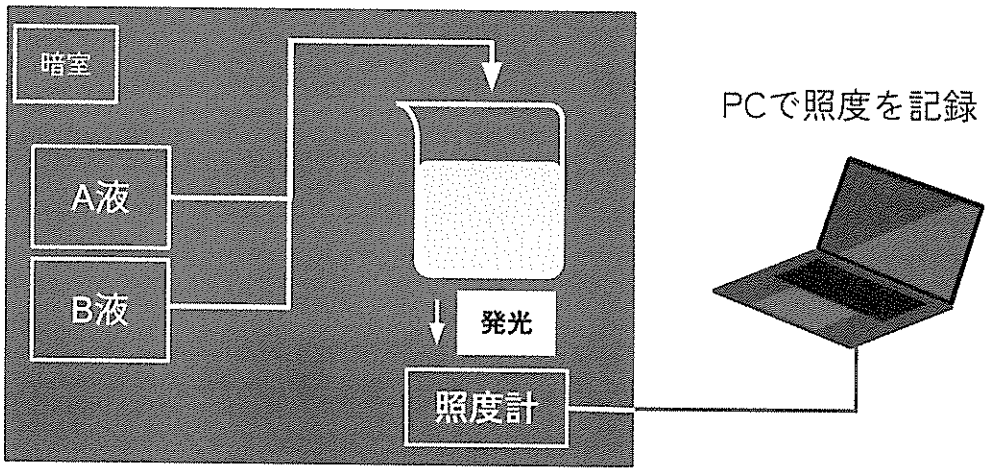


図１　実験方法の模式図

３．結果

３－１．実験Ⅰ

実験Ⅰ－１　溶液の温度が 25℃での発光が最も照度が高い結果となった。積分値においても 25℃での発光が最も数値が大きいといえる。

実験Ⅰ－２　実験Ⅰ－1 で 25℃での発光が最も照度が高い結果となったため、5℃高い 30℃と 5℃低い 20℃の２つの温度条件を追加してそれぞれ発光させたところ、20℃での発光がすべての温度条件で最も照度が高い結果となった。また、積分値においても 20℃での発光が最も数値が大きいという結果となった。

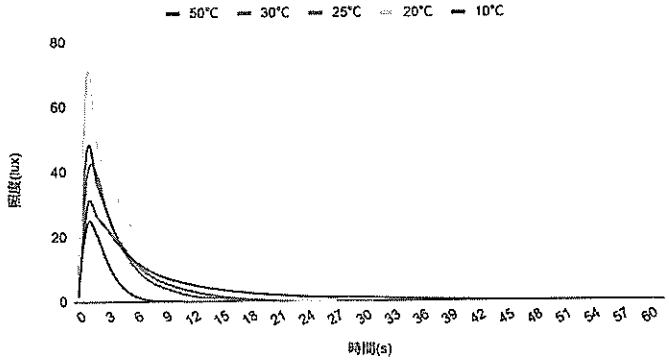


図２　ルミノール反応における溶液の温度と照度の関係

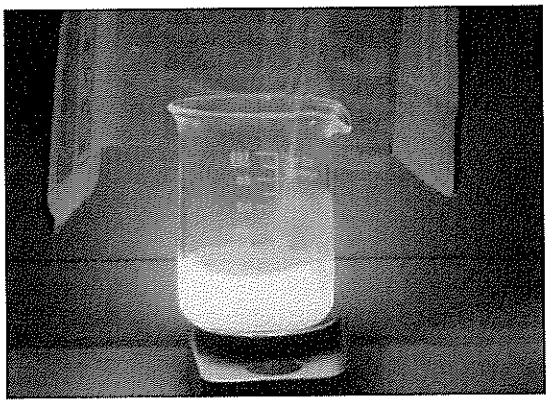


図３　ルミノール反応の様子

3－2．実験Ⅱ

グラフから読み取れるように、尿素を利用した吸熱反応によって20℃にした溶液では、吸熱反応を使わない20℃での溶液での発光と同じような発光がみられた。

なお、実験Ⅰ、Ⅱの全体の実験回数は以下の通りである。

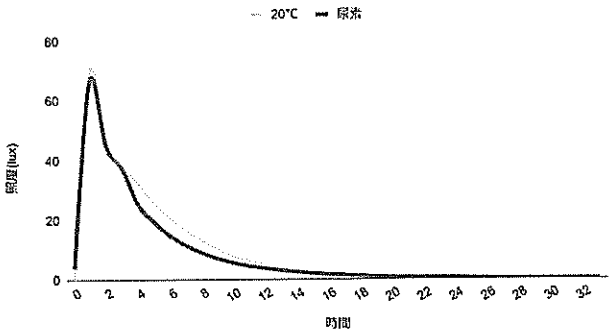


図４　尿素を用いた場合と用いない場合におけるルミノール反応の照度

溶液の温度(℃)	10	20	35	30	50	尿素
回数(回)	4	5	6	10	4	14

図５　実験Ⅰ，Ⅱの実験回数

4．考察／結論

4－1．実験Ⅰ

実験の結果より、溶液の温度が20℃のとき、最大照度と積分値の両方が最も高い結果となった。このため、ルミノール反応の発光における最適な溶液の温度は20℃であるということが分かった。

4－2．実験Ⅱ

実験の結果より、尿素による吸熱反応によって溶液の温度を20℃に調整することができた。また、吸熱反応によって20℃に保たれた溶液でルミノール反応を起こすと、吸熱反応を使わずに20℃の溶液で反応を起こした場合と同じような発光がみられた。このことから、尿素による吸熱反応を用いて溶

液の温度を20℃に調整したことにより、最適なルミノール反応の発光を起こすことができたと考えられる。

５．今後の課題

今後の課題としては、以下のことが挙げられる。

・ルミノール反応の発光の最適な温度が20℃である原理を明らかにしていくこと

・暗室内でルミノール反応を起こす際、溶液の混合にできるだけ差が出ないように、実験方法をより普遍化させる

６．参考文献

Haruki.K ほか（2012）「化学発光」『2012年秋輪講書』　東京理科大学Ｉ部化学研究部
坂口絢清 柴田勢己 折居風花 寺本壮 本田楓 「吸熱反応の応用～最も冷える黄金比～」福岡県立新宮高等学校理数科２年
小倉紫 石川憂菜 梅原彩奈 小原未夕（2021）「ルミノール反応における触媒の濃度と照度・発光時間の関係」まてりあ第60巻 第10号 岩手県立水沢高等学校

アントシアニン色素を用いた絵具の変色・退色防止

Preventing Color Change and Fading in Paints Using Anthocyanin Pigments

Abstract

Anthocyanins are natural pigments whose color changes depending on pH. In last year's study, although we succeeded in producing lake pigments, rapid color change and fading were observed when the pigments were applied to paper. In this study, we investigated methods to improve the color stability of anthocyanin-based paints. Buffer solutions and metal ions were added to the pigments, and color change and fading over time were observed. While buffer solutions temporarily suppressed color change, fading still occurred. In contrast, the addition of metal ions reduced color fading, with magnesium ions showing the greatest stabilizing effect.

1．研究動機

アントシアニンは、pH 値の変化に応じて赤色から紫色、青色へと色調が変化する性質をもつ植物由来の色素である。この特性を利用することで、一つの顔料から複数の色を生成できる絵具の作成が可能であれば、絵具の持ち運びや色数の制限といった従来の課題を解決できると考えられる。

昨年度の研究では、アントシアニンを用いたレーキ顔料の作成に成功し、pH 調整によって色を変化させる絵具を作製した。しかし、紙に塗布した際に時間の経過とともに変色および退色が生じ、色の安定性に大きな課題が残った。これは、乾燥過程における pH の変動や、アントシアニン分子構造の不安定化が原因であると考えられる。

そこで本研究では、pH を一定に保つ役割をもつ緩衝液を用いた条件の最適化を行うとともに、アントシアニンと金属イオンとの結合反応による分子構造の安定化に着目した。緩衝液の種類および添加量、ならびに金属イオンの種類による色の変化および退色の程度を比較・検討し、アントシアニン色素を用いた絵具の変色および退色を抑制する条件を明らかにすることを本研究の目的とした。

2．研究方法

(1)準備　絵具の作成

①小さく刻んだ紫キャベツ 50ｇを 200mL の水に入れて 1 日置く

②硫酸カリウムアンモニウム（水和物）14g、炭酸ナトリウム 7g をそれぞれ熱湯に溶かす

③作成した紫キャベツ溶液にミョウバン溶液を加えた後、炭酸ナトリウム溶液を少しずつ加えていく。

④生成物を一日沈殿させ、沈殿物を濾過する。

⑤濾過後、乾燥させて、乾燥した顔料をすりつぶして粉状にする。

(2)実験Ⅰ　緩衝液による実験

緩衝液による色素の安定化を行う

①pH3.4/3.6/4.3 酢酸緩衝液、pH10.0 炭酸-重炭酸緩衝液の 4 種類作成する

②レーキ顔料とアラビアゴム溶液を 1:1 で混ぜ合わせる
③①を塩酸なし/0.5mL/1.0mL/1.5mL/2mL 加えたものに分ける
④②に 4 種類の緩衝液をなし/0.5mL/1.0mL/1.5mL/2.0mL と段階的に加えていく
⑤紙に塗り、1 時間後、1 日後、3 日後、1 週間後で変色の様子を観察する

(3)実験Ⅲ　金属イオンによる実験
参考文献より硫酸マグネシウム、塩化鉄(Ⅲ)、硫酸カリウムアルミニウム、塩化アルミニウムの 4 つの金属を選んだ
金属イオンの価数によってアントシアニンの分子構造の安定のさせやすさが異なる
すべての金属水溶液を 0.1mol/L、50mL 用意する
① 顔料：アラビアゴム溶液＝1:1 で混ぜ合わせる
② 一つは 6mol/L 塩酸 1.5mL、もう一つは 6mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 1.5mL 加える
③ 紙に塗る
それぞれの金属水溶液は 1.5mL ずつ加える
❶金属イオン水溶液を加えない
❷硫酸マグネシウム水溶液を加える
❸塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加える
❹硫酸カリウムアルミニウム水溶液を加える
❺塩化アルミニウム水溶液を加える
④ 変化の様子を塗った直後、30 分後、1 時間後、1 日後、3 日後、1 週間後、2 週間後で写真に撮って記録する

(4)実験Ⅱの解析
撮った写真を ImageJ によって解析
RGB 値(光の三原色を数値化する方法)を算出
RGB 値から Lab 色に変換し次式に代入して退色率を調べた

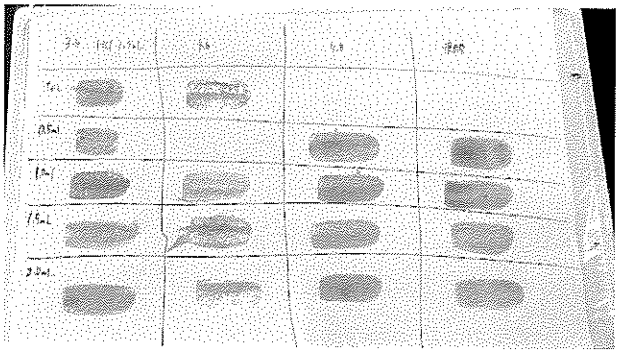
$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

・L_1, a_1, b_1 ＝初期色（塗った直後の Lab 色）
・L_2, a_2, b_2 ＝変色後の Lab 色

3．結果

(1)実験Ⅰ

塩酸を添加しない条件では、絵具は元の緑色を示した。一方、塩酸を 0.5 mL 添加した場合には紫色へと変化し、1.0 mL 以上添加した条件ではピンク色を示した。これらの条件では、塗布後約 1 日間は顕著な変色は認められなかった。しかし、時間の経過とともに水分が蒸発するにつれて色の退色が進行し、塗布後約 1 週間でいずれの条件においてもほぼ無色となった。

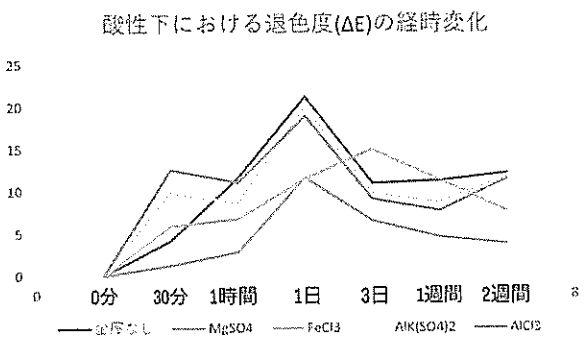


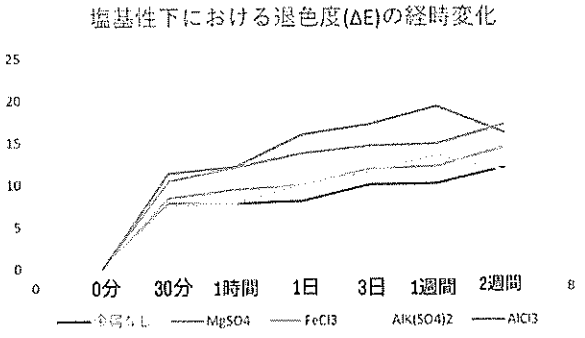
(2) 実験Ⅱ

金属イオンを添加しない条件では、時間の経過に伴い色差が増加し、退色が進行する傾向が見られた。一方、金属イオンを添加した条件では、いずれの場合も無添加条件と比較して色差の増加が抑えられていた。

金属イオンの種類によって色差の変化には差が見られ、硫酸マグネシウムを添加した条件では、測定期間を通して色差が最も小さく、退色が抑えられていた。塩化鉄（Ⅲ）およびアルミニウム塩を添加した条件においても退色抑制の傾向は確認されたが、その効果の大きさには金属イオン間で違いが認められた。

また、酸性条件と塩基性条件を比較すると、全体として塩基性条件の方が色差は大きく、退色が進行しやすい傾向が示された。





4．考察

本研究では、アントシアニン色素を用いた絵具の変色および退色を抑制することを目的として、緩衝液による pH の固定（実験Ⅰ）と、金属イオンとの結合反応（実験Ⅱ）の二つの手法について検討を行った。

実験Ⅰの結果から、塩酸および緩衝液の添加量を変化させることで、絵具の色調が緑色、紫色、ピンク色へと変化することが確認された。このことは、作成した絵具がアントシアニンの pH 依存的な色変化の性質を保持していることを示している。一方で、緩衝液を添加した条件においても、塗布後約 1 日程度で退色が進行し、最終的には無色に近い状態となった。以上より、緩衝液による pH の固定は短時間における色調の維持には一定の効果を示すものの、乾燥後の退色を十分に抑制するには限界があることが明らかとなった。

実験Ⅱの結果から、金属イオンの種類および pH 条件が、アントシアニン色素の退色挙動に大きく影響することが分かった。特に、マグネシウムイオンを添加した試料では、他の金属イオンと比べて色差 ΔE が小さく、色の安定性が高い傾向が見られた。これは、Mg^{2+} がアントシアニンと強い錯体を形成しにくく、色素構造に大きな影響を与えないため、比較的安定した状態が保たれたためであると考えられる。

また、塩基性条件下ではすべての試料において ΔE が大きく増加し、酸性条件下と比べて退色が進みやすいことが確認された。これは、アントシアニンが酸性条件下では安定なフラビリウム型として存在するのに対し、塩基性条件下ではキノイド型、さらに開環型へと構造変化が進みやすく、不安定になるためであると考えられる。

一方、金属イオンを添加した試料は、金属を加えなかった場合と比べて全体的に ΔE が小さくなる傾向を示した。このことから、金属イオンとアントシアニンとの結合反応には、退色を抑制する一定の効果があると考えられる。その中でも、最も退色抑制効果が高かったのはマグネシウムイオンであ

り、本研究条件下では Mg^{2+} がアントシアニン色素の安定化に最も有効な金属イオンであると推定される。

５．今後の課題

本研究では、金属イオンとの結合反応がアントシアニン色素の退色抑制に有効である可能性が示された。今後は、先行研究で安定化効果が報告されている糖類を用いた実験を行い、金属イオンとの効果の比較や併用効果について検討したい。

また、本研究でマグネシウムイオンが有効であったことから、他の二価金属イオンについても同様の効果が得られるかを検証するとともに、金属イオンの濃度を変化させ、最も退色しにくい条件を特定する。

さらに、紫キャベツ以外の植物（ブルーベリー、シソなど）から抽出したアントシアニンを用いた絵具との比較を行い、アントシアニンの種類の違いが色安定性に与える影響について明らかにしたい。

６．参考文献

金属イオンや糖類を用いたアントシアニンの安定化（愛媛県立松山高等学校　色素班）

Rodriguez-Saona, L. E., & Wrolstad, R. E. (2001).

アントシアニン色素を用いたレーキ顔料の作成　田川あい(大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎)(2024)

噛んだガムの再利用方法について

How to Reuse Chewed Gum

Abstract

This study aims to reuse chewed gum. We examined its potential value as an adhesive. We applied a fixed amount of gum to a 1 cm square bonding area to join materials and measured the weight the gum could withstand. We found that the bonding strength varied depending on the material being joined.

1．はじめに／目的／研究動機

1.1 研究動機

日常的に噛まれているガムは噛み終わるとすぐに捨てられてしまうが、まだ利用価値がありそうに見えるにも。この現状に対し、資源の有効活用の観点から「もったいない」と感じたことが本研究のきっかけである 。ガムが持つ独自の性質を活かすことで、新たな活用方法を見出したいと考えた 。

1.2 研究目的

本研究の目的は、噛んだ後のガムの特性を評価し、具体的な活用方法を提案することである 。特にガムの持つ「粘着性」に着目し、簡易的な接着剤としての実用性を検証・評価することをテーマとした 。

2．方法／研究方法／内容

2.1 接着のメカニズム

文献調査によれば、接着は大きく以下の 3 つに分類される。

① 機械的接着（投錨効果）被着材の小さな穴に流れ込んで硬化し、小さな穴を結んだように接着すること。

② 化学的接着（一次結合・分子間力）という、二つの被着材を化学結合により結ばれている状態を利用して接着すること。

③ 物理的接着（二次結合・分子間力）という濡れ広がる特性（ぬれ性）、つまり、分子同士の密着性により接着すること。

2.2 仮説の設定

ガムと被着材の間で化学反応はおきていない。よって、ガムには②の化学的接着の作用はないとする。そして接着強度は①の機械的接着と③の物理的接着の組み合わせによって決まると考えた 。 二つを比べた時、機械的接着による影響のほうがより強く表れると仮定する。この仮定に基づき、接着面の粗さや性質から、強度は 紙、アルミホイル、ポリプロピレン、ガラス の順に高くなると仮説を立てた 。

3. 実験方法

実験には「ロッテ スペアミントガム」を使用し、以下の手順で強度を測定した 。

3.1 実験（ア）・実験（イ）

① 試料を準備する。噛んだ後のガムを 0.2g 計量し、図 1 のように 1cm 四方の正方形に整形した 。

② 紙、ガラス、アルミホイル、クリアファイル（ポリプロピレン）の 4 種類の素材を用意し、同じ

素材同士をガムで貼り合わせる 。

③　紐を用いてペットボトルを吊り下げ、30 秒ごとに一定量の水を加えて重さを増やしていく 。

3.2 実験条件の区分



図 3 整形後のガム

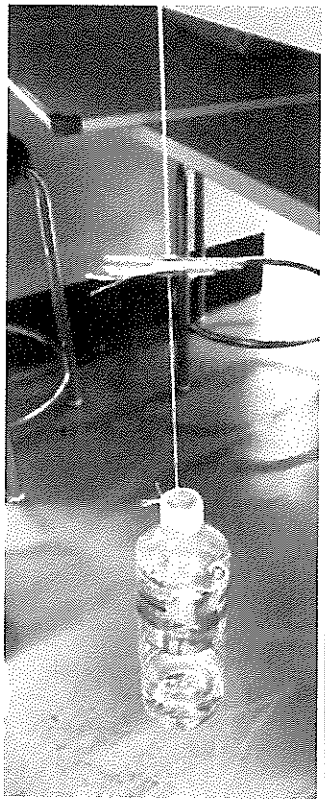


図 2 実験(ア)

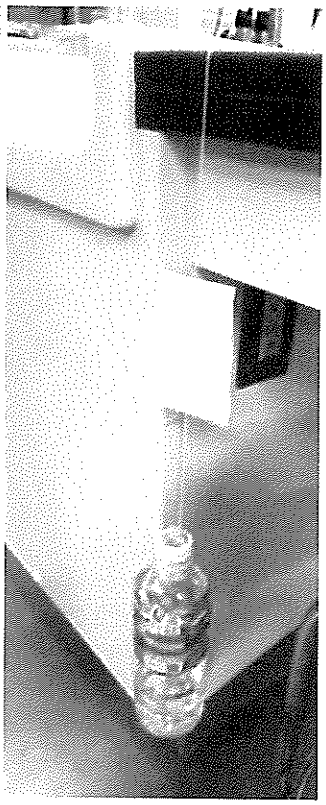


図 1 実験(イ)

力の加わる方向による違いを検証するため、以下の 2 つの実験を行った 。

実験（ア）：図 1 のように接着面に対して垂直方向に力を加える 。水は 10ml ずつ追加 。

実験（イ）：図 2 のように接着面に対して平行方向（せん断方向）に力を加える 。水は 50ml ずつ追加 。

3.2 実験（ウ）

実験（ア）、実験（イ）で不十分だった条件設定をより明確にするために、再び実験を行った。噛んだガムを使わずに以下のように加工したガムを利用した。ガム一枚を 10ml の水とすり鉢に入れ、5 分間ガムをつぶす。その後べたつきを洗い流すために 100ml の水の中で 5 分間撹拌した。また、接着し始めてから実験を行うまでの時間を 5 分で統一した。そこからの手順は実験（ア）と同じである。(ポリプロピレンのデータは、被着材を用意できず取れなかった。)

3．結果

表 1 実験結果

最終重量	紙	ポリプロピレン	ガラス	アルミホイル
実験（ア）	90g	20g	10g	40g
実験（イ）	350g	200g	50g	200g
実験（ウ）	170g	–	10g	70g
秒数	紙	ポリプロピレン	ガラス	アルミホイル
実験（ア）	267 秒	46 秒	10 秒	111 秒
実験（イ）	308 秒	120 秒	0 秒	130 秒

実験（ウ）	492 秒	-	0 秒	193 秒

結果として、強度は 紙 ＞ アルミホイル ≧ ポリプロピレン ＞ ガラス の順に高くなった。

4．考察／結論

表 1 より棒グラフ（図 4）を作成した。

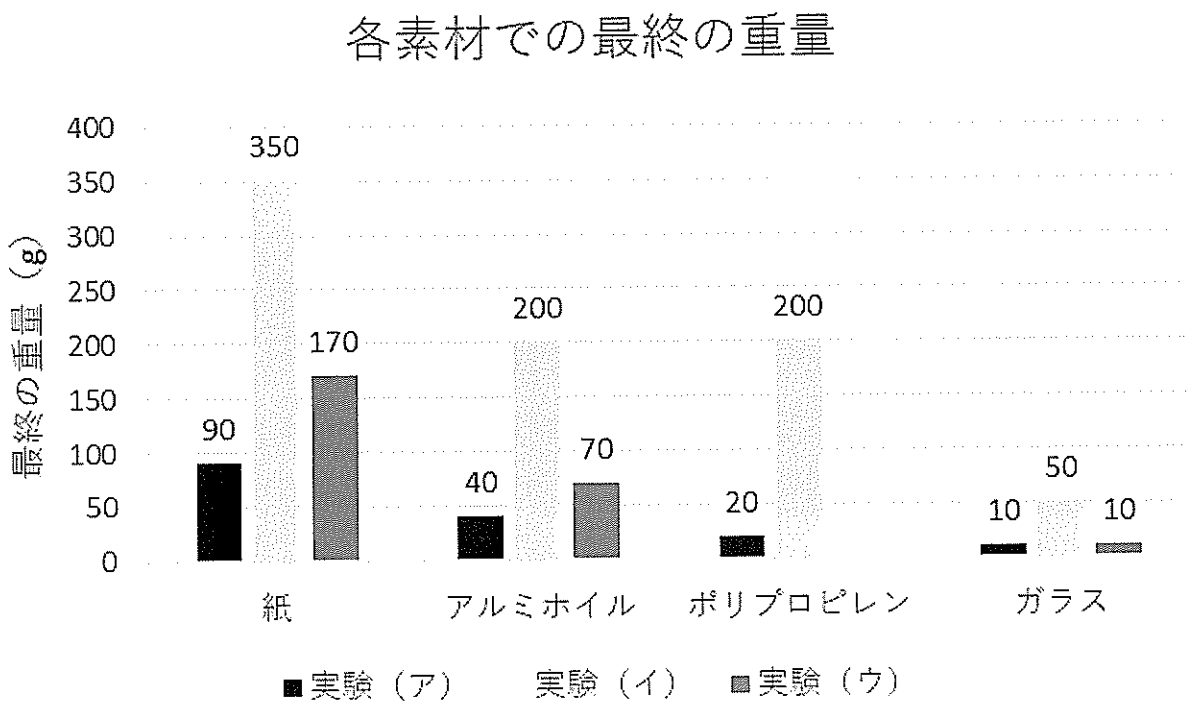


図 4 各素材での最終の重量

4.1 考察

文献によると物理的接着に関与する表面自由エネルギーは、アルミホイル ＞ ガラス ＞ ポリプロピレンの順に高い。物理的接着が機械的接着よりも影響が大きいならば、この順に接着強度は高くなるはずである。しかし実験結果はこの順序と一致しなかった 。このことから、物理的接着の影響は比較的小さく、表面の微細な凹凸にガムが入り込む機械的接着の影響が大きいという仮説が裏付けられた 。

また、実験（ア）と実験（イ）において力を加える方向を変えるとすべての素材において垂直方向よりも平行方向に力をかけた方が強度は高かったのは、平行方向に力をかけた時にはガムがはがれている途中でも、被着材が平行にずれたことによって接着面積が確保されていたからであると考えた 。

4.2 結論

実験の様子から 100g 程度のものの接着はできる。また、機械的接着の影響が大きく、紙のポスターなどを貼り付けるのに有効であるとする。

5．今後の課題

実験精度の向上がある。実験①と②を別の日に行ったため、室温の差が結果に影響した可能性がある 。ガムは熱による性質変化が大きいため、同一条件での再実験が必要である 。

衛生面でも問題がある。他者との共有は衛生上の問題があるため、現時点では個人レベルでの利用が推奨される 。

６．参考文献

https://www.kgk-tape.co.jp/randd/technology3.html

https://www.technibond.co.uk/wp-content/uploads/2019/04/surface-energy-chart.pdf

ケミカルライトの ON/OFF 化

Create an ON/OFF function for chemical lights

Abstract

Chemical lights will definitely stop glowing after some hours. I wish to create ON/OFF Function for chemical lights. In oxalate chemiluminescence, I found that KOH enhances and LiCl reduces light emission. Furthermore, I understood the cause. Bace makes light bright, and Acid makes light dim. Using HCl and KOH, I was able to turn light ON and OFF five times.

1．はじめに

ケミカルライトは、一度発光を開始させると、数時間後必ず消えてしまう。できるだけ長く使えるよう ON/OFF 機能を付けたいと考え、シュウ酸エステル化学発光における酸化反応の、触媒に着目した。発光を明るくする・暗くする物質を探すとともに、見つけた物質の反応機構を解明する。そして、それらを踏まえて 効率よく ON/OFF する方法を探る。

2．実験の準備

準備する薬品

シュウ酸ビス（2,4,6 トリクロロフェニル） 30% H_2O_2 ペリレン（蛍光体）

フタル酸ジメチル（溶媒） tert-ブタノール（共溶媒）

準備する溶液

A 液（5mL）シュウ酸エステル 4mg フタル酸ジメチル 5mL

B 液（7.1mL） 30% H_2O_2 0.1mL ペリレン 4mg tert ブタノール 1mL フタル酸ジメチル 6mL

3．予備実験

予備実験として、A 液と B 液を混合させたときに、最も効率よく発光するための最適混合比率を調べる。効率よく発光するとは、最大照度が高く、発光時間が長いことを指す。

A 液と B 液を、(2.0 , 2.5) , (2.5 , 2.5) , (2.5 , 2.0) で混合させる。（単位はすべて mL）A 液に B 液を入れて、その瞬間ストップウォッチを開始し、20 秒後から計測を開始する、20 秒の時点での照度が最大照度、そのあと一度でも 0.00 になれば終わりとした。そのときのタイムから 20 秒を引いた値を、発光時間とした。それぞれ３回測定し、平均をとる。

結果 下の表のようになった。

A 液（mL）	2.0	2.5	2.5
B 液（mL）	2.5	2.5	2.0
最大照度（Lux）	6.71	12.02	7.14
発光時間	12:42	22:30	10:48

図 1 予備実験の結果

表より、A 液と B 液を体積比１：１で混合させたときに、最も効率よく発光するとわかった。以下の発光実験では、すべて、A 液と B 液を体積比１：１で混合させて発光を開始させる。

４．実験１　発光制御物質のスクリーニング

（方法）まず A 液と B 液を 2.0mL ずつ混合させて発光を開始させる。そのときに発光制御する触媒になる物質を入れて明るさの変化を観察する。どんな物質が発光を制御するのか予想も立てられなかったので、身の回りにあるものや実験室に置いてある物質を端から試していった。

（結果）以下の表のようになった。KOH や NaOH は発光を明るくした一方で、HCl や LiCl は暗くした。身の回りの物質で発光を変化させたのは、石鹸や食塩だけであった。また、発光中の溶液にこれらを交互に入れると ON/OFF を 2.3 回繰り返すことができた。

入れた物質	発光変化	入れた物質	発光変化
サリチル酸ナトリウム	明るくなった。	NaOH	明るくなった。
石鹸	明るくなった。	KOH	明るくなった。
チョーク	変化なし	LiCl	暗くなった。
シャーペンの芯	変化なし	NaCl	少し暗くなった。
消しゴム	変化なし	紙	変化なし
プラスチック	変化なし	布	変化なし
ガラス	変化なし	HCl	暗くなった。

図 2　実験１の結果

５．実験 2　実験 1 の反応機構を解明

（原理）シュウ酸エステル化学発光では、図 4 のようにシュウ酸エステルと H_2O_2 を混合させると、H_2O_2 から電離した H^+ がシュウ酸エステルに衝突し反応して中間体であるジオキセタンジオンを生じる。この中間体は励起状態なので、基底状態に戻る時にそのエネルギーの差が、蛍光体に移り、発光する。

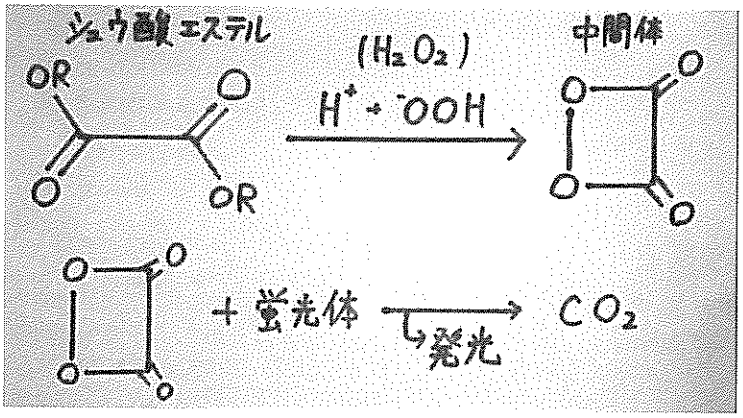


図 3　化学発光の原理

KOH のような、塩基や酸による発光変化と、LiCl のような塩による発光変化は反応機構が違うと異なると考え、別の仮説を立てた。

（仮説 1）酸や塩基を入れたとき

H_2O_2 の電離に注目した。次の電離式を考える。

$$H_2O_2 \rightleftharpoons H^+ + OOH^-$$

KOH などの塩基を入れると、上式の右辺の H^+ が減り、平衡が右へ移動する。だから、電離度が上がり、明るくなると考えた。逆に酸を入れると、上式の右辺の H^+ が増え、平衡が左へ移動する。だから、電離度が下がり、暗くなると考えた。

（方法）この仮説を検証するために、以下の実験を行った。次のア、イ、ウ液を用意する。
ア液　H_2O_2(10mol/L)の水溶液 1mL
イ液　H_2O_2(10mol/L), KOH(0.1mol/L)の水溶液 1mL
アとイにおいて、電離せずに残っているH_2O_2の量を調べる。仮説では、ア＞イの順に残っているH_2O_2の量は少なくなるはずである。それぞれの液を常温で二酸化マンガンと完全に反応させ、発生した酸素の体積を水上置換法で5回測定した。
（結果）以下のようになり、O_2の体積からH_2O_2の電離度も計算するとこのようになった。

	ア	イ
O_2の体積（mL）	106.4	79.9
H_2O_2の電離度	0.14	0.36

図 4　実験 2 の結果（酸塩基）

（仮説 2）塩を入れたとき
LiCl のような塩は、発光溶液の過酸化水素水の水の中で、電離する。発光原理で述べた通り、H_2O_2から電離したH^+がシュウ酸エステルに反応にしていくが、それらが衝突しようとするときに、たくさんのLi^+やCl^-が邪魔すると考えた。つまり、塩を入れることでイオン強度が上がり発光反応が抑制され暗くなると考えた。だから、$CaCl_2$などの二価のイオンに電離する塩は、より暗くなると仮説を立てた。また、NaCl も塩であるが、電離したときNa^+はLi^+よりも電荷の偏りが弱いので、LiCl よりも発光を暗くする効果は弱いのではないかと考えた。
（方法）この仮説を検証するために、以下の実験を行った。A 液と B 液を 1.5mL ずつ混合させて発光を 2 セット開始後、それぞれに LiCl、$CaCl_2$、NaCl 水溶液（両方 0.1mol/L）を 0.3mL ずつ入れる。30 秒後の照度を測定する。それぞれ 3 回行い平均をとる。
（結果）以下の表のようになった。

入れる塩	LiCl	$CaCl_2$	NaCl
照度(Lux)	0.17	0.01	0.28

図 5　実験 2 の結果（塩）

6．実験 3　効率よく ON/OFF する方法を探る

（仮説）ON/OFF の反応機構から、強酸ほど暗く、強塩基ほど明るくなると考えた。
（実験）A 液と B 液を 1.5mL ずつ混合させて発光開始後、次の物質を入れる。
発光を ON にする塩基（NH_3, NaOH, KOH　すべて 0.1mol/L）0.01mL
発光を OFF にする酸（CH_3COOH, HCl　すべて 0.1mol/L）0.3mL
それぞれの発光溶液にこれらを入れたあと 30 秒後の照度を測定する。それぞれ 3 回行い平均をとる。また、もともとの照度と比べるために、フタル酸ジメチル（発光溶液の溶媒）0.3mL も実験を行った。
（結果）以下の表のようになった。また、これを踏まえて、化学発光で、OFF するときは、HCl を、ON するときは、NaOH や KOH で調節すると、ON/OFF を 5 セット繰り返すことができた。

物質	溶媒	NH_3	NaOH	KOH	CH_3COOH	HCl
照　度 (Lux)	0.47	2.97	8.42	12.46	0.11	0.00

図 6　実験 3 の結果

7．考察、今後の課題

実験 1から3 より、ON/OFF の仕組みの仮説は正しく、塩基を入れると明るくなり、酸を入れると暗くなることが分かった。また、塩を入れても暗くなることが分かった。さらに、強塩基ほど明るく、強酸ほど暗くするとわかった。しかし、発光溶液の溶媒のフタル酸ジメチルと、ON/OFF する物質の溶媒の水は混ざりあわないので、分離してしまう。分離すると水の部分が光らなくなるので、その点が今後の課題である。現段階の予想では、発光溶液の溶媒であるフタル酸ジメチルは無極性物質であるのに対して、ON/OFF する物質の溶媒の水は極性物質であるからだと考えられる。

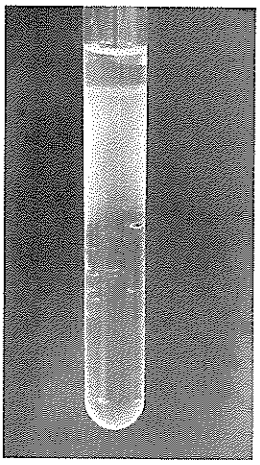


図 7　溶媒の分離

8．参考文献

帯施侑介ほか（2018）「シュウ酸エステルを用いた化学発光の研究」
中田修ほか（2000）「化学発光体の効果の向上」

「かにプラ」をもとにしたハイドロゲルへの展開

～ホウ砂の添加に焦点を当てる～

Production of Hydrogel on "Kani-pla"

～ Focusing on adding borax ～

Abstract

These days, waste of plastic is focused more and more. Actually, crab legs are also wasted. To solve these problems, we had been researching about bioplastic called "Kani-pla" which is made from chitosan: the main component of crab. In the research until last year, it is clear that Kani-pla is biodegradable. However, there are some problems. It was fragile and difficult to deform. In this research, we try to create hydrogel using chitosan.

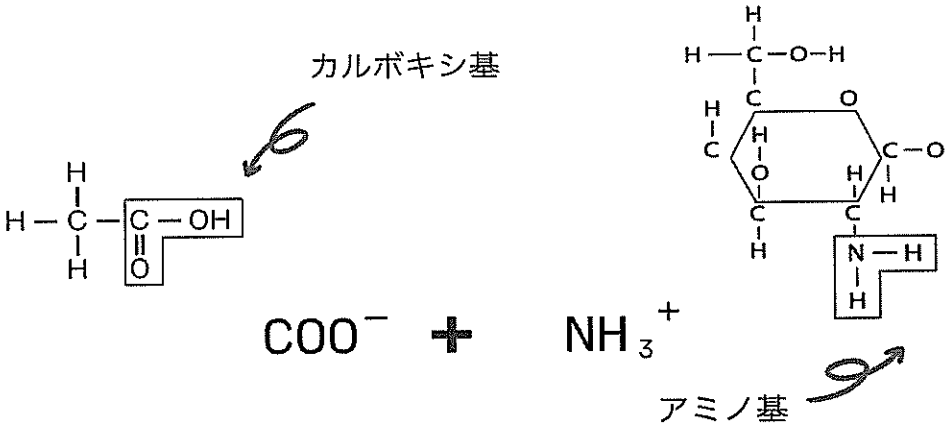
1．背景

近年、石油資源の大量消費やマイクロプラスチック問題が話題となっている。同時に、カニの殻の大量廃棄も実は問題となっている。これらの問題を解決するべく、昨年度まで、カニの甲羅の主成分であるキトサンを用いて作るプラスチック「かにプラ」を作成してきており、これまでの研究で、かにプラには生分解性があることも分かっている。また強度試験や用途に合わせたリメイクを行ってきたが、従来のかにプラのもろさや変形のしづらさなどの欠点が際立ってきた。そこで今年度はかにプラの作成をもとに別の高分子材料を作ろうと思い、ハイドロゲルの作成に取り組んだ。

2．研究デザイン

(1)かにプラとは

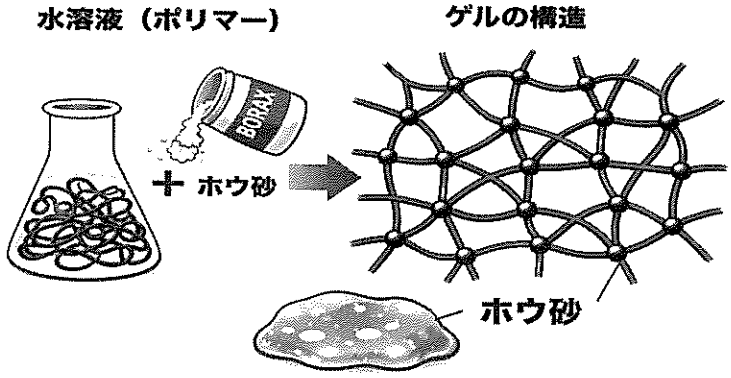
水に不溶であるキトサンとカルボン酸を水に投入し撹拌すると、キトサンのアミノ基とカルボン酸のカルボキシ基がイオン結合し塩を形成すると水に可溶となる。(図1)　さらに水を蒸発させることでキトサンフィルムを作成することができ、これを私たちは「かにプラ」と呼ぶ。



(図1)

(2)ゲルの作成

今まで作成してきた「かにのり(キトサン＋酸の水溶液、かにプラを作る過程で乾燥させる前のもの)」に架橋剤としてホウ砂を加えることで高分子間が架橋され、ゲル状になるのではと考えた。鎖状の構造である水溶液が、ホウ砂によって鎖同士が結びつけられることで網目状の構造になって流動性が低下し、液体状からゲル状になるとイメージした。(図２)



(図２)

３．実験と結果

(１)氷酢酸かにプラの作成

昨年度まではアジピン酸やスルファニル酸を用いてかにプラを作成してきたがこれらの薬品は危険性を伴うので、もっと危険性がおだやかで比較的安価な酢酸を用いて同様にかにプラを作りたいと思った。

〈手順〉

① 水 100mL が入ったビーカーに氷酢酸 0.6g(10mmol)を加える。
② キトサン 1.61g(10mmol)を少しずつ加え、キトサンが完全に溶けきるまで常温で撹拌。
③ 完成した水溶液をシャーレに広げ常温で乾燥させる。
④ 出来上がった膜をシャーレからはがす。

〈結果〉

2 週間ほど乾燥させたのち完全に乾燥し膜が形成された。色は少し黄色いがほぼ透明で結晶化している部分もなかった。伸縮性はなく折り曲げるとすぐに割れた。

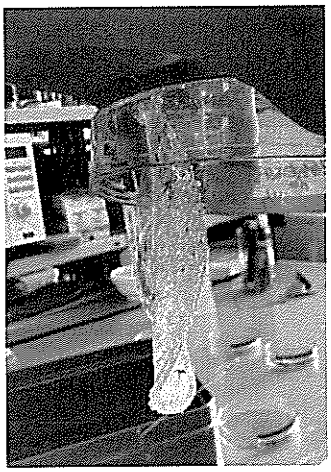
(２)氷酢酸かにのりのゲル化

氷酢酸かにプラの作成過程でホウ砂を加えることによりゲル化を試みる。

〈手順〉

① 水 100mL が入ったビーカーA,B に氷酢酸 0.6(10mmol)をそれぞれ加える。
② キトサン 1.61g(10mmol)を少しずつ加え、キトサンが完全に溶けきるまで常温で撹拌。
(ここまで(１)と同じ手順)
③ ホウ砂 0.3g/0.6g をビーカーA/B にそれぞれ少しずつ投入し常温で撹拌。
④ 完成した水溶液をシャーレに広げ常温で乾燥させる。
⑤ 出来上がった物質をシャーレから取り出す。

〈結果〉
今回の研究では「均一なゼリー状固体であり、水溶液として流動しないこと」を「ハイドロゲル」であるかどうかの判断基準とした。目視での判断ではこの基準を満たすハイドロゲルが生成したと言える。(写真)



(写真)

作成時はホウ砂を本当に少しずつ投入しないとすぐに大きいダマができた。少しずつ投入しても溶液が完全に透明になるまで1時間ほど撹拌し続けなければいけなかった。また液体を乾燥させてから流動性がある物質がなくなるまで一か月ほど時間がかかった。

4．考察

文章・・・カルボン酸とアミンが反応してアミドができる様子を式で表すと次のようになる。このアミド化によって鎖状の構造ができる。

$$R\text{–}COOH + R'\text{–}NH_2 \rightleftarrows R\text{–}CONH\text{–}R' + H_2O$$

Rは構造の省略形

ホウ砂は水に溶けるとホウ酸イオンとなり、OH基をもつ高分子同士を橋渡しする。鎖同士が橋渡しされ三次元の網目構造となり水を閉じ込めるようになってゲルが形成される。このときの反応式は次のようになると考える。

$$R\text{-}CONH\text{-}R' + B(OH)_4^- \xrightarrow{\text{架橋}} \text{ゲル}$$

5．今後の展望

・ゲルを作成するそれぞれの過程でpHを測定する。
・架橋剤の量がどれほどであるとゲル状になるのか下限と上限を見極める。またホウ砂以外の架橋剤を用いてゲルをつくる。
・自然乾燥だと溶液がゲルになるまで長い時間が必要だったので添加物を加えるなどして速乾性を持たせる。
・ゲルの強度や厚さなどの計測的な実験を行い、ゲルの性質をグラフなどにまとめ可視化できるよう

にする。
・ゲルができた後、さらに１か月ほど放置していると完全に水が蒸発してしまったので、ゲルの状態のまま保たれるような保存環境をつくる。

６．参考文献

前年度までの「かにプラ」の先行研究

液体が固まる「ゲル化過程」の普遍法則を解明　(作道 直幸、安田 傑、酒井 崇匡)

Low-adhesion and low-swelling hydrogel based on alginate and carbonated water to prevent temporary dilation of wound sites　(Ryota Teshima, Shigehito Osawa, Miki Yoshikawa, Yayoi Kawano, Hidenori Otsuka, Takehisa Hanawa)

髪がきしまないシャンプーの作成
Creating a Shampoo That Doesn't Make Your Hair Tangled

Abstract
This study focuses on the "roughness" felt by hair during shampoo cleansing. Hair is naturally weakly acidic, and washing with soap or similar products shifts it toward alkalinity, causing the hair to feel rough. The "roughness" referred to in this study occurs when the scale-like cuticles on the hair surface stand up or peel off.The goal of this study is to develop a shampoo that effectively removes dirt while minimizing damage to the hair. In experiments, the number of detached cuticle layers before and after washing is measured to evaluate effectiveness. The cuticle measurement method uses the sumps method with starch solution.However, treatments causing significant hair stress resulted in complete cuticle detachment, so we plan to measure by area. Moving forward, we aim to further develop shampoos that reduce hair roughness and lessen the burden of daily hair care.

1．はじめに
ほとんどの人は髪の毛を洗う時シャンプーをした後はリンスをする。それは、人間の髪の毛は弱酸性に保たれているが、皮脂など汚れを落とす時は弱アルカリ性の方が適しているため、シャンプーはアルカリ性のものが多い。しかし、シャンプーだけを使用した場合髪の毛がきしむ。そのため、シャンプーで汚れを落とした後リンスをし、髪の毛を弱酸性に戻す。では、なぜ髪の毛は弱酸性ではないときしむのか。本研究での「きしむ」とは、髪の表面にあるうろこ状のキューティクルが逆立ったり、剥がれ落ちたりすることを指す。災害時など、水を使用できる機会が限られるときに、シャンプーとリンスを使用することは、現実的に考えて厳しい。しかしどの家庭にもリンスインシャンプーが置いてあるとは限らない。そこで、家庭にある洗剤や化学薬品などを組み合わせて、汚れの落ちる弱酸性シャンプーを作ることを考えた。

2．研究方法
【準備物】
・毛(染めたりしていない)
・毛(ブリーチや縮毛などの経歴がある)
・顕微鏡
・ビーカー×２
・メスシリンダー
・駒込ピペット
・スライドガラス
・液体のり
・蒸留水　200ml×２
・水酸化ナトリウム1mol　10ml
・水酸化ナトリウム0.1mol　10ml
・トレー

【実験方法】

1.スンプ法を用いてキューティクルのはがれている枚数を確認する。

2.スライドガラスに液体のりを直径1cmほどで半透明になるまで乾かす。

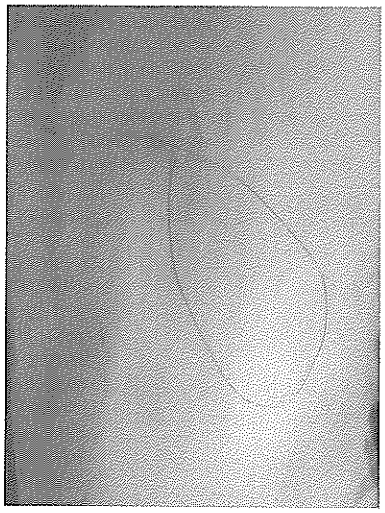
3.髪の毛を伸ばして液体のりに張り付け、型が付くまで乾かしはがす。

4.型を顕微鏡の倍率を150倍にして観察する。

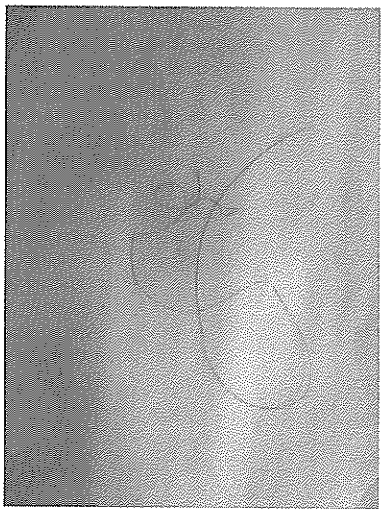
次の①～⑤までの髪の毛を用いて実験する。

①何も手を加えていない髪の毛
②何も手を加えていない髪の毛を爪でこすった
③何も手を加えていない髪の毛をNaOH（0.1mol/L）10mLに5分間つけ、キッチンペーパーの上3分間乾かしたもの
④何も手を加えていない髪の毛をNaOH（1mol/L）10mLに5分間つけ、キッチンペーパーの上で3分間乾かしたもの
⑤ブリーチと黒染め2回した髪の毛

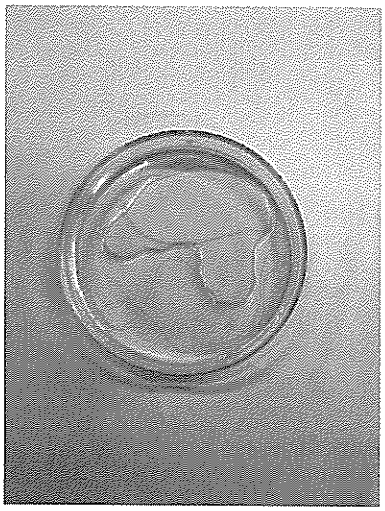
①



②



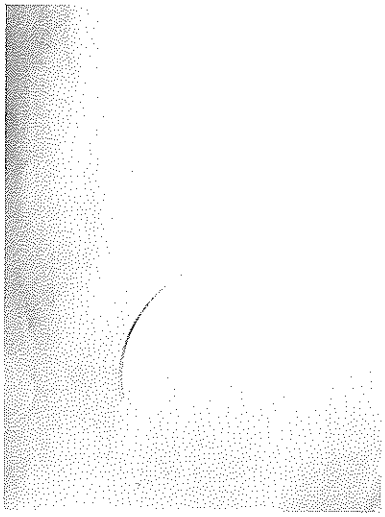
③



④

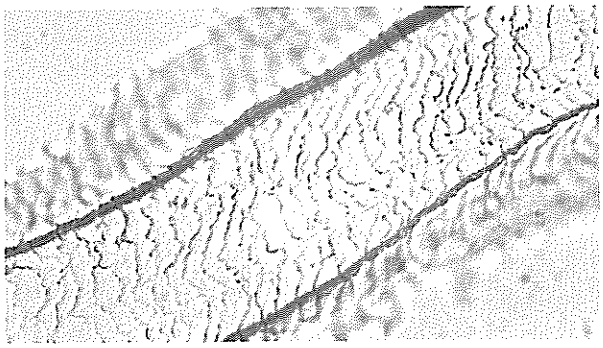


⑤

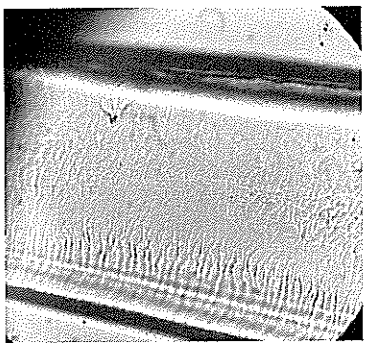


3．結果

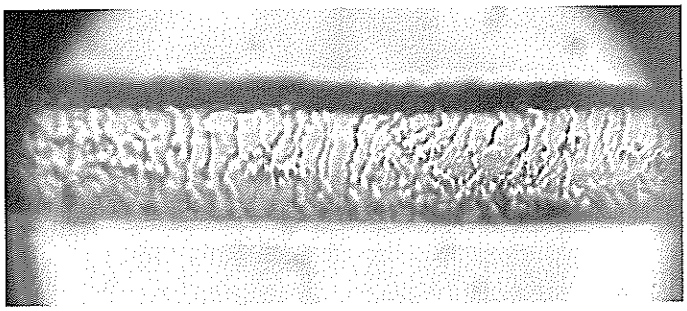
①



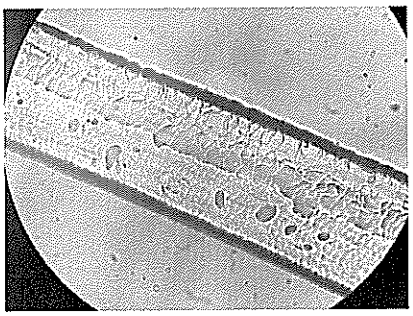
②



④



⑤



※③はデータをとることができなかった。

上記の実験結果から、写真①と写真④では見た目に大きな変化は確認できなかった。しかし、細かく観察すると写真④の方がキューティクルがやや逆立っている様子が見られた。このことから、弱アルカリ性の環境では髪の表面構造にわずかな変化が生じる可能性があると考えられる。完全に大きな損傷が起きるわけではないが、髪の保護構造であるキューティクルが少し開いた状態になっていることが示唆された。また、写真②は爪で削るという物理的な力を加えたため、髪の毛のほぼ全体にわたってキューティクルが大きく損傷していた。一方、写真⑤ではメデュラ付近からやや外側にかけてキューティクルが剥がれ落ちている様子が確認された。これは薬剤などによる内部からの影響が外側へ広がった可能性を示しており、物理的損傷と化学的影響ではキューティクルの剥がれ方に違いがあることが分かった。

4．考察

今回シャンプーを作成するにあたり、そのシャンプーが髪に適しているかどうかを判断する基準として、キューティクルのうろこ状構造が何枚剥がれたかを数える方法を用いようと考えていた。しかし実験の結果、特にブリーチ処理を行った髪の毛では、すでにキューティクルが大きく剥がれ落ちている部分が多く見られた。そのため、単純に「枚数」で評価する方法では、正確に比較することが難しいと感じた。ブリーチ毛はもともとの損傷が大きく、処理前後の差が分かりにくいことも問題である。そのため、今後はキューティクルが剥がれた枚数ではなく、写真の縮尺をそろえたうえで、剥がれた面積の割合を測定する方法の方が客観的で再現性のある評価ができるのではないかと考えた。この方法であれば、ダメージの程度をより視覚的かつ定量的に比較できる可能性がある。

5．今後の課題

今後は、何も処理をしていない健康な髪の毛だけでなく、ブリーチをした髪の毛、縮毛矯正を行った髪の毛、さらにパーマをかけた髪の毛など、さまざまな状態の髪の毛を試料として用い

たいと考えている。それぞれの髪はダメージの原因や構造の変化が異なるため、同じシャンプーでも影響の出方が変わる可能性がある。

そのため、多様な髪質や処理履歴に対応できるシャンプーの条件を調べることで、どのような成分配合がどの髪に適しているのかを明らかにしていきたい。また、評価方法についても改良を重ね、より正確に髪への影響を測定できる実験方法を確立することが今後の課題である。

６．参考文献

・「髪の構造と成り立ち」KAO 髪の構造｜髪の知識｜花王株式会社ヘアケアサイト
・「pHとカラーリング」lamplight pHとカラーリング
・「シャンプーの成分」HealthHair Lab【美容師監修】シャンプーの成分を解説髪に良くない成分はある？成分表のチェック方法も紹介－HealthHairLab ヘルスヘアラボ
・「シャンプー成分」LIPSシャンプー成分は髪や頭皮に良い？悪い？【成分一覧でわかる適切なアイテムの見分け方】｜LIPS
・「手作りシャンプー」シャンらぼ　シャンプーの作り方－シャンらぼ－Syampoo Laboratory-

より保湿力の優れた化粧水の作成
Investigation of moisturizing ingredients in toners

Abstract

Lotion has various effects, such as whitening and anti-aging. Among them, we focused on its moisturizing effect. So, we made a lotion with higher moisturizing power. We researched the main ingredients contained in lotions and made several types of lotion by mixing different ingredients. We applied each lotion to pieces of rice cake and left them for two hours. Then, we measured the amount of moisture every 20 minutes. Furthermore, we focused on amino acids, which showed a large difference in the experiment, and studied their changes in more detail.

１．はじめに

化粧水には保湿効果や美白効果、エイジングケアなど様々な役割がある。その中でも保湿に焦点を当て、より保湿に効果的な化粧水を作りたいと考えた。そこで本研究では、一般的な化粧水に含まれる成分の中で、どの成分が保湿効果に強く関係しているのかを明らかにすることを目的として実験を行った。

２．実験の流れ

（１）実験の流れ

本研究では、化粧水の保湿効果に深く関係する成分を明らかにするため、３種類の実験を行った。なお、保湿効果の確認にスキンチェッカー(製品名：美ルルスキンチェッカー、品番：KRD1042、メーカー：株式会社ビューティフルエンジェル)を用いた。

実験Ⅰでは、化粧水に含まれている各成分の保湿効果を調べた。実験Ⅱでは、保湿に特に関与していると考えられたアミノ酸に着目し、その種類による違いを検討した。実験Ⅲでは、実際の使用感との関係を調べるためにブラインドテストを実施した。以上の方法により、化粧水成分の保湿効果について調査した。

（２）スキンチェッカーの信頼性の確認

スキンチェッカーとは、皮膚表面の水分量を数値として測定する機器であり、主に肌の保湿状態を確認するために用いられている。使用したスキンチェッカーの測定結果の信頼性を確認するため、簡単な実験を行った。

水を塗布した切り餅を放置し、スキンチェッカーを用いて５分ごとに水分量を測定した。測定は４つの切り餅を用いて行い、個体差の影響をできるだけ小さくするようにした。切り餅を使用した理由は、人の皮膚と比較して表面状態が安定しており、変化を一定に測定できると考えたためである。測定の結果、水の塗布前後で水分量に明確な変化が確認され、塗布後も時間の経過に伴って水分量がほぼ一定の割合で減少する傾向が見られた（図１）。これらの結果から、本研究で使用したスキンチェッカーは信頼性のある測定機器であると判断した。

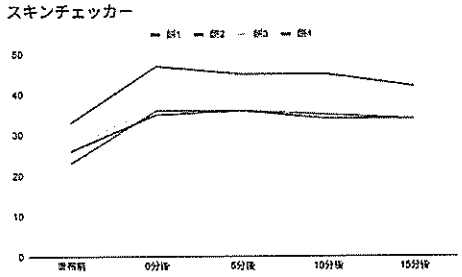


図１(縦軸の単位は%)

３．実験Ⅰ

（１）目的

本実験の目的は、一般的な化粧水に含まれる主要成分の違いが保湿効果に与える影響を調べ、保湿

に特に関与している成分を明らかにすることである。

（2）手順

一般的な化粧水に含まれている主成分を様々な割合で混ぜ合わせる。その中で最も保湿力の高かった成分割合を明らかにする。実験Ⅰでは、一般的な化粧水に含まれる５種類の成分を用い実験を行った。実験条件は表の通りである。

	アミノ酸	ヒアルロン酸	セラミド	グリセリン	スクワラン
条件１	×	○	○	○	○
条件２	○	×	○	○	○
条件３	○	○	×	○	○
条件４	○	○	○	×	○
条件５	○	○	○	○	×
条件６	○	○	○	○	○

○は含む、×は含まない

作った化粧水と水をそれぞれ自分の足に塗布し、スキンチェッカーを用いて５分毎に６回、それぞれの水分量を計測した。

（3）結果・考察

表２は、各条件の化粧水を塗布した後、5 分ごとに測定した皮膚表面の水分量の変化を示したものである。図２はそれをグラフにしたものである。アミノ酸なし、ヒアルロン酸なし、グリセリンなしの条件では、5 分後から 10 分後にかけて水分量が大きく減少しており、減少率はそれぞれ約 18.2%、23.9%、36.7%であった。一方、10 分後から 30 分後にかけての減少率は約 7～23%程度と小さくなり、時間の経過に伴う水分量の変化は比較的なだらかであった。アミノ酸なし、ヒアルロン酸なし、グリセリンなしで作った化粧水を塗った時の水分量の減少率が比較的高かったことから、この 3 種類が水分量を保つはたらきをもち、保湿効果に大きく関係しているのではないかと考えた。

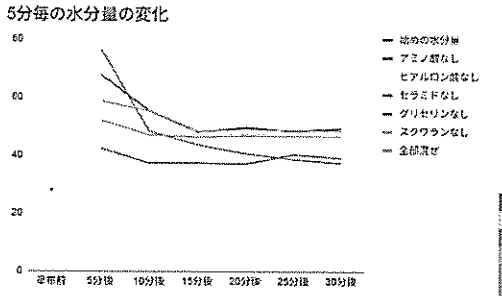


図２（縦軸の単位は%）

	塗布前	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後
アミノ酸なし			67.6	55.3	48	49.6	48.3	49.3
ヒアルロン酸なし			67	51	48.3	47	48	47.3
セラミドなし			42.3	37.3	37.3	37	40.3	39
グリセリンなし			76.3	48.3	43.6	40.6	38.6	37.3
スクワランなし			58.6	55.3	48.3	49	48.6	48.6
全部混ぜ			52	47	46.3	46.6	46.6	46.6

表１（単位は%）

４．実験Ⅱ

（１）目的

実験Ⅰより保湿効果があると考えられる成分の１つであるアミノ酸についてより詳しく調べる。

（2）手順

数あるアミノ酸の中でも今回はアラニン、グリシン、セリンの３種類を使用した。これらのアミノ酸は、先行研究より人の皮膚のバリアの維持に役立つことが明らかになっている(泉二治子(1973)『皮膚のアミノ酸について』)。３種類のアミノ酸をそれぞれ水に溶かし、１%のアミノ酸溶液を作成した。それらを被験者 10 人の手の甲にそれぞれ塗布し、スキンチェッカーを用いて１分ごとに５回計測し、肌の水分量を比較した。

（3）結果・考察

表３は、アラニン・グリシン・セリンの 1%アミノ酸溶液を被験者の手の甲に塗布し、塗布後１分ごとに測定した皮膚表面の水分量の変化を示したものである。図３は、表３の結果をもとに、各アミノ酸における水分量の経時変化をグラフに表したものである。塗布後すぐの水分量はセリンが一番少ないが５分後には水分量が一番多く、減少率は一番低い。今回の実験では、結果の差が偶然によるものかどうかを判断する詳しい分析は行っていないため断定はできないが、セリンは他のアミノ酸と比べて水分量の減少が小さい傾向を示した。このことから、セリンは保湿効果が比較的持続しやすい成分である可能性が示唆された。逆にアラニンは塗布直後に水分量が多いものの、減少率は一番高くなって

いる。このことから実験２ではセリンに一番保湿効果があることが分かった。

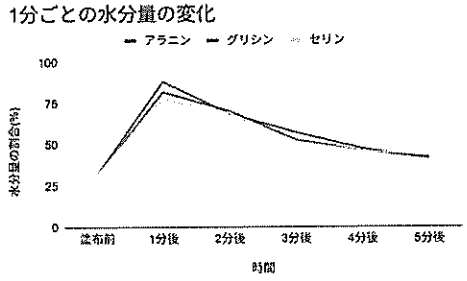


図３（縦軸の単位は%）

1分ごとの水分量の変化

	塗布前	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後
	31.9	88.4	68.9	57.4	47.5	41.5
グリシン	31.9	82	70.6	52.8	46.1	42
セリン	31.9	78.1	69.2	51.9	45.9	43.4

表２（単位は%）

５．実験Ⅲ

（１）目的

実験Ⅱで得られた数値結果と比較するために、実際の使用感を調査した。

（２）手順

実験２で作成した溶液に水を加えた４種類を用いて 23 人にブラインドテストを行った。点眼瓶に４種類の溶液を入れ、被験者にはどの瓶に何の溶液が入っているかわからないようにした。すべての溶液を手の甲に一滴ずつ塗布し５分間放置した後、どの溶液が保湿されていると感じたかを答えてもらった。

（３）結果

図４は、ブラインドテストにおいて被験者 23 人が「最も保湿力があると感じたもの」から「４番目に保湿力があると感じたもの」まで順位付けした結果を円グラフで示したものである。各円グラフは、それぞれの順位において選ばれた溶液の割合を表している。

結果はグラフのように、水、セリン、アラニン、グリシンの順番で保湿効果が感じられるという結果になった。

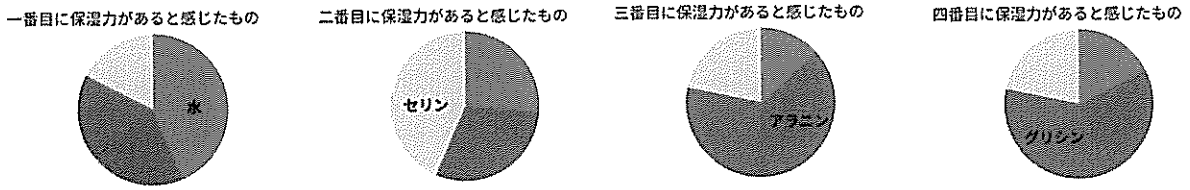


図４

（４）考察

ブラインドテストでは、23 人中 14 人がセリンを１番目または２番目に保湿力があると評価しており、実験Ⅱで得られた水分量の測定結果と一致した傾向が見られ、実験Ⅱの数値と一致した結果が得られた。一方で、水が最も保湿されていると感じられた理由としては塗った瞬間の濡れ感や冷たさ、広がりやすさなどが影響している可能性が考えられる。

６．結論

本研究では、化粧水に含まれる成分の保湿効果を比較した結果、アミノ酸が保湿に大きく関与しており、特にセリンが持続的な保湿に有効である可能性が示された。実験Ⅰでは、アミノ酸を除いた条件で水分量の減少が大きかったことから、アミノ酸の重要性が示唆された。さらに実験Ⅱでは、セリンが最も水分量の減少率が小さく、保湿効果が長時間持続することが明らかになった。実験Ⅲのブラインドテストでもセリンは高い評価を得ており、数値と使用感の両面で一致した結果が得られた。以上より、セリンは化粧水の保湿維持に適した成分であると考えられる。

７．今後の課題

本研究では各成分を評価する段階でとどまってしまい、実際にそれらを組み合わせた化粧水の作成までは行うことができなかった。

今後は、本研究で得られた結果をもとにセリンを含む化粧水を実際に作成し、複数の成分を組み合わせた場合の保湿効果について検討する。また、測定期間を延ばすことで、より長時間にわたる保湿

持続性についても調査していきたい。

８．参考文献

泉二治子(1973)『皮膚のアミノ酸について』(東女医大誌 第43巻)

食品由来の防カビ剤の作成

Development of a food- derived mold inhibitor

Abstract

In recent years, increased food loss has become a serious problem. The aim of this study was to determine the feasibility of creating a mold inhibitor from discarded vegetable and fruit peels, which know to contain antibacterial components. The following steps were conducted in the experiment: ①A mold source was created. ②Extracts were prepared from the peels. ③Mold growth was compared using the extracts. Specifically, mold and the extracts were sprayed onto white rice, and the amount of mold growth was compared.

1．はじめに

防カビ剤は確かな効果があるものの、人体への安全確保や環境負荷の課題がある。また、近年フードロス削減の取り組みが促進されている。そこで、本来なら廃棄される野菜や果物の皮を使って食品由来の防カビ剤を作成することを目指した。

本研究では、ミカンとタマネギの皮を実験対象とする。ミカンの皮にはフラボノイド、タマネギの皮にはケルセチンといういずれも抗菌作用成分が含まれている。(参考文献　名外大・名学芸大)それらの成分を抽出し、抗菌作用が防カビ剤として活用できるのか検証することを目的とする。廃棄されるものから食品由来の防カビ剤を作成することで、食品へ直接の使用が可能になり、人体や環境への負荷を減らすことに繋げたい。

2．研究方法

(1)　抽出液の作成方法

A)　乾燥させたミカンの皮 6g に純水 60ml、タマネギの皮 2g に純水 80ml をいれた。
皮が全て浸るところまで純水をいれた。

B)　A が沸騰するまで熱し、その後数分放置し冷却した。

C)　液が充分に冷めたら濾過した。

この抽出液を用いて実験を行った。以下、ミカンの皮の抽出液はミカン液、タマネギの皮の抽出液はタマネギ液とする。

(2)　実験 1

(2-1)　方法

A) 白米20gにパンとミカンの青かびを米1粒分ずつおく。パンとミカンに自然に生えた青カビを白米に移して培養したものを使用した。
B) Aに、抽出液を染み込ませた濾紙をのせる。
C) 1週間ほど、室内で放置する。
この実験では何も加えないそのままの状態、ミカン液、タマネギ液の3種類をそれぞれパンのカビとミカンのカビに分けてのせ、計6サンプル用意した。

(2-2) 結果・考察

図1、2は左から順に、何も加えないそのままの状態、ミカン液、タマネギ液の結果である。何も加えないそのままの状態が最もカビが広がらなかった。パンの青カビは黒っぽい繊維状であるのに対し、ミカンの青カビは黒っぽい塊のようであった。抽出液を使用した白米には、濾紙と接した部分のみカビが生え、いずれもカビが大きくなっていた。
原因として、そのままの状態で放置したものは他のサンプルと比べて水分量が極端に少ないからだと考えた。また濾紙と接している面だけカビが広がったことから、接している部分だけ湿度があがり、カビが繁殖してしまったと考えた。また、パンとミカンに生えていた青カビは、状態が異なっていたことから別種のカビであると考える。

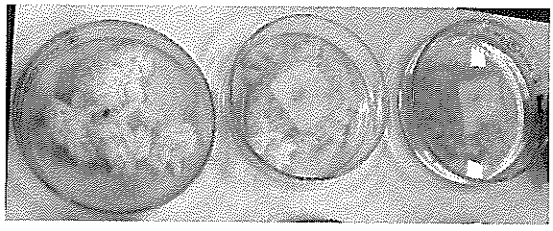


図1〈放置前：ミカンの青カビ〉

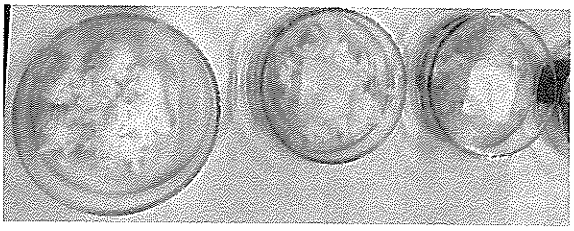


図2〈放置前：パンの青カビ〉

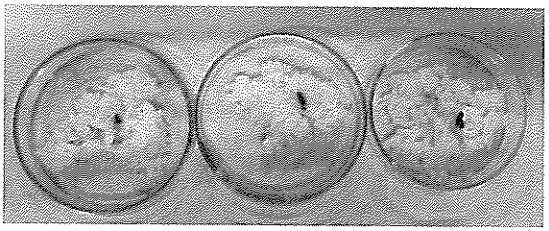


図3〈放置後：ミカンの青カビ〉

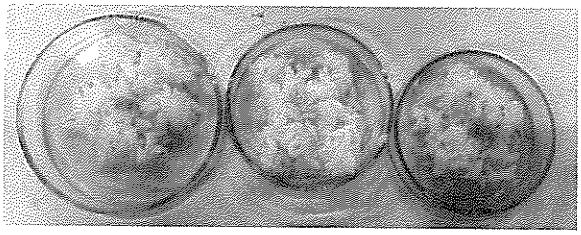


図4〈放置後：パンの青カビ〉

※図1、2は左から、そのままの状態、タマネギ液、ミカン液
図3、4は左から、そのままの状態、ミカン液、タマネギ液

(3) 実験2

実験1の結果を踏まえ、実験2を行った。濾紙を使用すると濾紙と接した部分のみカビが生えたため、霧吹きを使用した。また、何も加えないそのままの状態はカビが広がらず比較対象にならないという仮説をたてたので、実験2では何も加えないものと純水のみを吹きか

けたものを用意した。

（3－1） 方法

A) 白米 20g に青カビをピンセットで 1 つまみ分ずつのせる。この実験では、ミカンに自然に生えた青カビをそのまま使用した。

B) 抽出液を霧吹きで 1 プッシュずつかける

C) その後 2 週間放置する

①何も加えないそのままの状態、②純水、③ミカン液 1 倍、④ミカン液 1/2 倍、⑤タマネギ液 1 倍、⑥タマネギ液 1/2 倍、⑦ミカン液 1 倍とタマネギ液 1 倍を 1:1 の割合で混ぜた混合液、以上の 7 つを用意した。抽出液 1 倍というのは、抽出液を作成する過程で濾過をした時点での濃度のこと。1/2 倍は濾過した後、純水を加えて 1/2 倍に希釈した濃度のこと。

（3－2） 結果

図 3 は 2 週間後の様子である。①の何も加えなかったものはカビが広がらなかった。②～⑦ではカビの広がりが見られた。③～⑦は抽出液により白米が変色した。

表 1 は白米全体を 100%として、図 3 のカビが生えた白米の量と生えなかった白米の量の割合を示したものである。表中の青がカビが生えた量、オレンジがカビが生えなかった量を表す。

純水のみを使用した②は 14%カビが生えなかった。抽出液を使用した③～⑦のうち、カビの広がりが少なかったものは③、④、⑦だった。③は 16%、④は 54%、⑦は 31%、カビが生えなかった。対して、カビが広範囲に広がったものは⑤、⑥だった。⑤は 93%、⑥は 94%、カビが生えた。これらの結果より、④のミカン液 1/2 倍が最もカビが広がらなかった。

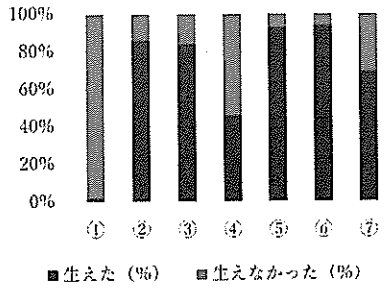


表 1

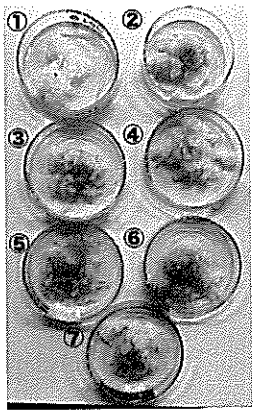


図５〈放置後〉

（3－3） 考察

結果より、①でカビの広がりが見られなかったのは、②～⑦と水分量が異なるため、カビの

発生の前に乾燥してしまったからだと考える。このことは実験１の結果とも調和的である。純水を使用した②を基準とすると、抽出液③ミカン液１倍、④ミカン液 1/2 倍、⑦ミカン液１倍とタマネギ液１倍を 1:1 の割合で混ぜた混合液がカビの発生を抑制し、⑤タマネギ液１倍、⑥タマネギ液 1/2 倍がカビの発生を促進させたと考えられる。タマネギに含まれる抗菌作用がカビの発生を抑制しなかった原因として、抽出液を作成する段階で成分を抽出できていなかったこと、または不純物が含まれていたことが考えられる。⑦のミカン液１倍とタマネギ液１倍の混合液は、タマネギ液が含まれていたが、タマネギ液によってミカン液が希釈されたことからカビの発生を抑制したと考える。サンプル数がそれぞれ 1 つずつになってしまい、正確なデータとはないが、今回の実験ではミカン液 1/2 倍に希釈したものがカビの発生を抑制すると考える。

３．今後の課題

- サンプル数がそれぞれ１つずつだったことより、正確なデータが得られなかったこと、カビの計測が不正確なことである。寒天培地を使用することで正確にカビの計測が可能になると考える。
- タマネギの抽出液が機能しなかったため、熱する際の温度、加える純水の量、不純物が混ざらない方法などの抽出方法を再検討する。
- ミカンはタマネギと比べて抗菌成分を抽出しやすく、ミカン液 1/2 倍が防カビ剤として実用できる可能性を確認できた。今後はより最適なみかんの抽出液濃度を見つけるこ。各条件に１つずつのデータだと正確性に欠けるため、色々な条件のもとサンプル数を増やす。

４．参考文献

加藤孝夫.カビの繁殖に関する比較実験と考察.名古屋文理大学　情報文化学部 情報文化学科 はせがわ研究室. https://www.nagoya-bunri.ac.jp.

安居・國光.育てたくなるカビ. 室蘭工業大学　学術資源アーカイブ. CV_20260205_201308_10_highquality.pdf.

小瀬木一真・山田千佳子・和泉秀彦.ポリフェノールの機能性.名外大・名学芸大リポジトリ. file:///C:/Users/akari/Downloads/njns01_01.pdf.

寒天がより甘く感じる条件を探る

Explore the Sweeter Elements of Agar

Abstract

We conducted a study with the theme of exploring how agar feels the sweetest. From various perspectives such as temperature and osmotic pressure, the conditions under which sweetness is felt the most were identified and the goal was to finally create agar.

１．はじめに

昨年度の研究から甘みを最も感じやすい寒天の形状は下に分布する味蕾により多く触れる液体状であることが明らかになった。そこで本年度は温度などの寒天を構成する要素や食べるときの条件において最も甘みを感じやすいものを明らかにすることを目標にして研究を進めた。

２．研究方法

この研究を進めるうえで私たちは計３つの仮説を立てた。

① 寒天の成分と唾液の成分が反応して糖を生み出すことはない。

② 寒天の温度によって甘みの感じ方は変化する。

③ 食べるときの条件や寒天の条件を変化させることで甘みの感じ方を意図的に変化させることができる。

この３つの仮説を明らかにするため、計３つの実験を行った。

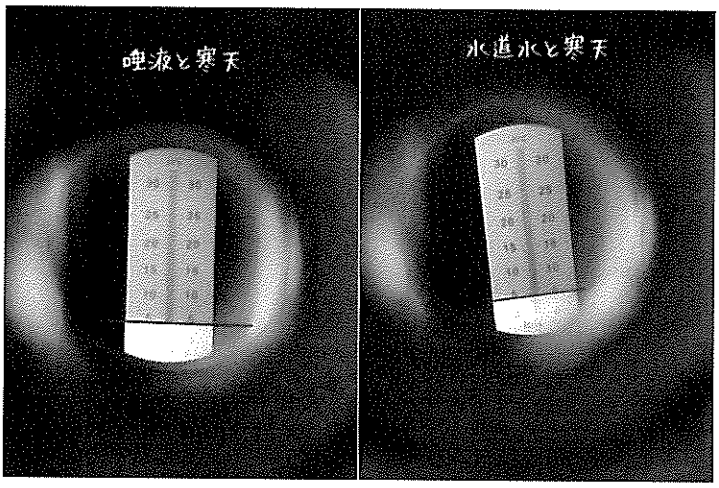
実験に使用したゼリーは全て実際に自分たちで作成し、全ての実験で登場する基準のゼリーは水、砂糖、寒天の比率をすべて統一、常温で保存したものとした。

また、アンケート調査を行う際に味覚以外の情報を遮断するため、目を閉じてできるだけ音が鳴らないようにゼリーを食べてもらった。

１．糖度計

［仮説］寒天に含まれている成分と唾液に含まれる成分が反応して糖を生み出すことはない。

［方法］糖度計、基準のゼリー、同じ量の水道水と唾液を用意し、基準のゼリーに水道水と唾液をそれぞれ加え、実際口内で咀嚼することを想定して 30 回ずつ崩したものを準備した。そしてそのゼリーを同量糖度計にて数値を測定した。



画像１　　画像２

［結果］糖度計の数値を読み取った結果、どちらともが「４」を指し示したため、どちらも甘さが同じだということがわかった。このことから唾液と寒天が反応して糖を生み出していないということが証明されたため、仮説が正しいことがわかった。

２．温度

［仮説］寒天の温度によって甘みの感じ方は変化する。

［方法］常温で保存した基準のゼリーと冷蔵庫で保存した冷たいゼリーを準備し、それぞれの温度を測った。（常温 11℃、冷蔵庫７℃）

そして基準のゼリーを食べた後、冷たいゼリーを食べたときに基準のゼリーと比較して冷たいゼリーが甘く感じたか甘く感じなかったのかを２から-２の５段階で評価を行った。この実験は google form を用いたアンケート調査で行い、85 人分のデータを収集した。基準のゼリーと比べて冷たいゼリーのほうが甘いと感じたら２、甘いと感じなかったら-２と評価してもらった。

【表１】アンケート調査で得た結果

	2	1	0	-1	-2	計
人数	0	21	25	12	27	85

［結果］アンケート調査の結果、【表１】のような結果になった。

この結果が正しいということを証明するためにカイ２乗検定を用いて証明する。

○カイ２乗検定

［帰無仮説］寒天は温度が低い方が甘みを感じやすい

アンケート調査で得た実測値と期待値から P 値は 6.728364E-22 となり、この数値は小数点の後に０が 21 個続くため優位水準 0.05 よりはるかに小さい値となり、帰無仮説が棄却される。よって寒天は温度が高い常温のほうが甘みを感じやすいと言える。

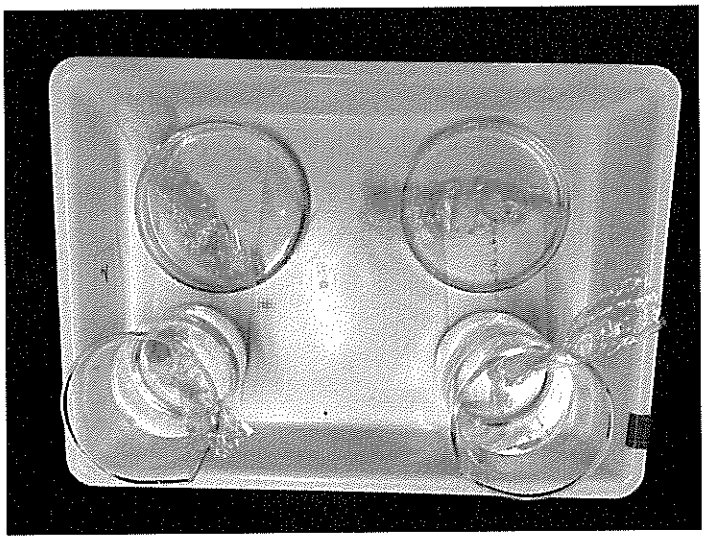
３．浸透圧

［仮説］口内にゼリーを入れたとき浸透圧によってゼリーに含まれる糖が染み出す

［方法］基準のゼリー、基準のゼリーに比べて水の含有量が多いゼリーと少ないゼリーを作成し、各ゼリーを固める前にすべてのゼリーで水とインクの比率が同じになるようにインクを加え固めたものを準備した。そしてこれらのゼリーを同量セロハンチューブに加えビーカーに水を張ったものに 24 時間つけて観察した。



画像３



画像４

[結果] 想定ではビーカーの中の水にインクが染み出ている予想だったが、セロハンチューブを水に浸してからゼリーを入れるのではなく誤ってそのままゼリーを入れてしまったため思っていた結果を出すことができなかった。画像３が水につけてすぐの様子、画像４が 24 時間後の様子だが、色の違いがほぼ見られなかったため再実験を行う必要がある。

３．結果

上記３つの実験から明らかになったことは、

・寒天の成分と唾液の成分が反応して糖を生み出すことはない

・寒天は温度の高い常温保存のほうが甘みを感じやすい

という２つのことである。よって最初にたてた３つの仮説のうち２つの仮説を立証することができた。

４．考察

結果より、甘みを感じやすい寒天を作成するためには冷たいゼリーよりも常温保存のゼリーのほうが適していることが明らかになった。

また浸透圧の再実験を行い結果を明らかにすることでより具体的な条件が明らかになると考えた。

５．今後の課題

浸透圧の再実験を正しい方法で行い正確な結果を出す。
より具体的に甘みの感じやすいゼリーの条件を明らかにし、かつゼリーを食べるときの条件なども明示したうえで最終的にゼリーを完成させる。

６．参考文献

塩沢功一、坂西秀樹、柳坂啓二(1991 年)食物の大きさが嚥下までの咀嚼回数に与える影響
天野伝一郎(1989 年)成人の咀嚼リズムの経時的変化及び味覚刺激による影響について
神山かおる(2023 年)固形状食品の咀嚼挙動がテクスチャー及びフレーバーの知覚に及ぼす影響のかいめい

納豆を用いた水質浄化における最適条件

Optimal conditions for water purification using natto

Abstract

Previous studies have shown that the detoxifying effect of polyglutamic acid in natto is enhanced by calcium chloride. The objective of this study is to determine the optimal conditions for the mass of polyglutamic acid and the corresponding mass of calcium chloride.

1．はじめに

現在、災害時に必要とされる生活用水の不足が問題となっている。その一つの解決策として、納豆に含まれるポリグルタミン酸(以下 PGA とする)の浄化作用を用いることがある。昨年度の研究により、二価の陽イオンである塩化カルシウム($CaCl_2$と表記する場合もある)の Ca^{2+}は、PGA 浄化作用を促進することが分かっている。本研究では、PGA の浄化作用を最大限まで引き上げることができる PGA の質量に対する塩化カルシウムの質量の最適条件を求めることを目的としている。

浄化の原理

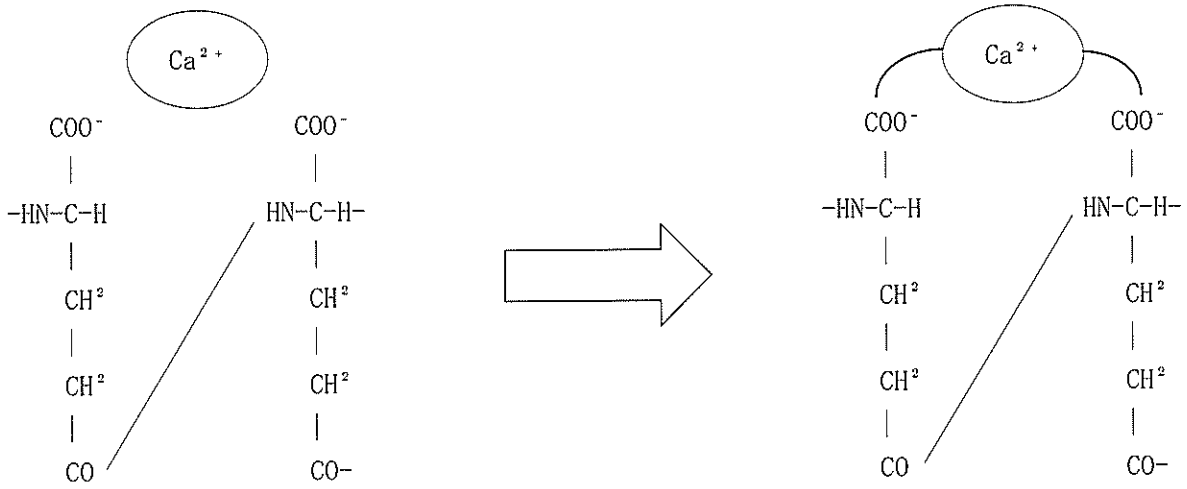


図 1　　PGA 浄化の仕組み

ポリグルタミン酸はカルボキシル基とアミノ基から水分子が脱離するペプチド結合によってグルタミン酸が多数結合したポリマーである。上記の図は PGA の一部分を表したものである。
PGA は水に入れるとカルボキシ基が水素イオンを放出し負の電荷を帯びる。そこに二価の陽イオンである Ca^{2+}が電気的に結合することによって、網目構造を形成し、泥水中の小さい土の粒子を絡めとり、大きな塊となって質量を増して沈殿する。

2．研究方法

仮説Ⅰ:PGA は分子量が大きいので、少量の塩化カルシウムで浄化度合いを向上させることかできる。
実験Ⅰ

① 塩化カルシウムの質量を 0.3g と固定し、PGA の質量を 0.005g～0.025g まで、0.005g 刻みで変化させる。
② それぞれ 5 つの条件で泥水(水 150ml＋土 4.0g)を浄化させる。

③ 浄化した泥水の上澄み溶液の濁り度合いを分光光度計(単位は%T)を用いて計測する。
※%T の値は 100 に近ければ近いほど水に近い透過度であるということを示す。

仮説Ⅱ：PGA の質量を固定し、塩化カルシウムの質量を変化させると、PGA に反応する Ca^{2+}の質量はそれに応じて変化する。

実験Ⅱ

① ポリグルタミン酸の質量を 0.005g と固定し、塩化カルシウムを 0.30g、0.60g と変化させる。
② これら２つの条件で泥水(水 150ml＋土 4.0g)を浄化する。
③ 浄化した泥水の上澄み溶液には PGA と反応しない $CaCl_2$中の Cl^-が残っていると考えられるため、上澄み溶液を加熱し蒸発させ、残った Cl^-の質量を求める。$CaCl_2$全体の質量から求めた Cl^-の質量を引き、PGA と反応した Ca^{2+}の質量を求める。

仮説Ⅲ：実験Ⅱよりも実験スケールが大きいので、より正確な値が求められる。

実験Ⅲ

① 実験①よりも求める値の誤差を小さくするために、ポリグルタミン酸の質量を 0.05g と固定し、塩化カルシウムの質量を 3.0g、6.0g と変化させ。
② 二種類の泥水(水 150ml＋土 4.0g、水 750ml＋土 20.0g)を浄化する。
③ 実験Ⅱと同様の方法で、上澄み液に残った Cl^-の質量を求め、反応に使われた Ca^{2+}の質量を求めた。

３．結果

結果Ⅰ



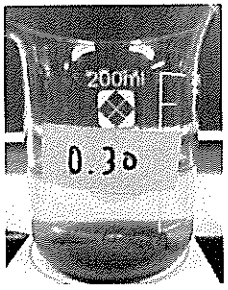
図２　　実験Ⅰの浄化した泥水の様子

PGA の質量 (g)	0.000g	0.005g	0.010g	0.015g	0.020g	0.025g
%T	7.5	97.4	93.3	86.8	87.8	78.0

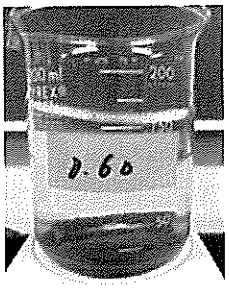
図３　　実験Ⅰの結果

図２，３より、PGA の質量を少なくすればするほど、上澄み溶液の透過度、見た目はきれいになっていることが分かった。PGA の質量を増やしていくと濁り度合いが上がっていることから、塩化カルシウム 0.3g に対して PGA の質量が過剰だったということが分かる。

結果Ⅱ



PGA0.005g＋$CaCl_2$0.30g



PGA0.005g＋$CaCl_2$0.60g

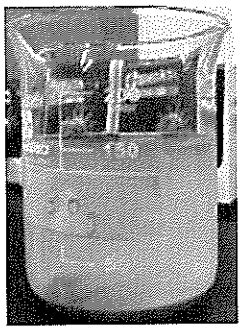
PGA0.005g に反応した Ca^{2+} の質量

$CaCl_2$の質量	反応した Ca^{2+} の質量
0.30g	0.06282g
0.60g	0.1270g

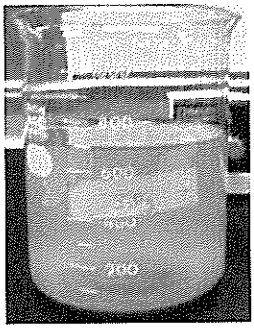
図４　　実験Ⅱの結果

図４より、ポリグルタミン酸 0.005g に対して、塩化カルシウム 0.30g のとき約 0.06g、0.60g のとき約 0.12g 反応に使われたという結果になった。塩化カルシウムの質量を２倍にすると、PGA と反応した Ca^{2+} の質量も約２倍になった。

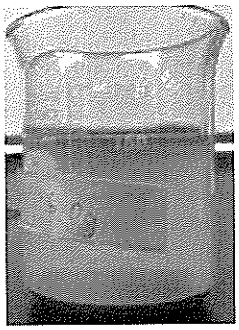
結果Ⅲ



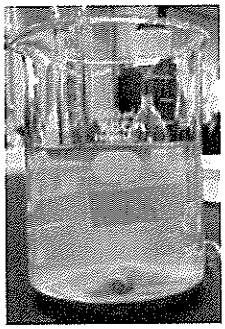
$CaCl_2$3.0g(150ml)



$CaCl_2$3.0g(750ml)



$CaCl_2$6.0g(150ml)



$CaCl_2$6.0g(750ml)

$CaCl_2$の質量	反応した Ca^{2+} の質量
3.0g　(水 150nl＋土 4.0g)	0.6036g
3.0g　(水 750ml＋土 20.0g)	0.5723g
6.0g　(水 150ml＋土 4.0g)	1.0193g
6.0g　(水 750ml＋土 20.0g)	1.1918g

図５　　実験Ⅲの結果

図５より、ポリグルタミン酸 0.05g に対して、塩化カルシウム 3.0g のとき約 0.60g、6.0g のとき約 1.2g が反応に使われたこという結果になった。結果Ⅱと同じように、塩化カルシウムの質量を２倍にすると、PGA と反応した Ca^{2+} の質量も約２倍になった。しかし、結果Ⅱのように浄化した泥水はきれいにはならず、白く濁ってしまった。

４．考察／結論

ポリグルタミン酸に対して塩化カルシウムの質量を２倍にすると、反応した Ca^{2+} の質量も約２倍に

なっていることから、塩化カルシウムの質量を増やしていくと、より多くの Ca^{2+} が反応することができるのではないかと考えられる。さらに塩化カルシウムの質量を増やしていけば、ポリグルタミン酸の浄化度合いを最大限まで引き上げる最適な質量を見つけられるだろうと考えた。実験Ⅲの結果は、実験ⅡのPGAと塩化カルシウムの値で浄化できていることから、また、塩化カルシウムは水によく溶けて溶液を濁さないことから、浄化した泥水の濁りは溶けず Ca^{2+} と反応していない過剰な量のPGAが原因と考えられる。つまり、泥水の量に対するPGAの質量も考えなければ、浄化した溶液の濁りをなくすことはできないと考えられる。

５．今後の課題

さらに $CaCl_2$ の質量を増やして、PGAの質量に対して、過不足なく反応する $CaCl_2$ の質量を求める。また、様々な泥水の量に対して溶液を濁さず浄化をすることができるPGAの質量の最大値を対照実験をして調べたい。それらが求まれば、PGAが絡めとることができる泥水中に浮遊している土の質量の限界値を求めたい。パックテストも行い、浄化した溶液がどの用途まで使えるのかも調べたい。

６．参考文献

納豆を用いた水質浄化における再現性の向上「本校SSH冊子」2025年　大西正太
日本ポリグル　https://www.poly-giu.com/.

多糖類由来樹脂によるコーティング工芸技法の開発

The development of coating techniques using a resin derived from polysaccharide

Abstract

In recent years, the massive consumption of fossil fuels and marine pollution caused by microplastics have become major concerns. Furthermore, some coating materials, like lacquer, can have negative effects on human health. The purpose of this study is to solve these problems by reating the resin from polysaccharide. As a result of our research, we created the resin from poly saccharide, which is biodegradable and can be made without using fossil fuels.
Additionally, we developed this resin so that it can be used as a coating materials.

1. 研究動機及び目的

近年、化石燃料の大量消費やマイクロプラスチックによる海洋汚染等、さまざまな環境問題が問題となっていることから、昨年度までキトサンとカルボン酸から成る樹脂である「かにプラ」の作成を行ってきた。しかし、「かにプラ」は伸縮性に乏しいことから、変形に対する耐久性が低く、割れやすいために、実用面での有用性が十分でないという問題があった。そこでグリセリンやキサンタンガム、ポリビニルアルコール（PVA）といった添加剤を加えることによって、伸縮性、強度、生分解性等の特性を持った多糖類由来樹脂を作成することが可能になると考えた。さらに、環境問題だけでなく、従来のコーティング剤には漆のように人体へ悪影響を及ぼす可能性があるものも存在することから、先述の多糖類由来掛脂を応用し、人体への影響が少なく、伸縮性と生分解性を兼ね備えたコーティング剤の作成も行うことにした。

また、本研究の目的は、添加物を加えた樹脂を作成を行い、引張強度試験による各樹脂の性能を評価し、各樹脂の生分解性の検証を行った後に、各樹脂コーティング剤に応用させることである。

2. 実験方法

実験 1:樹脂膜の作成及び引張強度測定

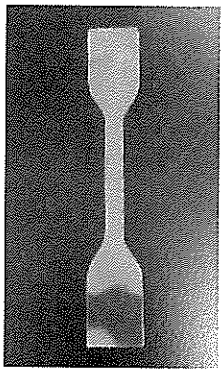
キトサン（1.61g）＋マロン酸（1.34g）を水（100ml）に加えて作成した水溶液を乾燥させて得られた樹脂膜をベースに、キサンタンガム（0.25g）、グリセリン（0.64g）、ポリビニルアルコール（0.64g）、水酸化ナトリウム（0.4g）をそれぞれを単体で加えた樹脂膜及び混合した樹脂膜を作成した。また、ベースの膜にグリセリンを単体で加えた膜では、グリセリン量を 0.64g、0.966g、1.288g、1.61g、1.932g（それぞれのグリセリン量はキトサン量の 40%、60%、80%、100%、120%である）に変えて膜の作成も行った。そして、樹脂膜を水に不溶にするために水酸化ナトリウムも使用した。

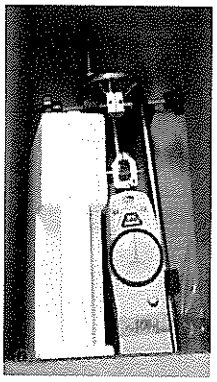
作成した各樹脂膜をJIS規格に則った形であるダンベル6号型試験片に切り取り、引張強度試験器を用いて引張強度試験を行った。引張強度の単位は、国際単位系SIに則りMPaを用いて、素材の強さを表すテンシルストレングスを算出した。各脂膜の伸びは試験器にかける前とかけた後の長さを測定し、その差を伸びとして測定した。

＜作成した樹脂膜＞

キトサン	マロン酸	キサンタンガム	グリセリン	PVA	水酸化ナトリウム
○	○				
○	○	○			
○	○	○	○		
○	○	○		○	
○	○	○			○
○	○	○	○		○
○	○	○		○	○
○	○	○	○	○	○
○	○		○		
○	○		○	○	
○	○		○		○
○	○		○	○	○
○	○			○	
○	○				○
○	○			○	○

＜ダンベル六号型試験片及び引張用土試験器＞





実験2:生分解性の検証

作成した各樹脂膜を100mlビーカーの側面に張り付け、ビーカーに常に湿潤な状態にしてある土壌を90g入れて期間経過を観察した。また、各ビーカーは密閉容器に入れ、容器内の空気中の湿度を常に100%を保った。





実験3:樹脂のコーティング剤への応用

樹脂を作成する過程で使用した各水溶液を木材に塗布し、乾燥させ、木材のコーティングがなされるか確認する。

3. 実験結果

実験1の結果、どの添加剤を加えても全てこれ水溶液が樹脂膜を形成した。グリセリンを加えた樹脂膜の手触りは従来のものよりも表面が滑らかであった。キサンタンガムを加えたものは表面に気泡がよくできるようになった。ポリビニルアルコールを加えたものの外観や手触りはは従来のものと変化が見られなかった。水酸化ナトリウムを加えた膜は水へ不溶にはなったものの、水分を含んでゲル化してしまった。引張強度試験の結果、ポリビニルアルコールを加えたものが一番強度が高く、その次にグリセリンとポリビニルアルコールを加えたものが強度高かった。

伸びはグリセリン（1.932g）を加えたものが最も長く伸び、その次にグリセリン(0.966g)を加えたものが長く伸びた。以下は実験結果のデータを表した表である。

高強度「でんプラ」の開発

Development of high-strength biodegradable plastics by starch

Abstract

To address the problems of plastic production using too much oil for plastic and microplastic pollution in the ocean, I tried to develop bio-based plastic made mainly from starch. In this study, I found that the strength of the film changes depending on the type and amount of carboxylic acid.

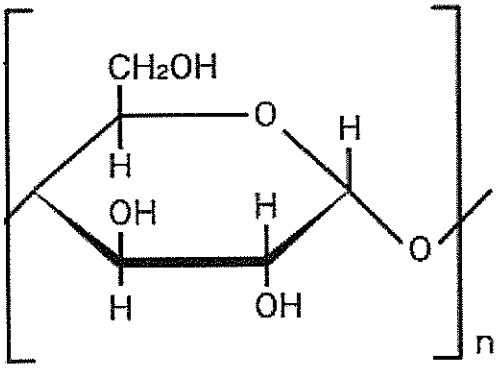
１．はじめに

近年、化石燃料の大量消費とプラスチックによる環境汚染が問題となっている。このことから、生分解性があり、化石燃料を使用しない膜状のプラスチックを作成した。本研究の目的は、①カルボン酸に酢酸を用いた膜の引張強度が極大となるデンプンと酢酸のモル比を明らかにすることと、②人体に無害な乳酸をカルボン酸に用いた膜を作成することである。

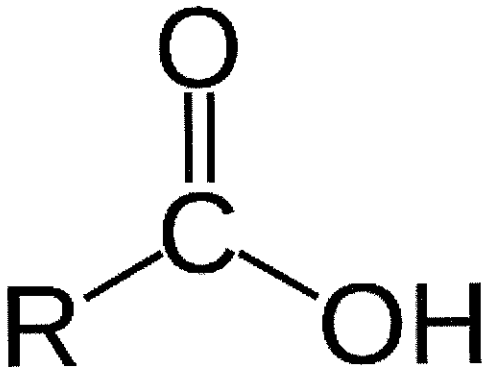
２．研究方法

２－０　原理

デンプンとカルボン酸の水素結合により、膜ができる。



デンプン



カルボン酸

２－１　実験１　酢酸添加膜の作成

①「でんプラ」の作成

まず水 162mL にデンプン 1.62g を加え、70 度に加熱し 35 分間撹拌する。その後酢酸を加え、温度を保ったまま再度 35 分間撹拌する。撹拌が終わったらシャーレに広げ、屋内の湿

度の低い場所で、2週間自然乾燥させる。

酢酸はデンプン構成単位（ブドウ糖あたり）のモル数が10mmolで等しい0.60gを1倍とし、2倍、1.5倍、1倍、1/2倍、1/3倍、1/4倍、1/6倍、1/7倍、1/8倍、1/14倍の分量を添加する。デンプン量はブドウ糖単位10mmolで質量パーセント濃度は0.5%である。

②引張強度試験

まず作成した膜をJIS規格に則った形であるダンベル状6号型（写真1）に切り取る。その後、専用の装置（写真2）で引張強度を測定する。最後に素材の強さを表すテンシルストレングスを算出する。国際単位系SIに則り、MPaを用いたテンシルストレングスを算出する。膜が切れるまでに耐えた質量（kg）に重力加速度 9.8m/s²をかけニュートン表記とし、膜の断面積で割ることで1m²あたりの引張強度とする。そして各割合において実験を10回以上行い、平均値を算出する。

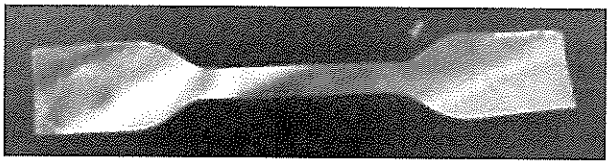


写真1

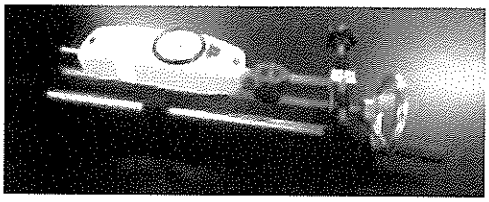


写真2

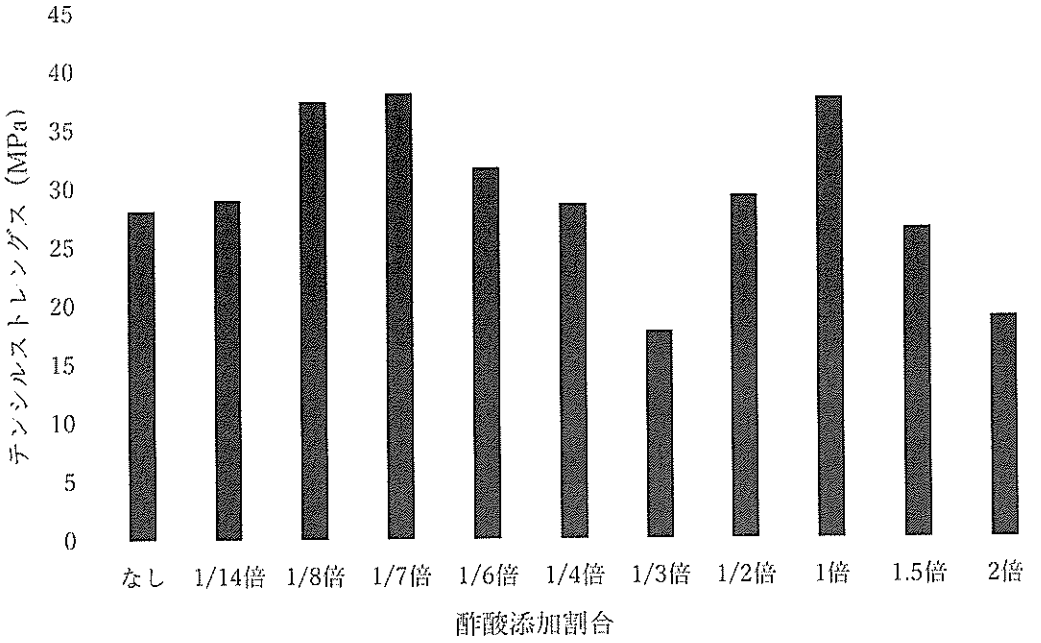
2－2　実験2　乳酸添加膜の作成

おおまかな実験方法は実験1と同様である。添加するカルボン酸を酢酸から乳酸に変え、膜を作成した後、引張強度試験を行う。乳酸はデンプン構成単位（ブドウ糖あたり）のモル数が10mmolで等しい0.90gを1倍とし、2倍、1倍、1/2倍、1/7倍の分量を添加する。デンプン量は実験1と同様で、ブドウ糖単位10mmolで質量パーセント濃度は0.5%である。

3．結果

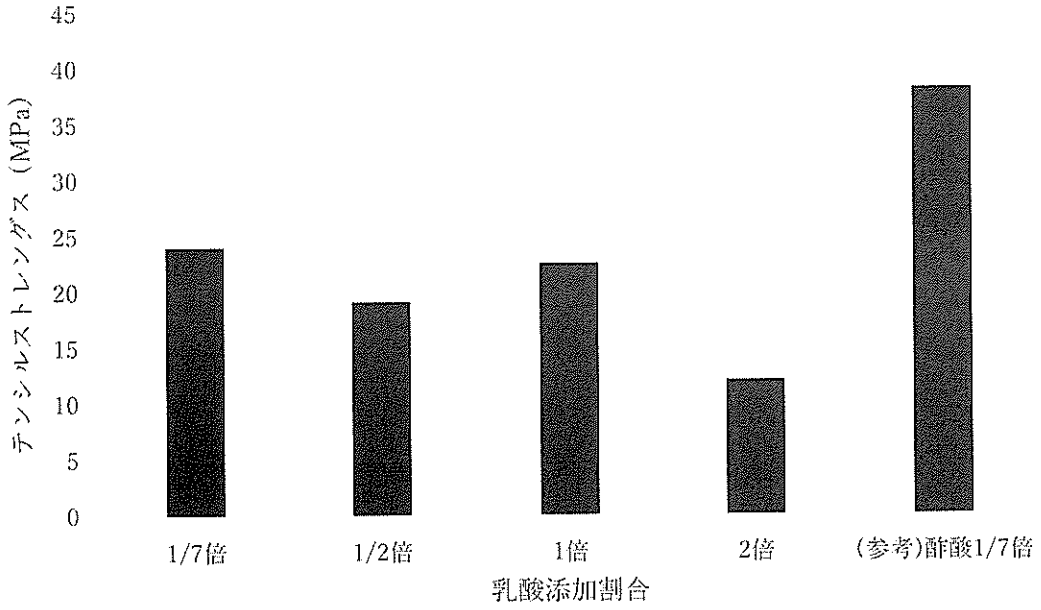
3－1　結果1

酢酸をブドウ糖単位あたり1/7倍で加えたときと、等モルで加えたときの2つの場合で、極大値をとった。1/7倍の割合で加えたときに最も強度が高くなった。



3－2　結果２

酢酸を添加した膜と比べて強度が低く、膜が破れやすかった。



４．考察

４－１　考察１

デンプンは直鎖状、分枝状のらせん構造からなっている。デンプンのらせん構造１巻きは

ブドウ糖単位6分子によってできていることから、1/6倍のとき酢酸1分子がブドウ糖単位のらせん1巻きを最も効率よくつなぐ役割をしている。分枝点のブドウ糖単位はらせん構造を作らず、分枝点付近ではブドウ糖単位と酢酸が6:1で対応することができないため、酢酸の量が1/6倍よりもわずかに少ない1/7倍のとき、強度が最も高くなったと考えられる。

また酢酸の割合が1倍のとき、ブドウ糖単位と酢酸が安定した状態になり、強度が高くなったと考えられる。

4-2　考察2

乳酸はヒドロキシ基を持ち、酢酸よりも構造が複雑で水素結合を形成しにくいため、酢酸を添加した膜と比べて強度が低いと考えられる。

5．今後の展望

乳酸を添加した膜は、酢酸を添加した膜よりも強度が低くなったのが残念だった。一方で酢酸は、無臭である乳酸と比べて、特有の匂いがあるが、人体に害があるわけではない。そのためこれからは、匂いを考慮しなくてもいい場面での実用化を考えていきたい。

6．参考文献

①麻生隆彬・徐千懿・宇山浩（2021）でん粉を基盤とした高強度・高耐水性の海洋生分解性複合フィルムの開発

②佐藤奈緒・椿原優希・吉川勝（2024）「でんプラ」の作成

デンプンプラスチックにおける可塑剤と強度の関係

Relationship between Flexible and Strength in Starch Plastics

Abstract

It's plastic causing environment problem. We made the biodegradable starch plastic in order to solve it.(My school students reported that add carboxylic acid to the plastic, its strength raise 1.5 times.)We give it flexible to prevent cracking.

抄録

近年石油由来のプラスチックによる環境問題が問題である。本校ではこの問題を解決するためにデンプンを主成分とした生分解性プラスチック（デンプラ）を製作する研究が行われた。しかし、出来上がったものは柔軟性に欠けていたため、本研究では強度が高く且つ柔軟性のある膜の製作を行った。結果、可塑剤としてソルビトールが優れており、適量加えることで強度が 1.25 倍高くなることがわかった。加えて柔軟性の発現条件を明らかとした。

（研究の背景・目的）

近年石油由来のプラスチックによる環境汚染が問題として指摘されている。現在は生分解性プラスチックにおける様々な研究が進められている。しかし、まだ多くの商品に普及できているわけではない。そこで本研究では強度が高く且つ柔軟性があるデンプラ膜を作製し、水に弱いという特徴を活かして商品の一部などに応用することを最終目的とする。

（本研究の展開について）

1．デンプンに適する可塑剤の特定
2．可塑剤の適量の特定
3．デンプラの柔軟条件の模索
4．デンプンとカルボン酸の膜の本来の強度を保ちつつ柔軟性を持たせる条件の模索

（目的）

柔軟性を与えるためにデンプラにおける可塑剤として適する物質の特定を行った。

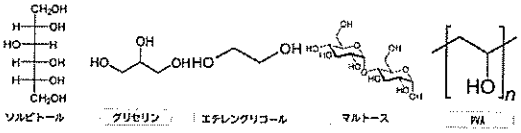
（仮説）

また添加剤の選別条件は水素結合ができ、高価でないもの且つ生分解性があるものとした。物質が持つヒドロキシ基の数が多くなるほど、柔らかくなり、強度が低くなるのではないかと考えた。

（実験 1）

柔軟性を付与するために可塑剤として数種類の添加剤を検討した。

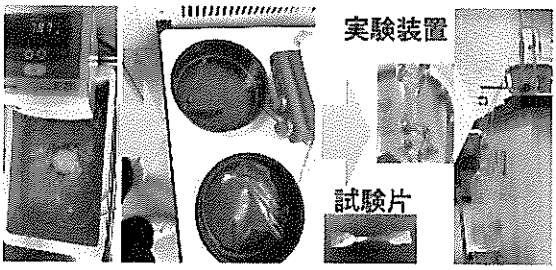
比較内容は添加剤なし・ソルビトール・グリセリン・エチレングリコール・ポリビニルアルコール（PVA）・マルトースとした。



＜実験方法＞

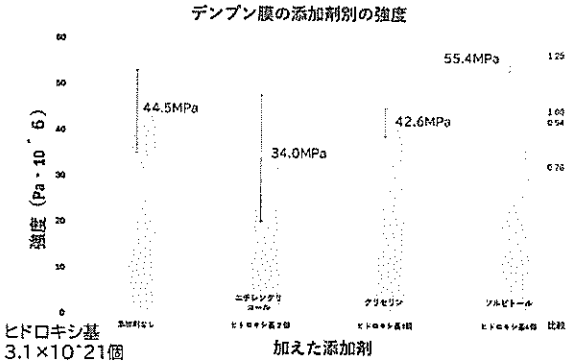
水にデンプン 1.62g と添加剤を適量加え 80℃で 35 分間撹拌、乾燥機に 60℃で一日乾燥させた。その後引張試験を行った。

※添加剤の量はヒドロキシ基の数を合わせた



（結果）

マルトース、PVA はひび割れ計測不可。柔軟性、強度とそれぞれソルビトールが最も優れており、強度は 55.4MPa で純粋のデンプンのみに比べ 1.25 倍強度が高くなった。ヒドロキシ基と強度の関係は正の相関（0.65）があった。しかし、乾燥のし過ぎによって柔軟性が失われることがわかった。



（考察）

１つの物質において、より多くの水素結合が起きることによって立体的な構造になり、柔軟性の獲得ができたと考えられ、加えて複雑に分子が絡み合ったことで強度も高くなったと考えられる。

（目的２）

ソルビトールをどのくらい加えることで強度が最も強くなるかを知るために、強度についてのピークを探した。

（仮説）

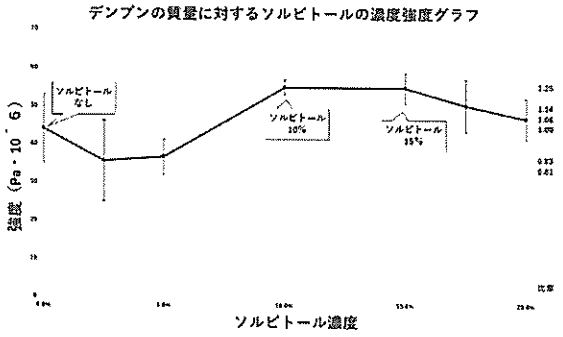
ソルビトールの加える量が多くなるにつれて可塑性を保ったまま、同時に強度も高くなり、ある量を超えると強度が低下していくのではないかと考えた。

（実験２）

ソルビトールの加える量を比較した。（デンプンの質量に対して 0%～20%）

（結果）

デンプンの質量に対して 10%で最も強度が高くなり 55.4MPa、次に 15%で 55.0MPa となった。



（考察）
ソルビトールを多く加えることによって、デンプンのもともと持っていた構造を壊してしまい逆に強度が落ちてしまったのではないかと考えた。

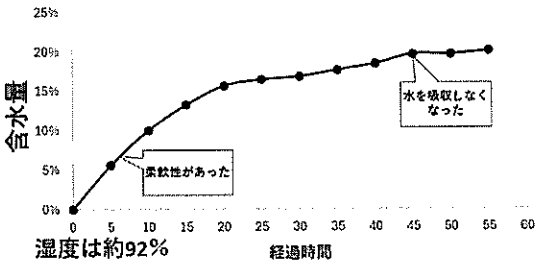
（目的３）
柔軟性が失われたり、発現したりした時があったため、柔軟性の発現上件を知るために下記の実験で条件を調べた。

（仮説）
乾燥させすぎた際に柔軟性が失われたため水が関係していると考えた。水も一つの可塑剤として機能しており、ソルビトールと同様に一定の値から柔軟性を発揮するのではないか。また、デンプラは水に弱いため一定の値を超えると溶け始めるのではないかと考えた。

（実験３）
デンプラにおける柔軟性の発現条件を調べた。デンプラの膜における含水量を一定の湿度で、乾燥後（含水量が 0%）から５分おきに測定した。

（結果）
含水量が６％を超えると柔軟性が発現することがわかった。また 16.4%を超えるとそれ以上水を吸わなかった。

デンプラの含水量と時間の関係



含水量が 16.4%以上の膜に水を直接かけると、さらに水を含んだ。

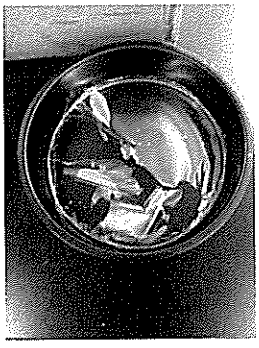
（考察）
含水量によって柔軟性の有無が定まっていることがわかった。また、含水量が 16.4%以上のデンプラに直接水をかけた際にさらに水を多く含んだことから、ゲル化しているのではないかと考えた。

（目的４）
先行研究（１）よりわかっているデンプンとカルボン酸の膜に柔軟性を付与する。

（仮説）
結果１・２・２を踏まえてソルビトールの加える量と含水量を調節することで、強度と柔軟性のバランスが最適である膜の条件を探すことができる。

（実験４）
デンプンにソルビトール 10%とカルボン酸（モノカルボン酸は 1/6 倍, ジカルボン酸は 1/12 倍）を同時に加えた。

（結果）
膜は右の図のようにビリビリに破けてしまっていた。また触ったところすぐに割れてしまったことから、柔軟性はないことがわかった。



（考察）
実験では同時にソルビトールとカルボン酸を加えていることと、夏や秋に比べて温度

差があることから、デンプンが劣化しやすかったのではないかということの２通りの原因が考えられる。
現在はNMRを用い構造を分析したところまで進んでいるが、その結果では割れる膜と割れにくい膜についての差はカルボン酸が結合しているのか、していないのかという点であることがわかった。
これより、加えるタイミングや順番が関係しているのではないかと考えることができる。

（今後の展望）
目的４を達成し、最終目標につなげるために、実験４を成功させなければならない。したがって、今後の実験では実験４をさらに具体的に改善していきたいと考えている。
内容は順番をカルボン酸→ソルビトールとし、撹拌の時間を長くする。そして室温を23℃程度に調節し実験を行うこととする。

（結論）
デンプラの可塑剤としてはソルビトールが最も優れており、適量加えることで1.25倍高くなった。柔軟性の発現条件は水が関係しており、直接水をかけることでゲル化したのではないかと考えられる。
また、デンプンとカルボン酸の結合とソルビトールとの結合の関係を考慮する必要があった。

参考文献
１）「でんプラ」の作成　大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎ポスター

２）シリカ／デンプン有機-無機ハイブリッド生分解性材料への 可塑剤添加効果
2009年日本包装学会誌
畑 あゆみ、南 部 壮 志、蔵 岡 孝 治
https://www.spstj.jp/publication/thesis/vol19/Vol19No6-1.pdf

３）糖アルコールの基礎知識
研究開発 FOOD SCIENCE
https://rd.bfsci.co.jp/sugaralcohol/

有機溶媒を用いた高吸水性樹脂の脱水量と官能基の親水性、疎水性の関係

The relationship between the amount of dehydration of superabsorbent polymer (SAP) using organic solvents and the hydrophilic and hydrophobic properties of their functional groups.

Abstract

These days, a lot of superabsorbent polymers called SAPs which contain water is thrown away. It cost a lot of energy to burn. According to previous research, organic solvent can dehydrate SAP, and reduce energy. So, in our research, we compare the amount of dehydration by organic solvent to find the method of dehydration. The result shows that the amount is proportional to hydrophilicity. So, we consider that osmotic pressure is causing the dehydration.

1．はじめに

（1）研究動機

近年、少子高齢化による紙おむつなどの使用量が増えている。この紙おむつに含まれる高吸水性樹脂は、水を多く含んだ状態で廃棄されている。使用済み高吸水性樹脂は自身の質量より数百倍多くの水を吸水できるため、廃棄し燃焼させる際に多くのエネルギーを必要としてしまう。そのため、高吸水性樹脂を廃棄する前に脱水処理を行うことで焼却にかかるエネルギーを減らせる。その脱水方法の一つとして有機溶媒を用いた脱水方法がある。有機溶媒を用いた脱水しおいて脱水量には有機溶媒のどのような点がかかわっているのかを調べようと思った。本研究では、有機溶媒が持つ官能基の親水性と疎水性が脱水量に影響しているのではないかと仮説を立て、これに注目し官能基ごとの比較を行うことによって脱水方法のメカニズムを調べることを目的とする。

（2）高吸水性樹脂について

高吸水性樹脂はでんぷんポリビニルアルコールを主鎖とし、ポリアクリル酸ナトリウムをつないだものである。図1のように膨潤した樹脂においては液中でNa^+とCOO^-に電離し、COO^-がマイナスの電荷を持つのでそれら同士が反発しあい、生まれた空間に水分子が入り込むことで吸水する。この、空間内に水分子が入っていることによって自然乾燥による脱水量は少なくなり吸水した状態を維持することができる。

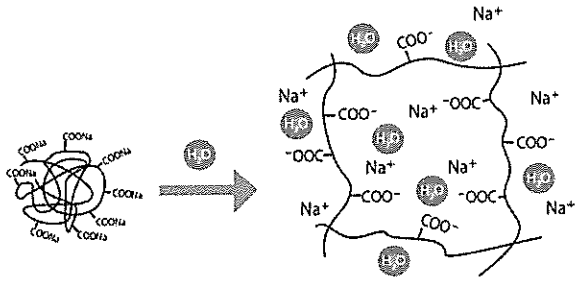


図1　高吸水性樹脂の吸水メカニズムの模式図

2．研究方法

（1）官能基ごとのみずをふくませた高吸水性樹脂の脱水量の比較

この実験では官能基ごとの脱水量の比較を通して、官能基と脱水量の関係を調べる実験を行った。以下の実験を3回行った。

① 高吸水性樹脂 0.1g を事前に重さを量っておいたティーパックにいれて、水を 200ml 入れたビーカーに 10 分間つける。これらの樹脂の量と水につける時間と水量は先行研究において十分に吸水ができるとされた量と時間である。高吸水性樹脂をスタンドにつるし、吸水されずにティーパック内に残っている水を取り除く。ティーパックから落ちてくる水滴が十分に落ち切ってからこれの重さを量る。

② 今回の実験で比較する官能基はヒドロキシ基、カルボキシ基、ケトン基、エーテル基、エステル基である。この五つの官能基を選んだ理由は仮説の通り官能基の親水性と疎水性に注目し脱水量の変化を追いたかったので、できるだけ親水性と疎水性に差があるようにするためである。これらを含む物質として、エタノール、シュウ酸、アセトン、ジエチルエーテル、酢酸メチルを用いる。これらを選んだのは溶媒をビーカーに入れたとき分子量の差により各分子と高吸水性樹脂の触れる面積に大きく差が出ないようにするため分子量をそろえた。また、官能基の性質が表れやすくするため分子量をできるだけ小さくした。このうちシュウ酸のみが有機溶媒でないのは、脱水後に溶液に含まれる水により再利用ができなくなるため、実験を繰り返し行えるほどの十分な量を確保できるものがシュウ酸だったためである。このそれぞれの物質を 1.5mol、シュウ酸は 3mol/L の溶液を 200ml ビーカーにとり、樹脂をそこに 10 分間入れて脱水させる。この後にスタンドに吊るしティーパックに残っている余計な溶液を落とし、重さを量り、吸水後の重さから引くことで脱水量を求めた。

③ ②の処理した樹脂を再び 200ml の水に 10 分間入れて吸水させ、吸水量を測定する。その値から脱水後の重さを引き再吸水量とした。この実験は有機溶媒により高吸水性樹脂の吸水メカニズムに変化があるのかどうかを確認するための実験である。

（2）強酸による高吸水性樹脂の脱水とその理由についての実験

この実験は（1）でのシュウ酸で脱水した樹脂の再吸収量がほかの物質より少なかったことから酸による脱水では酸が高吸水性樹脂に含まれるポリアクリル酸ナトリウムのカルボキシ基が弱酸遊離反応を起こすという仮説を立て実験を行った。

① 高吸水性樹脂 0.1g を事前に重さを量っておいたティーパックにいれて、水を 200ml 入れたビーカーに 10 分間つける。これを二つ作る。これらの樹脂の量と水につける時間と水量は先行研究において十分に吸水ができるとされた量と時間である。高吸水性樹脂をスタンドにつるし、吸水されずにティーパック内に残っている水を取り除く。ティーパックから落ちてくる水滴が十分に落ち切ってからこれの重さを量る。

② 塩酸 0.01mol/L を 200ml ビーカーにとり、①の高吸水性樹脂を入れ、10 分間置く。この後にスタンドに吊るしティーパックに残っている余計な溶液を落とし、重さを量り、吸水後の重さから引くことで脱水量を求めた。

③ ①、②で作った脱水後の高吸水性樹脂二つのうち 1 つを 200ml の水に入れ 10 分間置く。この後に重さを量って、脱水後の重さを引くことで再吸水量を求めた。

④ もう一つの高吸水性樹脂を多量の水で洗う。そののち樹脂を、200ml の水に入れpH試験紙を用いて pH を測る。

3．結果

（1）の実験結果は表1の通り

表1　（1）の脱水量と再吸水量

	シュウ酸	エタノール	アセトン	ジエチルエーテル	酢酸メチル
脱水量1回目(g)	38.30	42.75	37.57	3.39	10.16
2回目(g)	39.53	39.53	41.23	2.31	9.87
3回目(g)	40.07	40.67	39.50	0.23	8.33
再吸水量1回目(g)	45.64	53.83	49.64	5.12	4.57
2回目(g)	39.22	47.85	42.34	4.23	3.76
3回目(g)	38.53	48.43	47.53	6.48	5.52

（2）の結果は以下の通り

表2　（2）の脱水量と再吸水量

	1回目	2回目	3回目
脱水量(g)	41.2	40,3	39.1
再吸水量(g)	0.02	0.32	0.05

また、実験後の高吸水性樹脂につけたpH試験紙は黄色に変色した。

4．考察

実験1の結果をそれぞれの溶媒の分配係数と脱水量に注目してグラフにした。シュウ酸、エタノール、アセトン、ジエチルエーテル、酢酸メチルの分配係数はそれぞれ-0.3、-0.24、-0.22、0.4、0.89である。グラフは以下の図2である。

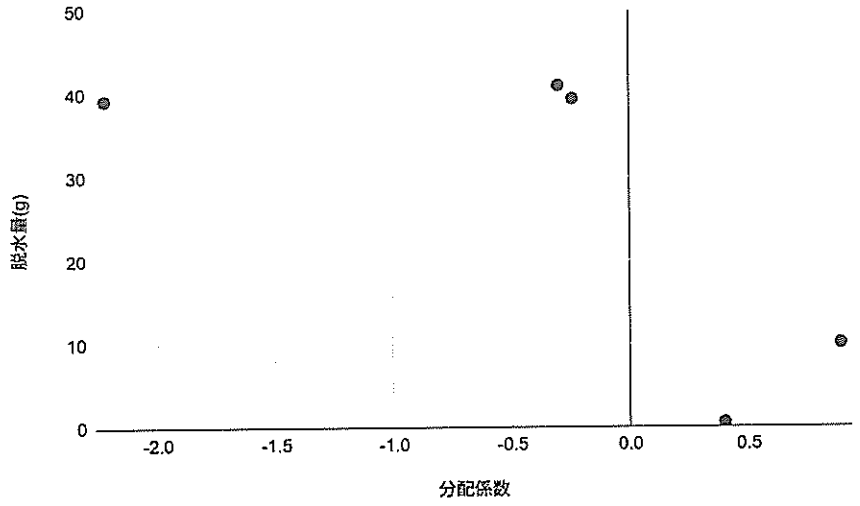


図2　分配係数と脱水量のグラフ

このグラフについて、ジエチルエーテルの脱水量が少ない理由は実験に用いたジエチルエーテルの温度がほかの物質より低かったため反応が進みにくくなったからだと考えられる。また、シュウ酸の脱水量が他の有機溶媒より少ない理由は高吸水性樹脂の中に含まれていたほとんどすべての水が脱水されてしまったことでエタノール以上の親水性をもつ有機溶媒は脱水量が最大値になってしまい、変化しないためであると考えられる。それらをふまえると、分配係数と脱水量は比例していることが考えられる。これから浸透圧によって脱水されていることが考えられる。

実験2で酸により脱水が起こり、脱水後に再吸水がされず、高吸水性樹脂を入れた水が賛成を示したことから、高吸水性樹脂に含まれるカルボン酸塩が塩酸により弱酸遊離したことで樹脂内の反発が

減り、脱水された。また、これらは弱酸であって電離度が低いことから再吸水が起こりにくくなったのだと考えられる。

以上のことから、等しい物質量では官能基の親水性の高いほうが脱水量が多くなることが分かった。また、酸による脱水は再吸水性を失うため、リサイクルを考えた脱水処理としては不適切であるとわかった。

５．今後の課題

今回の実験では高吸水性樹脂の中に含まれるものをすべて水であるとして実験を行ったが、実際に紙おむつなどに使用されたものを脱水することを考えて、アンモニアなどの物質を含んだ溶液に高吸水性樹脂を入れ、含ませたものを脱水する実験を行う必要があると考えられる。また、今回の実験では高吸水性樹脂が完全に水を含んだ状態で脱水を行った。そのため、含んでいる水の量が変化することで脱水量に変化が出るのかどうかについても調べる必要がある。

６．参考文献

尚行 船水, 健 牛島 , 野分 土方, 宙希 吉川, 孝義 小西, 徹 大庭 著(2019)「使用済み吸水性物品由来の吸水性ポリマーを再生する方法及び使用済み吸水性物品由来のリサイクル」

尚行 船水、健 牛島、野分 土方、宙希 吉川、孝義 小西、徹 大庭 (2013)「使用済み高吸水性ポリマーの再生方法」 北海道大学

治隆 渡辺、扇元 政人、後藤 至誠、鹿取 英作、哲朗 高橋 (2014)「使用済み衛生用品の処理方法」日本製紙株式会社

茶殻から油汚れ用洗剤を作成する
～タンニンの効率的な抽出法とその効果～
Creating detergent for oil stain from tea leaves
-Efficient extraction method of Tannin and Effects of the liquid-

Abstract

Tea leaves contain tannin, a component that lifts oil stains from dishes. We investigated methods to extract tannin efficiently and examined whether the liquid could function as a detergent. We found it's the best way to steep for 40 minutes in the case of 0.1g tea leaves in 70ml of 70°C water. However, we couldn't quantify the effect of the liquid, which remains a problem.

１．はじめに

茶にはさまざまな種類のポリフェノールが含まれており、その中に収斂性を持つ物質である「タンニン」が存在する。食事後の皿を使用済みの茶殻で擦ると固まった油脂汚れが浮くのは、「タンニン」の作用に由来すると言われている。そこで「タンニン」を茶葉から効率よく抽出する方法を検討し、その抽出液が洗剤として機能するかどうかを調査した。

２．研究方法

茶葉はうれしの茶（販売者：山城物産）を使用した。

実験１：タンニンの量の算出

① 茶葉 0.1g を水 100ml に入れ、70℃で浸出時間を変えながら浸出した。
② 浸出後、冷却して 100ml に定容しろ過した。これを抽出液とする。
③ 抽出液 5ml と酒石酸鉄試薬[1]5ml をリン酸緩衝液[2]で 25ml に定容した。
④ 抽出液 5ml の代わりに蒸留水 5ml を用いた試液を対照液とし、分光光度計で 540nm での波長を測定した。
⑤ 参考文献[3]より、測定した ABS を x、元の茶 100ml 中のタンニンの量を y とすると、

$$y=45.8x-0.64$$

の関係式が成り立つことから、元の茶 100ml のタンニンの量を算出した。

実験２：洗剤としての機能の検証

① 牛脂を 80℃で溶かしサクラクレパスで赤色に定色したものを油汚れとした。
② 重さを量ったプレパラートに油汚れを 2ml 滴下し、冷却して固めた。
③ 再び重さを量り油汚れの重さを計算した。
④ ③で作成したプレパラートをタンニンの濃度を変えた抽出液および水に入れ、5 分ごとにビーカーを揺らして 1 時間おいた。
⑤ 重さを量り、油汚れが落ちたか確認した。

実験３：タンニンの洗剤としての機能の検証

茶葉から抽出したタンニンに洗剤としての機能が見られなかった原因を検討するため、タンニンの一種である没食子酸とタンニン酸を用いて検証した。

---

1) 硫酸第一鉄 7 水塩 0.2g と酒石酸鉄カリウムナトリウム 1.0g を蒸留水で 200ml に定容した。
2) リン酸二ナトリウム 1/15mol/L とリン酸二水素ナトリウム 1/15mol/L を体積比が 84：16 になるよう混合した。
3) 「酒石酸鉄による茶タンニンの比色定量法」　岩浅　潔・鳥井　秀一　2025 年 11 月 24 日確認

① 実験 2 と同様に油汚れの着いたプレパラートを作成した。
② 水 100ml に没食子酸とタンニン酸をそれぞれ約 0.7g と約 20g 溶かすことによって飽和水溶液を用意した。
③ ここに先ほど作成したプレパラートを入れ、実験 2 と同様に 1 時間放置した。

3．結果

実験 1 において、浸出時間と抽出されるタンニンの量の平均を折れ線グラフにまとめた（図 1）。縦軸がタンニンの量（単位は mg/100ml）、横軸が加熱時間（単位は分）。これより、茶葉 0.1g を 70℃の水で 100ml で浸出する際、浸出時間は 40 分が最適であり、茶葉 0.1g からタンニンは約 8.6mg 抽出できると分かった。

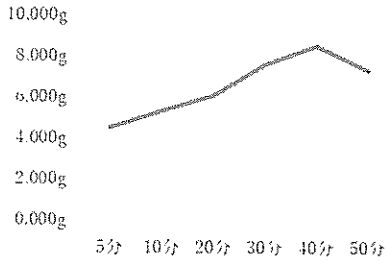


図 1　浸出時間とタンニンの量の関係

実験 2 ではタンニンの濃度を変化させたが、プレパラートの質量は減少しなかった。しかし、実験後にプレパラートを振ったり指で拭くなどの操作を行うと、油汚れがガラスとの境界面できれいにはがれる様子が見られた。

実験 3 においてもプレパラートの質量は減少しなかった。そのため、追加で 6 日ビーカーを揺らさずに放置した。その結果、以下のように油汚れの飽和水溶液内の部分だけが変色し、ひび割れのようなものが見られた。（図 2～4）

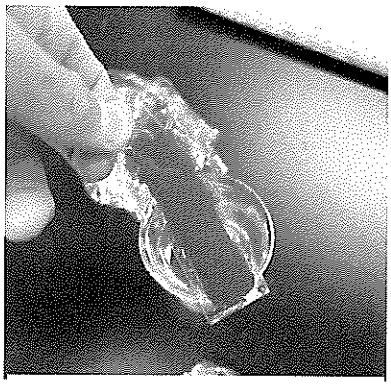

図 2　水に入れたプレパラート


図 3　没食子酸に入れたプレパラート


図 4　タンニン酸に入れたプレパラート

また、変色していない油汚れは指で拭いて強い力をかけると潰れたのに対して、変色した油汚れを指で拭くと弱い力でも潰れることなくガラスとの境界で綺麗に剝がれた。（図 4、図 5）

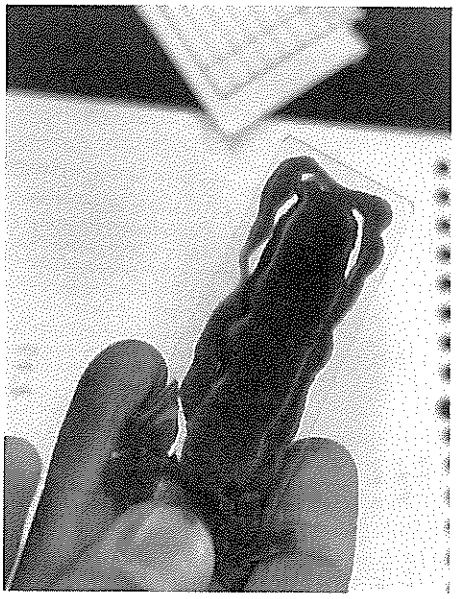

図 5


図 6

4．考察

実験2、3において、結果からタンニン自体に油汚れを落とす作用があると分かった。ここで、油汚れがガラスとの境界で剥がれた理由、及びひび割れや変色が見られた理由について考察する。

まず油汚れがガラスとの境界で剥がれた理由として、境界面では物質が変わるため接合が弱くなっているからではないかと考えた。油汚れは油脂がファンデルワールス力などの分子間力によって引き合うことでできる分子結晶である。そのため、タンニンが油汚れに近づくと右の模式図(図7)のような力が油脂分子にかかると考えられる。ここで、油脂分子には分子間力によって油汚れの中心の方向に向かって力が働く。このため、タンニンによって油汚れの表面にかかった力は分子間力を通してガラスとの境界にかかる。ガラスと油の境界の分子間力は弱いため、結果的に境界から、油汚れが剥がれ落ちるのではないかと考えた。また、油が浮いたことによってガラスからの垂直抗力がなくなったため、油汚れに下向きのずれ落ちるような力がかかり油汚れにひびが入ったのではないかと考えた。ただし、この反応が1週間のうちにどのような経過で起きたのかが不明であり、またどの程度まで油汚れが剥がれればいいかが曖昧なため、実験にさらに改良が必要だと考えた。

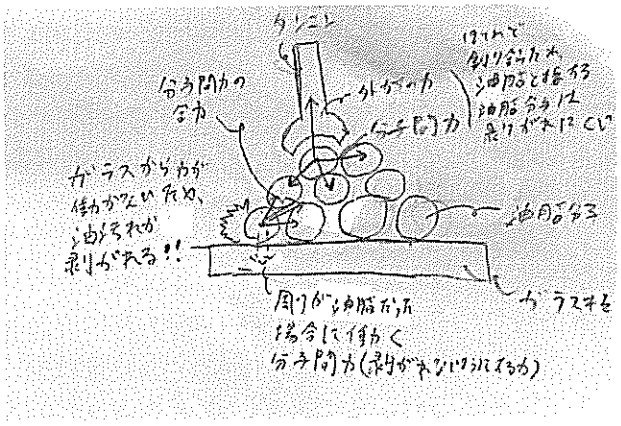


図7

油汚れが変色した理由として、ガラスから剥がれた後に表面の油汚れが溶液中に溶け出したからだと考えた。ガラスから剥がれた油汚れは、ガラスに接していた部分に空間ができてタンニンが入り込むことができるようになる。このため、タンニンが油汚れを外側全体に引っ張り、表面から油汚れが剥がれて行くのではないかと考えた。それにより油汚れが薄くなるため、油汚れの水面に入っていた部分のみ赤色が薄くなって変色したのではないかと言える。

実験1から茶葉0.1gからタンニンは約8.6mg抽出できるため、約17.4g～約232.5gの茶葉からタンニンを抽出することで、飽和水溶液を作ることができる。ただし、実験1の方法では抽出液を約174倍～約232.5倍に濃縮しなければならないため、より効率の良い抽出方法が必要だと考えた。

5．今後の課題

結果・考察から、タンニンの油汚れを浮かす能力に関しての数値化が今後の本研究の課題である。油汚れがどれだけ剥がれたかを客観的に表す新たな指標が必要である。これを用いることで「どの程度まで油が剥がれれば洗剤と言えるのか」を明確にし、飽和水溶液に入れて放置する最適な時間や飽和水溶液でなくても長時間放置すれば洗剤として機能するのかなどを検討したい。その際、ポジティブコントロールとして市販の洗剤などを使用するのが良いと考える。

油汚れの作成方法なども問題があると考える。実験では油汚れを2ml滴下しているが、皿の油汚れを落とすのに使用することを考えると、油汚れが多量すぎる可能性が考えられる。このため実験2、3において、先ほどと同様、ポジティブコントロールとして市販の洗剤などを使用して油汚れの作成方法を検討するのが良いと考える。

また、抽出液の濃度が薄く、抽出効率が悪いことも課題である。茶葉0.1gからの抽出では抽出できるタンニンの量が足りないため、水100mlにおいて茶葉の量と抽出時間の関係などを調べるのが良いと考える。

６．参考文献

「酒石酸鉄による茶タンニンの比色定量法」　岩浅　潔・鳥井　秀一　2025 年 11 月 24 日確認
「大和茶の抽出条件とタンニン溶出量の関係」　奥野　詩桜　2025 年 11 月 24 日確認
「茶タンニン定量における試料液の調整条件による差異」中川　致之・鳥井　秀一
2025 年 11 月 24 日確認

食品ロスを活用した植物プランクトンの効率的な培養

Efficient Cultivation of Phytoplankton Using Food Waste

Abstract

Phytoplankton, which are rich in nutrients such as vitamins and minerals and have recently attracted attention as potential raw materials for biofuel production, include Euglena, a species that has been shown to grow efficiently when cultivated using tomato juice as a culture medium. Therefore, this study investigated whether rice washing water, a food waste byproduct, could serve as an environmentally friendly and efficient culture medium for phytoplankton cultivation. Furthermore, by adjusting the concentration of rice washing water and measuring the cell density in the culture medium, the optimal concentration for cultivation was determined.

1．はじめに

1-1. 研究目的

植物性プランクトンは近年、ビタミンやタンパク質、ミネラルなどの豊富な栄養を持つ食料としてだけでなく、バイオ燃料の原材料としてや、大気中の二酸化炭素を取り込み地球温暖化を抑制するといった働きにおいても注目が高まっている。また、その１部であるユーグレナがトマトジュースを用いて効率的に培養することができることが先行研究で明らかになっている。そこで本研究では、日本の多くの家庭でほぼ毎日 500～1L 程度生産され食品ロスとなる米のとぎ汁を培地として用いることによって、より環境に優しく効率的に植物プランクトンを培養することが可能かを調査した。それと共に、米のとぎ汁の濃度を調節し、培地内の細胞数を測定することでどのような濃度での培養が最適かを明らかにした。

1-2. 仮説

米のとぎ汁にはでんぷんやタンパク質などの栄養素が多く含まれており、、それらの栄養素が植物性プランクトンの発生を手助けすると考えたため、米のとぎ汁は植物性プランクトンを効率的に培養する培地となると予想した。（本研究で用いる「効率的培養」とは、通常販売されている植物性プランクトンキットなどに付属している液体肥料を用いた培養を行った際と比較して植物性プランクトンの細胞数の上昇率が高い状態のことを表すこととする。）



写真１　比較に用いた液体肥料（キットに付属するものと同成分）

2. 実験方法

実験はⅠ(2025/07/29～31)とⅡ(2025/11/12～19)の二度行った。

2.1 実験手順

①バイアル瓶に各条件の培地を作成

植物性プランクトンを抽入したもの（以降、有と記述）と、抽入していないもの（以降、無と記述）を各条件の培地が同量になるようにする。

実験Ⅰ…50ml　実験Ⅱ…培地の条件を増やすため 20ml に変更した。予備実験の際に培地から腐乱臭が発生したことより、それを防ぐために培地に用いる米のとぎ汁は未滅菌のものを除いて全て滅菌したものとなっている。

培地の条件は以下の通りである。

表１　条件

実験Ⅰ	実験Ⅱ
A　水	A　水
B　水＋液体肥料	B　水＋液体肥料
C　未滅菌米のとぎ汁濃度 100%	C　米のとぎ汁濃度 100%
D　米のとぎ汁濃度 100%	D　米のとぎ汁濃度 50%
E　米のとぎ汁濃度 50%	E　米のとぎ汁濃度 25%
F　米のとぎ汁濃度 25%	F　米のとぎ汁濃度 100%　分解酵素入り
／	G　米のとぎ汁濃度 100%　ろ過済み

＊条件 F,G は実験Ⅰをふまえてより効率的に培養することが可能だと考え追加した。

E では分解酵素を用いることででんぷんやタンパク質の低分子化を行い、より植物性プランクトンが栄養を吸収しやすいようにした。また、F ではろ過を行うことで沈殿を生じにくし培養液の濁りを抑える上、培地内の栄養が均一に行き届くと考えた。



写真２　使用した分解酵素(アミラーゼ)

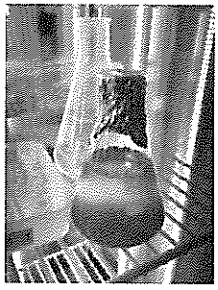


写真３　使用した植物性プランクトン
飼料用のものを購入し一週間程度液体肥料で培養した

②作成した培地を人工気象期の中で保管(18℃、12 時間点灯で一週間)

③目視による培地の色の変化の確認

以下の二つの実験で異なる方法で測定を行った。

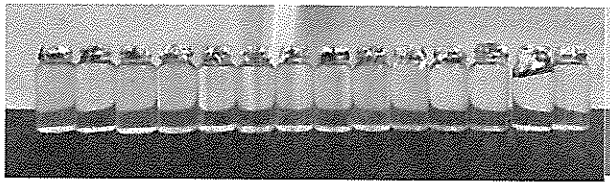


写真４　作成した培地(植物性プランクトン無)

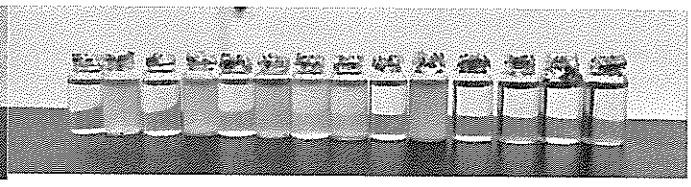


写真５　作成した培地(植物性プランクトン有)

2.2 測定方法

以下の二つの測定を行った。測定Ⅰを行った一度目の実験をふまえて測定方法を見直し、二度目の実験では測定Ⅱの方法で測定を行った。

測定Ⅰ…植物性プランクトン無の培地を基準として分光光度計(波長 600nm)で細胞数を測定

測定Ⅱ…培地を遠心分離したのち、アセトンを抽入することで抽出したクロロフィルを分光光度計(波長 600nm)で測定

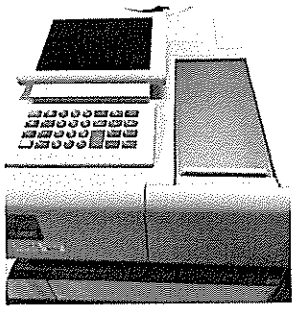
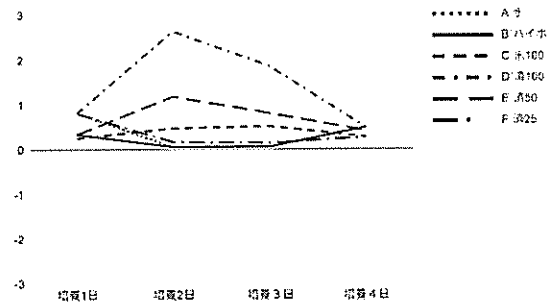


写真６　分光光度計

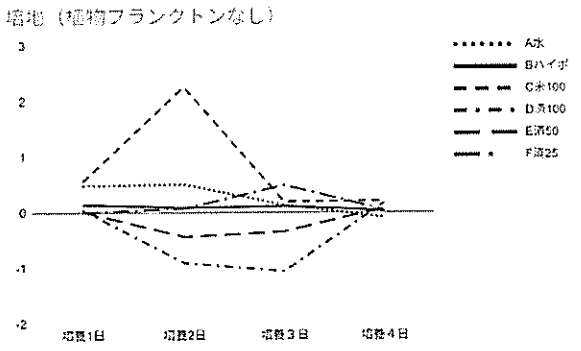
３．結果・考察

【実験Ⅰ】

以下のグラフ１，２より、実験二日目までは培地 C, D, E で測定結果の数値が上昇していることから細胞数が増加したと確認できた。また、培養に最適な濃度については、グラフより細胞数の上昇率が培地 B のものを上回った培地 D, E, C に用いた濃度であるため、米のとぎ汁の濃度がより高く、滅菌され培養を行った培地通常の培養の際と同条件の培地である培地 B と同等またはそれより高い数値がみられたことから、米のとぎ汁を用いて植物性プランクトンをより効率的に培養することが可能であるということが証明された。



グラフ１



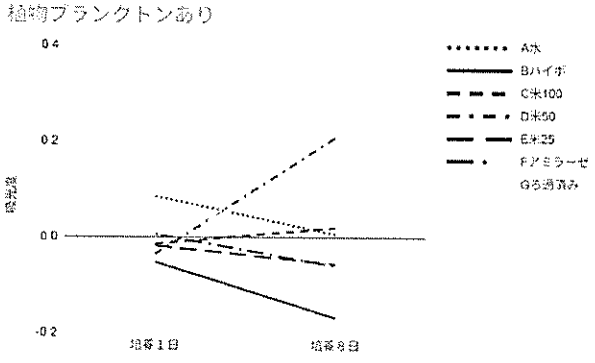
グラフ２

〈実験Ⅰをふまえて　改善点〉

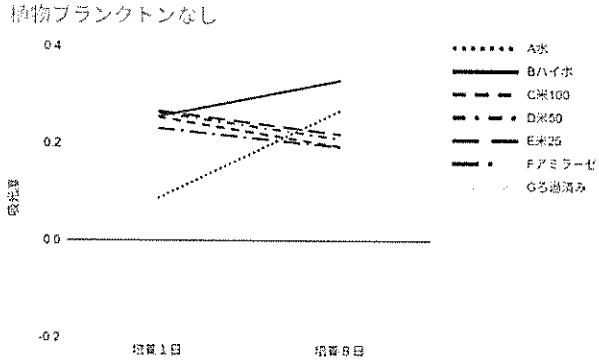
測定の際に培地内に沈殿が生じてしまい測定値がなかなか安定しなかったことや、米のとぎ汁の濃度の高い培地では培養液の濁度が高く、特に培地の濁りが増した三日目から四日目では正しく細胞数のみを測定できていないのではないかと考えたため、トーマ血球計算盤を用いて目視での測定を試みたが、植物性プランクトンのすべての個体数をカウントすることが難しかった。そこで培地を遠心分離し、沈殿した植物性プランクトンからアセトンを用いてクロロフィルを抽出したものを分光光度計で測定することにした。その際、よりデータの正確性を高めるため培地内すべての植物性プランクトンを測定したかったが、アセトンを用いて測定するため測定後の植物性プランクトンを再び培養するこ

とは不可能(死滅してしまう)であることから、測定は培養開始日とその一週間後の二日間のみ行った。加えて、米のとぎ汁に含まれるでんぷんやタンパク質は高分子であるため植物性プランクトンが吸収しにくいと助言いただいたことと、実験Ⅰで濁度が測定における課題になったことと培地内の栄養が均一に行き届くと考えたことから、条件に培地 F,G(表１の実験Ⅱ欄参照)を追加すると共に、滅菌済みの条件の培地と比較して細胞数の上昇が低い上濁度の高い未滅菌の培地である条件 C(表１の実験Ⅰ欄参照)を削除した。また、培地の条件を増やしたことから、培養液の量を 20ml に変更した。
実験ⅠとⅡの違い→測定方法の改善、条件E、Fの追加

【実験２】
以下のグラフ３，４より、培地C,D,Eで細胞数の上昇が確認された。その中で一番細胞数の上昇率が高かった培地Dの濃度50%が最も培養に最適な濃度であると考えられる。また、それに次いで上昇率が高い培地はGであったことから、実験Ⅰをふまえて考察・改善した通り、ろ過を行い沈殿が生じにくい方が植物性プランクトンが栄養をより吸収しやすいことが確認できた。



グラフ３



グラフ４

４．今後の展望
実験Ⅱでは実験Ⅰで明らかになった課題点を改善することができた一方で、本来細胞数が上昇しなくてはならない培地Bで細胞数が減少してしまっている。その原因としては測定の際に生じた誤差や、培地内の栄養不足などが考えられるが、双方の理由において実験２～７日目までの測定値が無いため、実験Ⅰと比較して原因追及することが難しくなってしまっている。そこで今後は培養液の量を増やし培地内の一部で測定を行うか、その方法で生じる沈殿による誤差を少なくするため、全ての条件の培地をろ過したのちに実験を行っていきたい。加えて、実験Ⅰ、Ⅱ共にサンプル数が少ない(各条件ごとに１つのみ)ことが現状であるため、サンプル数を増やしより正確なデータが得られるようにしたい。

５．参考文献
Kyohei Yamashita, Koji Yamada, Kengo Suzuki and Eiji Tokunaga (2023) Method for growing edible Euglena gracilis in an inexpensive medium with tomato juice to a high cell density equivalent to the density in KH medium

Kyohei Yamashita, Ryusei Hanaki, Ayaka Mori, Kengo Suzuki, Tatsuya Tomo, Eiji Tokunaga(2023) Reddening of the Unicellular Green Alga Euglena gracilis by Dried Bonito Stock and Intense Red Light Irradiation

クマムシのGAPDHタンパク質は熱耐性をもつのか

Can Tardigrade GAPDH protein withstand heat?

Abstract

When tardigrades lose water from their bodies, they enter a state called “cryptobiosis”. In this state, they can withstand extreme environments. Previous studies have revealed that tardigrade-specific proteins named CAHS are involved in stress tolerance. However, the contribution of non-tardigrade-specific proteins to stress tolerance remains unclear. In this study, we focused on GAPDH (Glyceraldehyde-3-phosphate-dehydrogenase). Tardigrade GAPDH was subjected to heat treatment and its enzyme activity was evaluated by measuring the reaction rate.

1. はじめに

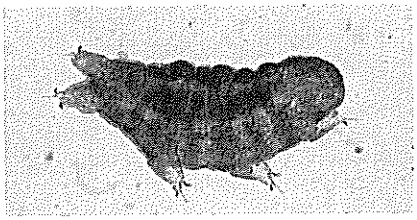


図1 ヨコヅナクマムシ
https://aquarium.co.jp/diary/2018/07/37389

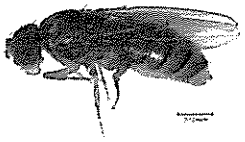


図2 キイロショウジョウバエ
https://www.pref.Saitama.lg.jp/b0714/eiseigaityu/hae:html

クマムシとは、緩歩動物門に属する体長約1mmの生物である。体内の水分を失うと「乾眠」と呼ばれる無代謝状態に移行し、さまざまな極限環境に対する耐性を示す。先行研究では、クマムシ固有のCAHS(Cytosolic Abundant Heat-Soluble)タンパク質が細胞内で繊維構造を形成し、細胞の物理的安定性を高めることで、乾燥ストレスへの耐性を向上させていることが明らかになっている(Tanaka et al.,2022)。しかし、クマムシ固有ではないタンパク質のが、ストレス耐性にどのように関与しているかについてはいまだ明らかになっていない。そこで、本研究では、クマムシ固有でないタンパク質がストレス耐性に寄与する可能性を検証することを目的とし、真核生物に普遍的に存在するGAPDH(Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase)に着目した。GAPDHタンパク質は解糖系の反応を触媒する酵素の一つであり、細胞代謝において重要な役割を果たす。また、ヒトのGAPDHについては、酸化ストレス下において細胞死を誘導することが報告されている(Nakajima et al.,2009)。

本校で過去に行われた研究では、ストレス耐性が高いヨコヅナクマムシ(*Ramazzottius varieornatus*)のGAPDHタンパク質を発現する大腸菌の作製に成功しタンパク質を精製したのち、基質濃度に対する酵素活性の変化を測定した(川井ら、2024)。昨年度行われた研究(北西ら、2025)ではクマムシのGAPDHタンパク質の凍結・融解を繰り返しながら実験を行っていた。そのため、昨年度のデータからは再現性が得られなかった。以上を踏まえ、本研究では昨年度と同様にヨコヅナクマムシのGAPDHタンパク質を加熱処理し、測定した吸光度から温度ごとの最大反応速度を求めた。また、比較対象としてキイロショウジョウバエ(*Drosophila melanogaster*)を用いた。キイロショウジョウバエのGAPDH遺伝子を取得し、ベクターに組み込んだ後精製を行った。しかし、X線結晶構造解析により今年度精製したタンパク質はクマムシ由来ではなくキイロショウジョウバエ由来であることが明らかとなった。

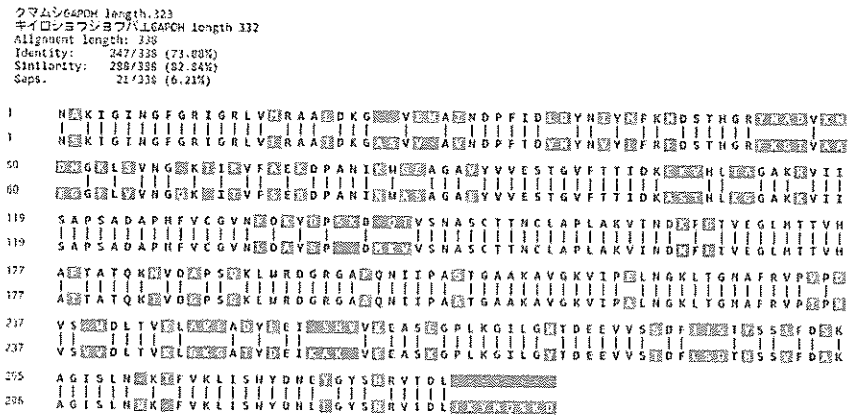


図３　ヨコヅナクマムシ(上)とキイロショウジョウバエ(下)のアミノ酸配列の違い

２．方法

(1)キイロショウジョウバエの *GAPDH* 遺伝子のクローニング

北西ら(2025)の報告に基づいて実験を行った。

(2)クマムシの GAPDH タンパク質の精製

発現したコロニーからキットを用いてプラスミドを精製した。ヒートショック法により、BL21(DE3)株にクマムシの *GAPDH* 遺伝子を含むプラスミドを導入した。1L の液体 LB 培地で培養後、4℃、6000rpm の条件で 10 分間遠心分離し上清を得られた菌体ペレットを－4℃で保存した。

このペレットを 40mL の破砕バッファー(20mM Tris-HCl pH7.5, 150mM NaCl, 5mM imidazole, プロテアーゼインヒビター)で懸濁した。50mL 遠心管を氷水の入ったビーカーに突き刺し、5 秒ずつ、合計 10 分程度超音波破砕を行った後、20,000×g, 4℃で 30 分以上遠心した。シリンジを用いて、ニッケルがチャージされているカラム(HiTrap TALON crude 5 mL) を、平衡化バッファー(20mM Tris-HCl pH 7.5, 150mM NaCl, 5mM imidazole) 2 mL で置換した後、ニッケルに吸着する性質を持つ His タグ を有する GAPDH タ ンパク質を含む上清をロードした。そして、wash バッファー(20mM Tris-HCl pH 7.5, 150mM NaCl, 5mM imidazole) 3 mL でカラムを洗浄してから溶出バッファー(20mM Tris-HCl pH8.0, 150mM NaCl. 200 mM imidazole)を用いて GAPDH タンパク質を溶出させた。得られた画分について SDS-PAGE を行い GAPDH タンパク質の存在を確認した。そして、5L の透析バッファー(20 mM Tris-HCl pH8.0, 150mM NaCl)に透析チューブを入れ、一晩透析を行った。

(3)クマムシの GAPDH の酵素活性測定

精製したクマムシの GAPDH(濃度 9.64 mg/ml) 25 μℓ、100 mM NAD(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド) 16 μℓ、K_2HPO_4 8 μℓ、Tris Buffer 943 μL をチューブに入れた。この反応溶液を、ヒートブロックで 10 分間加熱した。温度は、30℃から 80℃まで 10℃間隔で変化させ、各温度につき３回ずつ測定した。GAPDH は G3P(glyceraldehyde 3-phosphate)を基質として、1,3-BPG に変化させる化学反応を触媒し、その過程で無色の NAD＋が還元され黄色の NADH が生じる。そのため、分光光度計で加熱後に 340 nm における吸光度の変化を測定した。反応が確認された秒数から 20 秒間の吸光度の傾きを

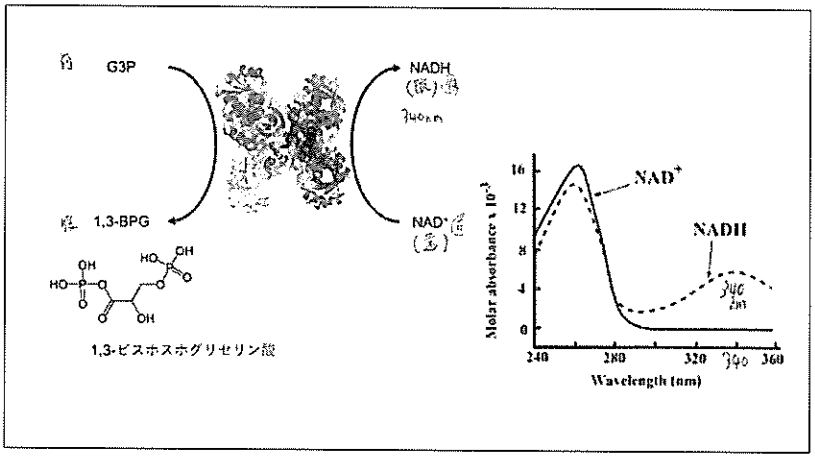


図４　GAPDH の触媒作用

最大反応速度とし、温度ごとで平均値をとった。

３．結果

前述したように、今年度に精製したタンパク質はキイロショウジョウバエではなく、ヨコヅナクマムシ由来のものであることが判明した。mRNA の抽出から cDNA の合成まではキイロショウジョウバエを扱っていたため、クマムシの DNA の混入はプラスミドへの DNA 導入の段階で生じたと推測される。今年度使用したプラスミドは 2 年前にクマムシのタンパク質を用いた実験で先輩が使用していたものであった。そのサンプルが本当に pET28a なのかどうかを確かめるために、Xho I で切断し、電気泳動によって分子量の確認を行った。そのプラスミドにクマムシの DNA がすでに組み込まれていたか、あるいは混入していた可能性が高い。今年度に精製したタンパク質がクマムシ由来であることが明らかになったのは、酵素活性測定終了後であった。そのため、本研究では２年前に精製されたタンパク質と今年度精製したタンパク質の２種類を用いて実験を行った。２年前に精製されたタンパク質は 50℃において最大反応速度を示し、70℃では完全に失活した。一方で今年度精製したタンパク質は 60℃で最大反応速度を示し、80℃において完全に失活した。
70℃以上では両タンパク質ともに一部凝集が確認された。これを 25℃、 13000 rpm の条件で遠心分離し、上清のみを回収し酵素活性を測定したところ今年度精製したタンパク質を 70℃で加熱したときのみ反応がみられた。

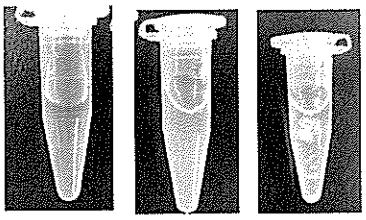


図５　上の３つは今年度精製したクマムシの GAPDH タンパク質を含むサンプルである。左から加熱前、70℃での加熱

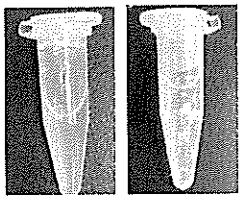


図６　上の２つは２年前に精製したクマムシの GAPDH タンパク質を含むサンプルである。左は 70℃での加熱後、右は 80℃での加熱後である。

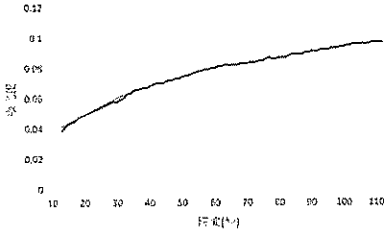


図７　今年度精製したクマムシの GAODH タンパク質を 50℃で加熱した際の吸光度変化
オレンジの直線の傾きが最大反応速度となる。

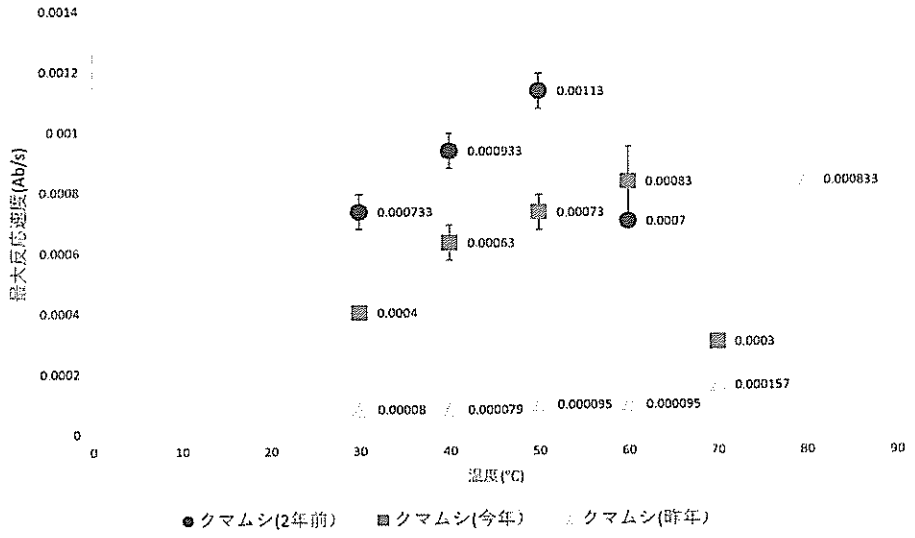


図８　温度ごとの最大反応速度

４．考察/結論

図８から、昨年度に計測した各温度における最大反応速度(△)が今年度の測定値(○と□)よりも全体的に小さかった原因として、タンパク質の凍結と融解を繰り返していたことが考えられる。また、２年前に精製したクマムシのGAPDHと今年度精製したクマムシのGAPDHの間で酵素活性に差が生じた要因として、タンパク質濃度、保存期間、実験日の違いが考えられる。まず、タンパク質の濃度については、２年前に精製したタンパク質が 9.5 mg/mL、今年度精製したタンパク質が 9.64 mg/mL である。一般にタンパク質の濃度が大きいほうの活性が大きくなるため、濃度がわずかに高い今年度精製したタンパク質の方が 30℃から 60℃において活性が低かったことを考えると濃度は結果に与えた影響は小さいと考えられる。次に、保存期間が２年間違うことを考える。昨年はタンパク質の融解を行った後、－20℃で凍結したため活性が落ちたが、今年度は大学施設で－80℃で凍結して保存した後、融解後は再凍結を行ってない。一方で、融解してから実験を行うまでの日数は今年度精製した方が１日、昨年度精製した方が２日だった。融解後から実験までの期間はいずれも４℃で保管していたためその日数の差が結果に影響した可能性は否定できない。最後に、実験日が異なる点について考える。一連の実験は一週間ほどでまとめて行ったものの、本来は同じ日のうちに完了することが望ましい。実験日が異なったことで、操作手技にばらつきが生じ、それが結果に影響を与えた可能性が考えられる。以上の点について考察したが、本研究においては酵素活性差の明確な要因を特定するには至らなかった。

５．今後の課題

今後はキイロショウジョウバエの個体からmRNAを抽出し、cDNA合成を経てタンパク質精製を行うことで今年度と同様の加熱条件下での酵素活性を測定する。さらにX線結晶構造解析を行うことで、２種類のGAPDHタンパク質の間に存在する構造的差異を明らかにするとともに、その違いがタンパク質の熱安定性にどのように寄与しているかを解明することを今後の課題とする。

６．謝辞

本研究を進めるにあたり、終始助言を賜り、丁寧に指導してくださった大阪大学大学院薬学研究科創成薬学専攻福田庸太先生に深くお礼申し上げます。

７．参考文献

Tanaka A, Nakano T, Watanabe K, Masuda K, Honda G, Kamata S, et al. (2022) Stress-dependent cell stiffening by tardigrade tolerance proteins that reversibly form a filamentous network and gel. PLoS Biol 20(9)

Hidemitsu Nakajima, Wataru Amano, Takeya Kubo, Ayano Fukuhara, Hideshi Ihara, Yasu Taka Azuma, Hisao Tajima, Takashi Inui, Akira Sawa, Tadayoshi Takeuchi (2009) Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase aggregate formation participates in oxidative stress-induced cell death

川井 優奈、藤原 周、北西 恵梨、栗原 涼平、谷川 卓和哉(2024) タンパク質 GAPDH から探るクマムシのストレス耐性

北西 恵梨、藤原 十和子、清水 晴生(2025) タンパク質GAPDHは熱耐性をもつのか

サツマイモのβアミラーゼを活用したマルトース甘味料の作成

Making maltose sweetener using sweet-potato β-amylase

Abstract
Japan's food self-sufficiency ratio for wheat and barley is low.
Sweet potatoes, which have a high food self-sufficiency ratio in Japan, have been found to be rich in β-amylase.
Therefore,the purpose of our research is to clarify the usefulness of sweet potato β-amylase compared to that of wheat and barley.
We extracted β-amylase from sweet potatoes,and prepared an enzyme liquid.
Using this enzyme liquid and measuring the absorbance, we determined the enzymatic activity of β-amylase.
We performed the same procedure for wheat and barley, and compared the results with the calibration curve for analysis.

1．はじめに

βアミラーゼという酵素にはデンプンなどの多糖類をマルトースとして分解する働きがあり、現在日本ではβアミラーゼを含むコムギやオオムギを活用してマルトース甘味料が作成されている。しかし、コムギやオオムギの日本での食料自給率は低い(図１)。一方で日本での生産量の多いサツマイモにはβアミラーゼが多く含まれていると言われている[1)]。そこで本研究では、βアミラーゼを多く含むサツマイモを用いて甘味料を作成する手段を模索することを目的として研究を行った。

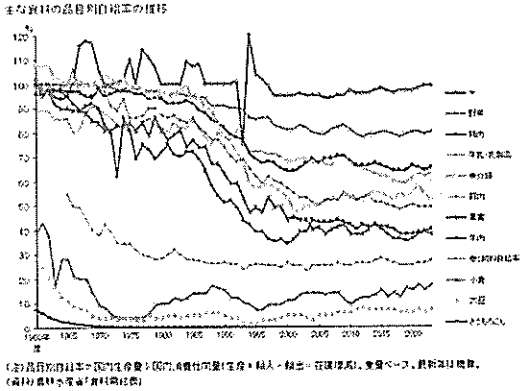


図１　日本の品目別食料自給率

サツマイモを活用した甘味料の提案をするため、今年度の研究では、サツマイモに含まれるβアミラーゼの酵素量と酵素活性をコムギと比較する実験を行った。
昨年度の研究では、ヨウ素液による呈色反応を利用して酵素活性を測定する方法を用いたが、実験結果が安定しなかった。
そのため以下の実験では、還元糖の量を測定することができるソモギーネルソン法[2)]を利用して実験を行った。

2．研究方法

以下の手順に従って、コムギとサツマイモに含まれるβアミラーゼの酵素量と酵素活性を比較する実験を行った。

(１)実験試料の作成

試料①②　コーヒーミルを用いて粉末状にした乾燥重量 10.0g のサツマイモに 10.0mL の蒸留水を加えた。ホモジナイザーを行った後、遠心分離(1500xg, 15min)によって上澄み 1.0ml を得た。その後、クエン酸緩衝液 500.0mL(組成式１)によって pH6.2, 500 倍希釈した。

試料③④　試料①②と同様の手順を乾燥重量 10.0g のコムギを用いて行った。

(2)実験試料の反応

2.0%のデンプン溶液 100.0mL と試料 1.0mL をスターラー(60℃, 200rpm)で加熱しながら 10 分間反応させた(溶液①とする)。溶液①2.0ml にソモギー銅試薬 2.0ml を加え(反応式1)、沸騰水の中で 20 分間反応させた。その後、10 分間流水で冷やしネルソン呈色試薬を 2.0mL 加えて室温で 30 分放置し発色させた(溶液②とする)。

(3)データの測定

溶液②が 20.0mL になるように蒸留水を加え、その際の溶液の色を、吸光光度計(図2.3)を用いて比色した。

(組成式1)クエン酸緩衝液

$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ＋ $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$

0.1mo/L クエン酸 40.0ml と 0.1mol/L クエン酸ナトリウム 460.0ml によって作成した 0.1mol/L クエン酸緩衝液を実験試料1つあたり 500.0ml 用いた。

(反応式1)ソモギーネルソン法の基本反応

①$2Cu^{2+}$ ＋ 還元糖 → Cu_2O

②Cu_2O ＋ H_2SO_4 → $2Cu^{+}$

③$2Cu^{+}$ ＋ MoO_4^{2-} ＋ SO_4^{2-} → $2Cu^{2+}$ ＋ モリブデン青

糖の還元反応を利用して、ソモギー銅試薬とネルソン呈色試薬によって生成されたモリブデン青の吸光度を測定した。

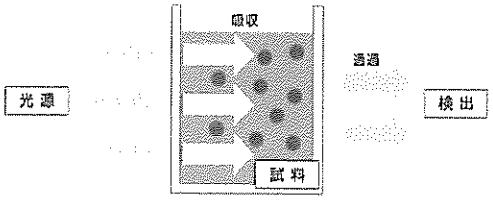


図2　吸光光度計模式図

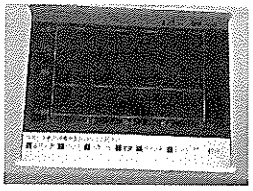


図3　吸光光度計測定画面

吸光光度計とは試料の色を光の波長を用いて、吸光度の値によって試料の比色を行う実験器具である。本研究では、520nm の波長を用いて吸光度を測定した後、光の波長を 200～700nm まで変化させたときの吸光度を測定しグラフに表して考察を行った。

3.実験結果

ネルソン呈色試薬滴下後の実験試薬①②③④の様子は以下の図のようであった。

コムギ(実験試薬③④)はソモギー銅試薬の色である黄緑色のままで変化がなかった。

サツマイモ(実験試薬①②)はソモギー銅試薬を滴下すると銅色に変化し、ネルソン呈色試薬滴下後は青色に変化した。



図4　ソモギー銅試薬滴下後の実験試薬③

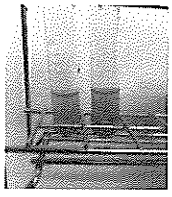


図5　ソモギー銅試薬滴下後の実験試薬①

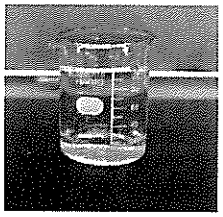


図6　反応後の試薬③

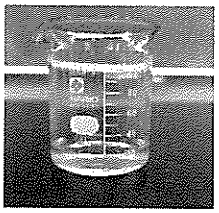


図7　反応後の試薬④

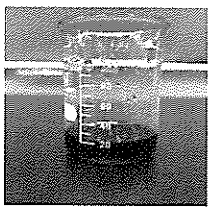


図8　反応後の試薬①

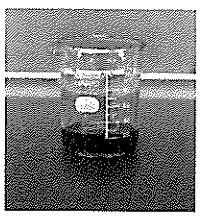


図9　反応後の試薬②

また、測定した吸光度は以下のようになった。
520nm の光を用いた際の吸光度が図 10 であり、コムギはどちらも約 0.10 で安定していた。
サツマイモはどちらも約 1.20 で安定していた。
波長を 200～720nm まで変化させた際の吸光度である図 11 では、コムギは 350nm から波長が増加するにつれて吸光度は急激に減少し、サツマイモの吸光度は 460nm まで減少した後、波長が増加するにつれて急激に増加していた。

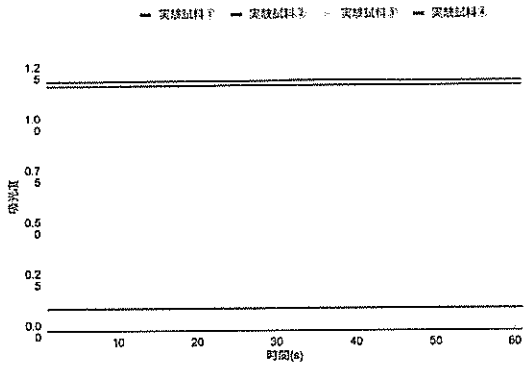


図 10　波長 520nm の分光度

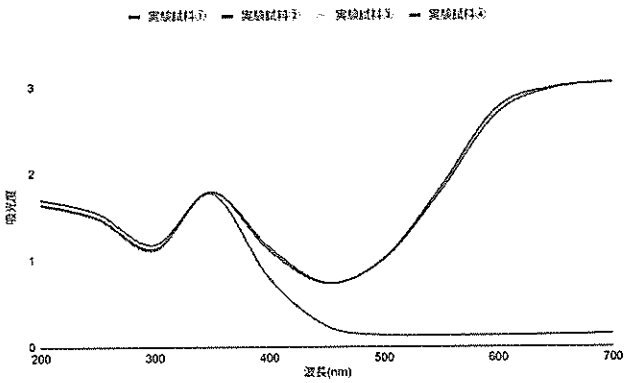


図 11　波長 200～700nm の分光度の変化

4. 考察

図 10 よりコムギとサツマイモではサツマイモの方が、520nm の波長における光の吸光度が高いため、モリブデン青を生成する還元糖の量がコムギよりもサツマイモの方が多く、サツマイモはβアミラーゼを多く含むまたはβアミラーゼの酵素活性が高いということがいえる。図 11 より 350nm～の青色光の吸光度がサツマイモの方が高く、このことからもサツマイモはβアミラーゼを多く含むまたはβアミラーゼの酵素活性が高いということがいえる。

460nm からサツマイモの場合の吸光度が上昇している理由として、ソモギーネルソン法で反応させた後の溶液の濃度が高かったと考察できるため、希釈倍率を高くして実験する必要があると考えられる。

5. 今後の展望

データ数が不足しているため、実験回数を増やしていきたい。また、考察に基づいて希釈倍率を変更した実験も行いたい。
今回の実験を改良し、得られたデータをもとに、サツマイモを活用した甘味料の実用性を図っていきい。

6. 参考文献

1）「サツマイモの甘さに関わる糖質成分」　中村善行(2020)
2）「糖の定量法」　北村進一ほか（2012)
3）「甘しょのβ-アミラーゼ活性の簡易測定法」
農業研究センター・作物整理品質部・資源作物品質評価研究室（1994)

地下水棲微小貝類の生息域と生態

On the Habitat and Ecology of

Aquatic Micro Gastropods in Groundwater

Abstract

Aquatic micro gastropods in groundwater. They are minute gastropods that inhabit caves or groundwater; their soft bodies are translucent, and several species have completely lost their eyesight as an adaptation to the underground environment. Despite possessing such rare characteristics, research hasn't advanced since the 1970s. Therefore, the principal investigator, Yusuke Go, who had an interest in shellfish and caves, focused attention on this subject, to elucidate their ecology; we commenced the research.

1. はじめに

地下水棲微小貝類。地下に生息する微小な巻貝類であり，軟体部は半透明で，その内幾つかの種は地下環境への適応で完全に視力が失われている。日本に於けるこの様な貝類の発見は 1937 年，森主一博士（当時京都帝国大学大学院生）によりホラアナミジンニナ *Bythinella nipponica* が新種記載されたのに始まり，1950 年代から 1960 年代にかけての黒田徳米・波部忠重両博士によるホラアナミジンニナ亜属・ミジンツボ属の 10 数種の新種・新亜種記載で最高潮に達した。その後，稀有な形質をもつにも関わらず，近年に至るまで研究は殆ど進んでいなかった。そこで，研究代表者の江優介はかねてから洞窟及び貝類に関心を寄せていた為これに着目し，両者の接点である地下水棲微小貝類の生息域と生態を多少なりとも明らかにすべく，この研究を始めるに至った。

よって目的は，先行研究及び実地調査による生態調査と採取した個体により，生息域，正負の走光性の有無，そして食性の 3 点に関して明らかにすることにある。

2. 研究方法

1. 実地調査

我々の居住する近畿圏を中心に湧水環境を探した。森（1937）でも述べられているように，これら地下水棲微小貝類は冷涼な環境に生息し，狭適温性動物とされる為である。湧水環境としては，一般的な湧水の他，隧道・井戸・廃坑・沢の水源付近・石灰岩洞窟等が挙げられる。調査時にはピペット・黒トレイ・シャーレ・光源を携帯した。調査地点は現在 9 府県 24 地点（静岡県・愛知県・福井県・京都府・兵庫県・奈良県・和歌山県・島根県・長崎県）であり，うち 5 地点は既知産地であるが，後述する長崎県の地点のみ地下水棲微小貝類は確認でき，これを以下 2 つの実験に使用した。

2. 正負の走光性の有無に関する実験

地下棲，特に洞窟棲生物には負の走光性がよくみられる。そこで，長崎県西海市にて採取したナナツガマホラアナミジンニナ（後述）2 個体を使用し，正負の走光性の有無を確認すべく実験を行った（図 1）。飼育しているシャーレの表面半分を覆う形の半円柱形遮光カバーを取り付けたうえで，飼育する容器内の水による光の屈折等を考慮した位置，つまり真上でなく遮光カバー側に少し傾けた

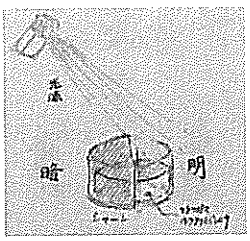


図 1　実験方法

角度で光源を取り付けた。明暗の境界にナナツガマホラアナミジンニナを配置，光を５分間照射した。これで一回の実験とする。尚，回ごとに明暗に対する個体の頭部の向きを，２回おきに実験対象の個体を変えた。実験は数日おきで計 20 回行った。

３．食性に関する実験

地下水棲微小貝類の食性は，殆どの場合有機物と表記されている。具体的にどの様な有機物を摂食するのか確かめる為，ホラアナミジンニナの一種の生息が過去確認されている島根県鹿足郡吉賀町上高尻[1]の地点にて採取した，摂食している可能性のある水生植物・ミズゼニゴケモドキを細片にしてナナツガマホラアナミジンニナを飼育しているシャーレ内に入れ，顕微鏡を用いて様子を観察した。加えて，排泄した糞についても観察した。

ナナツガマホラアナミジンニナ

Bythinella(Moria)kubotai

「1952 年 10 月長崎県西彼杵郡西海村（現・西海市）七ツ釜鍾乳洞群の清水洞で，窪田敏文氏によって採集され，（中略）他の諸型とは短大且つ稍々重厚なこと等に於いて直ちに区別がつく」（模式標本:高さ 1.6㎜，径 1.2㎜，層数 3 3/4）（黒田・波部 1957）。

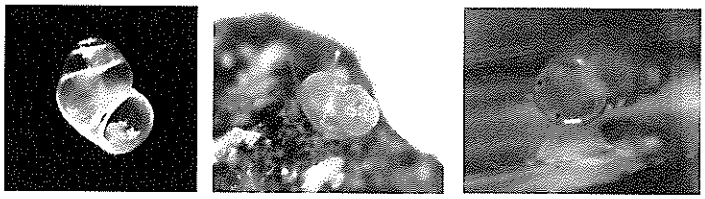


図２～４　ナナツガマホラアナミジンニナ　撮影：江

日本に於ける地下水棲微小貝類はクビキレガイ上科下位のミジンツボ属 *Akiyoshia* と，同様に下位のホラアナミジンニナ亜属 *Bythinella(Moria)*に大別される。前者には 11 種，後者には４種３亜種が含まれ，ナナツガマホラアナミジンニナは後者に属する。図２～４は今回採取した個体である。

３．結果

１．実地調査

前述の９府県 24 地点を対象とし，うち長崎県の七ツ釜鍾乳洞群・清水洞[2]と，その付近の一洞窟にてナナツガマホラアナミジンニナが確認できた。（図５・６）前者では 10 個体程が確認できたが国指定天然記念物の指定範囲であった為採取せず後者の洞窟で２個体を採取した。



図５　比較　撮影：江



図６　生息環境　撮影：江

２．正負の走光性の有無に関して

実験の結果 20 回中 10 回は暗側に，一方 10 回は明側に移動した。明暗いずれかを忌避する様な動きはみられなかった。

３．食性に関して

上高尻の水生植物細片には抑々近づかず，それとは別にシャーレ内に残っていた自身の排泄した糞を歯舌で削り取り，摂食する様子（図７）が観察された。加えて，現地の洞窟で採取した石灰質砂岩の破片も殻への石灰分の供給を目的として配置しており，その表面を削り摂食する様子も観察された。

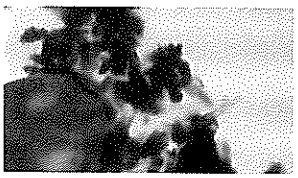


図７　糞を摂食　撮影：山西

４．考察／結論／今後の課題

１．生息域に関して

我々の行った実地調査においては，既知産地以外での発見はできなかった為，有意な結果は得られていない。ホラアナミジンニナ亜属は主に西日本に分布し，東限の産地・静岡県静岡市有東木は，竜爪山地の西側，つまり糸魚川静岡構造線の西側であり，フォッサマグナとその生息域との関連性も在り得ると考える。

ミジンツボ属は樺太・本州・四国・九州北部・対馬の各島で生息が確認されている，つまり日本列島に広く分布しているといえる。尚，ミジンツボ属には，さらに下位の分類として *Akiyoshia* 亜属と *Saganoa* 亜属の２亜属がある。そして前者は真洞窟性かつ石灰岩地に多産，後者は非石灰岩地の地下水中にも分布[3]する。

ミジンツボは完全に地下棲であるが，その利点は何であろうか。例えば「二酸化炭素 CO_2 を含む降水は，地下深くなるにつれて鉱物と成分の授受を行い，pH・全炭酸が増加し，それに伴い炭酸カルシウム $CaCO_3$ の量も増加する」（福尾，1985）ことが知られている。ただし，地下には透水層と不透水層が存在し，その地層境界を地下水が流れることは多々あり，不透水層上部では炭酸カルシウムの含有量がより増加することが予想される。そしてその様な地点に掘られているのが井戸であり，非石灰岩地での発見はその殆どが井戸からである。また，「日本の地下水は世界の地下水と比べてもカルシウムの含有量が甚だ少ないことが知られており，その原因は急峻なわが国の地形と降水量の多さにより，地下水の滞留時間が短いことにあるのではないか」（福尾，1985）ともいわれている。それを考慮すると，非石灰岩地産のミジンツボが確認された地点は主に平野部であるので比較的滞留時間は長いと予想され，炭酸カルシウムの量も多いと思われる。つまり，仮説ではあるが，地下水中に進出したことにより pH が高い環境で通常の淡水産貝類ほどには殻の溶解に苦しむことなく，貝殻形成に必要な炭酸カルシウムがより多く得られるという利点があるのではないかと考えている。もっとも，井戸が掘られていなければ平野部でミジンツボが確認されることは皆無といっていいので，元データに偏りがあることは否めない。井戸が掘り当てたのは偶然か，必然か。それが肝要である。

２.正負の走光性の有無に関して

走光性の実験は前述した様な結果となったことから，ナナツガマホラアナミジンニナに正負いずれの走光性もあるとはいえず，走光性なしという結論に至った。尚，顕微鏡で観察すると眼点が見られた為，恐らく光の明暗を見分ける程度の視力はあると考えられる。よって，ナナツガマホラアナミジンニナの生息環境が地下や湧水に局限されているのは直射日光を忌避している為ではない。

３.食性に関して

食性の実験では，意図せずではあるが自身の糞を摂食する様子がみられたことから，ナナツガマホラアナミジンニナは，糞やその他生物遺骸等を食するデトリタス食性をもつといえる。その排泄した糞（図８）も観察したが，恐らく，糞を摂食し排泄するという行動が幾度も繰り返されている為か，高倍率で観察しても生物遺骸らしき細片等は確認できなかった。

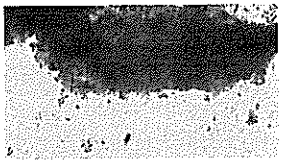


図８　糞　撮影：茨木

ナナツガマホラアナミジンニナを採取した地点の岩の表面には赤色の藻類が確認できた（図６）。目視した様子から，紅藻のタンスイベニマダラではないかと考えている。ナナツガマホラアナミジンニナがこの藻類を摂食している可能性もあるが，現時点で摂食は確認できていない。加えて，「ホラアナミジンニナ *(Bythinella nipponica)* は体表が薄茶色の場合，藻類の膜で覆われている」との報告があり（森 1937），今回採取した１個体に確認された体表の赤い点はこの藻類と関連があるかも知れない。なお，実地調査を行った地点のうち，和歌山県古座川町の松根の名水や，福井県敦賀市の泉の御清水[4]でもこの藻類は確認できた。後者の地点では，過去に地下水棲甲殻類の発見例はあるようである。今後，更に高倍率の顕微鏡での観察・糞の解析等も行いたいと考えている。

４.その他

採取した２個体のうち，１個体は 2025 年 11 月 30 日に，もう１個体は 2026 年１月 28 日に死殻が

確認された。両個体共に殻本体は標本として保存できたが，蓋はあまりに微小で薄く且つ透明である為，回収できていない。個体（成貝）を採取したのは2025年８月であるため，寿命は５か月以上はあると考えられる。尚，地下水棲微小貝類が属する新生腹足目は雌雄異体とされ，ナナツガマホラアナミジンニナも同様と思われる。今回繁殖行動は確認していない。

今回行った調査においてはホラアナミジンニナ亜属 *Bythinella(Moria)*は既知産地での確認のみであり，ミジンツボ属 *Akiyoshia* に至っては全く発見・確認ができなかった。地下水棲という特性上，発見・確認が困難である種が多い為，新種記載以降再確認がない種も数種ある。今回の調査では徒手での採取を試みたが，良好な湧水環境の目星を付けるのは難しい。その他の調査方法となると，真洞窟性の *Akiyoshia* 亜属に於いては本格的な洞窟探検装備が必要であるし，*Sagonoa* 亜属に於いても人家の井戸水を井戸ポンプ等で汲み上げ調査する[5]訳であるから，一介の高校生には流石に出過ぎたことである。地下水棲微小貝類の生息域と生態を明らかにする為には，調査地点数を増やすことにより新種・新亜種を発見し，生息環境を記録するのは勿論，各種の分布限界の確認，長期的な生息数の安定を保障できる範囲での多数の個体の確保とその観察・実験が必要とされるであろう。

６．参考文献

森　主一．1937．淡水産腹足類新種 *Bythinella nipponica* とその産地に就いて．Venus 7(3)

波部忠重．1961．地下水産の２新巻貝．Venus 21(3)

藤野勇馬．2018．敦賀市深山の廃坑においてミジンツボ属 *Akiyoshia* の貝類を発見．
福井市自然史博物館研究報告 65

松田春菜・多田　昭．2023．徳島県那賀町上那賀地区（旧上那賀町）の陸産貝類相．
四国大学学際融合研究所年報 4

黒田徳米・波部忠重．1954．日本産水棲新巻貝．Venus 18(2)

黒田徳米・波部忠重．1957．日本の洞窟並に地下水産巻貝類．Venus 19(3・4)

黒田徳米・波部忠重．1965．微小淡水貝類１新種１新亜種．Venus 23(4)

藤野勇馬．2021．福井市足羽山七ツ尾口坑道においてミジンツボ属 *Akiyoshia* の貝類を発見．
福井市自然史博物館研究報告 67

波部忠重．1961．ホラアナミジンニナ属の新種ヒコサンミジンニナ．Venus 21(2)

岡藤五郎．1957．山口県秋吉台石灰岩洞窟及びその附近産の貝類について．Venus 19(3・4)

吉良哲明他．『夢蛤』（電子版）

福尾券一．1985．自然界におけるカルシウム．Gypsum & Lime 196

М．Н．ЗАТРАВКИН，В．В．БОГАТОВ．1988．АМНИКОЛАПОДОБНЫЕ GASTROPODA ИЗ ПРЕСНЫХ ВОСТОКА СССР．Зоологический журнал 67(1)

Andrzej Falniowski/Aleksandra Jaszczyńska/Sebastian Hofman. 2023. A NEW SPECIES OF BYTHINELLA(TRUNCATELLOIDEA:BYTHINELLIDAE) FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA. JOURNAL OF CONCHOLOGY 44(6)

---

[1] ホラアナミジンニナの一種が「島根県吉賀町上高尻県道42号線沿道斜面小渓流，水に浸る落葉裏・レキ岩裏」等で確認されている（増野他，2025）。筆者による同地点の調査では，ホラアナミジンニナは全く確認できず，カワニナが生息しており，その稚貝が多数確認された。

[2] 洞内の生息を確認した水流の水温を計測したところ，約12℃であった。

[3] 例えば *Saganoa* の由来であるサガノミジンツボは嵯峨の天龍寺近くの井戸から発見されている。

[4] 読みは「しみずのおしょうず」。筆者による調査では，コモチカワツボ（ニュージーランド原産の外来種，新生腹足目に属する）が多数確認された。恐らく福井県における生息初確認である。

[5] 金沢市で上野俊一氏が発見したホソミジンツボ *Akiyoshia(Sagonoa)cylindrica* は，同氏による12000回に及ぶ手押しと5000回以上の水汲みの末に出現したという（黒田・波部，1957）。

バナナの皮の与え方

How to give banana peel

Abstract

We revealed the relation of how to give banana peel with plant growing. We measured the size and the number of leaves, the length of stem and root and we did a control experiment by using red radish. Red radish which were given banana-liquid fertilizer and only water were the most growing. Therefore we think banana-liquid fertilizer is the most effective one.

１．はじめに

近年動植物由来の産業資源に注目が集まっている。そこで、私達は身近な物を産業資源にしようと考えた。１本分で約 80g、総重量の約６割が廃棄されているバナナの皮を使用することにした。この研究では、バナナの皮を用いて肥料を作る方法を考え、適当な実験を行って、どの方法が最も効果的なのかを明らかにすることを目的とした。半定量により、バナナの皮には１ｇあたり約３㎎のカリウムが含まれていることがわかった。カリウムはリン、窒素と合わせて植物の三大栄養素とされていて、特にカリウムは植物の根の成長を促進する。ゆえに、根を育てるための肥料として活用できるのではないかと考えた。この考えが正しければ、バナナの皮を化学肥料の代替として利用でき、廃棄物も削減されると考えた。

２．研究方法

バナナの皮に肥料としての効果があることを検証するために、根菜を栽培し、対照実験を行った。この時、バナナの皮の与え方として、コントロールに加え、ペースト状にして加えた場合、使用するバナナの皮の質量を２倍にしてペースト状にして加えた場合、液肥にして加えた場合、使用するバナナの皮の質量を２倍にして液肥にして加えた場合を同時に栽培して実験を行った。使用した植物はハツカダイコンである。仮説に則って、この実験では葉の数、葉の大きさ、根の長さ、茎の長さを比較した。また、栽培するハツカダイコンの数は、それぞれ２個ずつの計 10 個である。ペースト状は 11.28g のバナナの皮をすり鉢ですり潰して作成し、土に埋めて使用した。２倍の場合は 22.56g で同様に作成、使用した。液肥は 11.28g のバナナの皮をミキサーで細切りにして、600ml の純水に漬けて作成し、毎週 150ml 与えて使用した。２倍の場合は 22.56g で同様に作成、使用した。温度は摂氏 20 度

に保ち、液肥として与える場合以外は毎週 150ml の純水を与え、土はバーミキュライトを使用して、４週間栽培した。



図１－ A バナナペースト

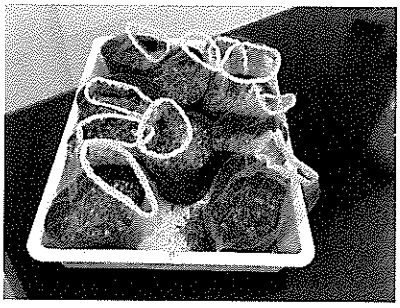


図１－ B 実験に使用した鉢

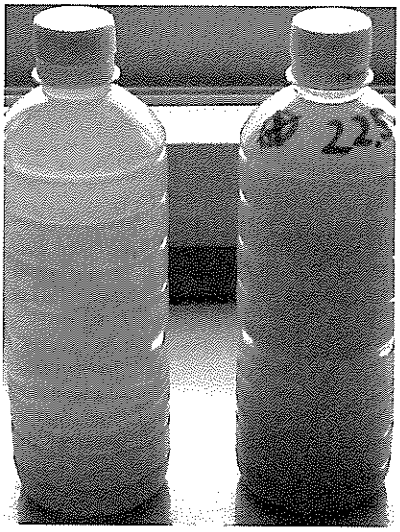




図２－ A バナナ液肥（左）と２倍のバナナ液肥（右）　図２－ B バナナ液肥を与えた直後の鉢

３．研究結果

（１）実験過程

①１週間後

２倍の液肥を加えたものが１つだけ、図３のように発芽していた。

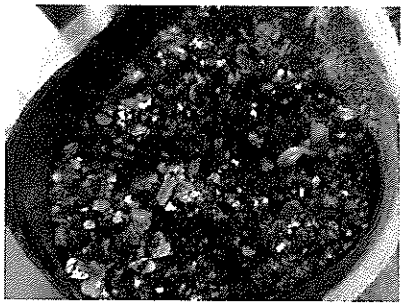


図３

②２週間後

ペーストを加えたものが１つ図４のように、２倍のペーストを加えたものが１つ図５のように、コントロールが１つ図７のように発芽していた。２倍の液肥を加えたものは図６のように全体的に大きくなっていたが、あまり大きな変化は見られなかった。



図４

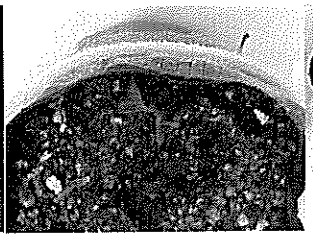


図５

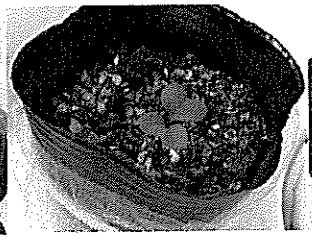


図６



図７

（２）結果

結果は以下の表のようになった。

	葉の枚数の平均値(枚)	葉の大きさの平均値(cm)	葉の大きさの最大値(cm)	根の長さの平均値(cm)	根の長さの最大値(cm)	茎の長さの平均値(cm)	茎の長さの最大値(cm)
液肥	3	0.75	0.8	6.7	9.2	1.2	2.4
２倍液肥	2	0.4	0.8	8.1	16.2	1.75	3.5
ペースト	2	0.6	1.2	9.5	19	0.85	1.7
２倍ペースト	2	0.55	1.1	8.8	17.6	1.2	2.4
コントロール	2.5	0.7	1	14.3	26.1	2.05	4.1

図８

４．考察

（１）結果の表の液肥を加えた場合とコントロールを比較すると、葉に関するものの値は、平均的にみると液肥を加えた場合の方が成長していると言える。一方で、根と茎に関するものの値は、平均値、最大値ともにコントロールの方が成長していると言える。よって、この結果だけを見ると、バナナの皮には植物の根の成長を促進する効果は無いと言える。

（２）また、結果の表の他の与え方の場合をみると、コントロールを除くと、根に関するものの値はペーストを加えた場合が、茎に関するものの値は２倍の液肥を加えた場合がより成長していると言える。よって、この結果だけをみると、液肥にして加えた場合よりもペースト状にして加えた場合の方が、植物の根の成長を促進していると言える。

（３）この実験は失敗だった可能性が高い。計 10 個のハツカダイコンは全て、根が膨らんでいない状態だった。しかも、一部の株は発育不良だったり、発芽さえしていないものもあった。これは、栽培に使用した鉢が小さかったこと、栽培期間が短期間の４週間だったことが問題だったと考えた。

（４）データの数が２つしかなく、ばらつきが大きかった。これによって得られた平均値を比較して、成長に差があったとは言い難いという問題がある。

５．今後の課題

考察の（３）に関して、ハツカダイコンの栽培に適した鉢を用意し、栽培期間を８週間に延ばして、同様に実験を行う。考察の（４）に関して、条件を見直して繰り返し実験を行い、より多くのデータを集めて、より精度の高い代表値で比較を行う。また、市販の化学肥料を加える場合を条件に追加し、比較を行う。これによって、根に関してコントロールが最も成長したという予想外の結果は解決されると考える。

６．参考文献

grape 編集部．“バナナの皮 捨てずに活用できる？ 意外な方法に「目から鱗」「考えたことなかった」”．grape．2025．https://grapee.jp/1414102，（参照 2025-12-10）．

吉田梨紗．“バナナの皮を再利用するには？掃除や料理に活用する方法を解説”．オリーブオイルをひとまわし．2023．https://www.olive-hitomawashi.com/lifestyle/2023/02/post-5041.html，（参照 2025-12-10）．

Yakuta．“バナナの皮は「ごみ」ではない？捨てる前に考えたい、５つの使い道”．IDEAS FOR GOOD．2020．https://ideasforgood.jp/2020/08/17/banana-peel/，（参照 2025-12-10）

容器栽培における植物の生長を促進する土壌の密度とは

Finding the Best Soil Density for Growing Plants in Containers

Abstract
Recently, home vegetable gardening has become more popular due to rising prices and growing health awareness. Previous research shows that plant growth is strongly linked to root development, which changes depending on soil conditions. Based on this, we aimed to clarify how soil density affects root growth to improve crop yields in home gardens. Using eggplants and three soil-density levels, our experiment found that roots grew best and yields were highest in uncompressed soil. Therefore, we conclude that natural soil density is most effective for increasing crop yield.

1．はじめに

近年、日本における物価高騰などの影響で、家庭菜園が注目されている。特別な肥料や道具を使用せずに、家庭菜園でも実践できるような収穫量を増加する(植物の生長を促進する)方法として、土壌と根の関係に着目をした。益守(2001)では、土壌硬度が高いと根の伸長を抑制すると結論付けており、根が植物の栄養吸収器官であることからも、土壌の硬さが植物の生長に関係するといえる。本班では、土壌の硬さを土壌の密度を変えることで調節し、植物が育つ上で最適な土壌の密度を見つけ出すことを研究目的としている。家庭菜園では土の密度を調節することは少ないが、本研究により、プランター内の土の密度をコントロールし、野菜やの収穫量を増やす方法を明らかにしようと考えている。昨年度までの研究では、硬さの異なる寒天培地で植物を育ててその根形の違いを調べる実験や、密度を変えた土壌を用いてミニトマトを栽培し生長具合を比較する実験・土屋ら(2025)を行った。ブロッコリースプラウトを用いた実験では、硬い寒天培地で育ったブロッコリースプラウトほど主根が長く側根が短くなり、草丈は大きくなった。また、ミニトマトを用いた実験でも密度の高い土壌で育ったもののほうが根長も背丈も高くなった。本年度は、昨年度の実験の課題を踏まえ、土壌の密度が根形および植物全体の生長に影響を与えるかどうかを昨年度と異なる方法で実験し、考察する。

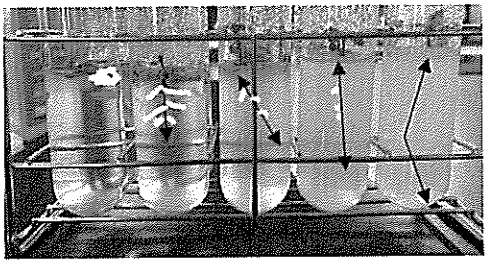


図１　寒天培地で育てたブロッコリースプラウト

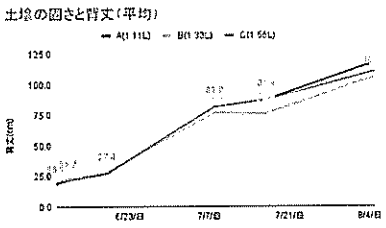


図２　ミニトマトを用いた実験の結果
土屋ら(2025)

2．研究方法

実験１　ナスを用いた実験(2025年6月25日～8月31日)　の実験方法

同量の土を、設定した密度になるように容器つめることで密度の異なる３つの土壌を用意し、ナスを栽培した。栽培したナスの草丈、収穫した実の数や質量、栽培終了後には根の長さと質量を測定した。以下はその詳細である。

①背丈が２０cm程度のナスの苗とそれを栽培する土の密度として、グループA(0.65g/cm³)、グループB(0.78g/cm³)、グループC(0.91g/cm³)の３種類を用意した(表1)。これらは昨年度に実施したミニトマトを用いた実験での土密度と同じになるように設定している。一つのプランターを仕切りで３つの等容積に分け、１２個体分の栽培スペースを確保し、各グループごとに4個体、計12個体栽培をした。使用した土は、赤玉土とバーミキュライトと腐葉土を５：３：２の割合で混ぜたものである。

土壌の密度 (1cm³あたりに入っている土の圧力をかけていないときの重さ)				
A：0.65g/cm³		B：0.78g/cm³		C：0.91g/cm³
低	←	中	→	高

表１　本実験で設定した土壌の密度

②すべてのプランターを日当たりの良い場所におき、栽培期間中はどのプランターにも登校可能日に同様量の水を毎日与えた。



写真２　栽培中の様子①



写真３　栽培中の様子②

③植物の生長度合いを評価するために草丈を測定した。草丈は土の表面から最も高い位置にある葉の付け根までを測定した。また、実ができ始めた日から２週間とさらに２週間後の実験終了時の２回に分け果実を収穫、重量を測定した。

④栽培開始から約２か月を目安に栽培をやめ、プランターからミニトマトの根を取り出す作業を行った。土ごと根を取り出し、細かい根が切れないように丁寧に土を取り除いた。水をためた容器でさらに細かい部分の土を取り除いた。これを３日乾燥させて根を回収した。その後、根の質量を電子ばかりで測定し、根長の測定も行った。

実験２　ルッコラを用いた実験(2025年11月7日～2025年1月28日)　の実験方法

同量の土にオートクレーブで１２０℃６０分間滅菌処理を施した土を加え、同容積の容器に詰めることで密度の異なる３つの土壌を用意し、ルッコラを栽培した。栽培後は根の長さと質量、地上部の乾燥質量を測定し評価した。以下はその詳細である。

①実験１と同様の３種類の密度の土を上述の方法で用意し、各グループごとに１０個体、計３０個体を栽培した。

②全ての容器を日当たりの良い場所に置き、栽培中には登校可能日に一様に水を与えた。

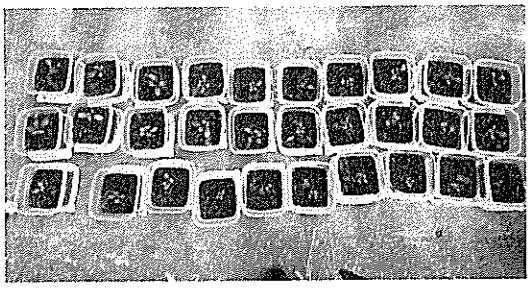


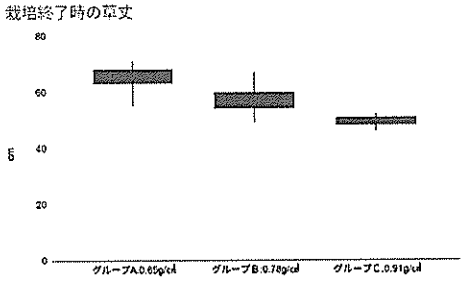
写真４　栽培中の様子

③栽培開始から約２か月を目安に栽培をやめ、容器からルッコラの根を取り出す作業を行った。土ごと根を取り出し、細かい根が切れないように丁寧に土を取り除いた。水をためた容器でさらに細かい部分の土を取り除いた。これを３日乾燥させて根を回収、測定し、コンター図の作成を行う予定であった。

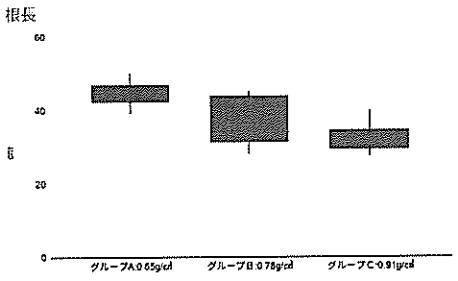
３．実験結果

①実験１　ナスを用いた実験　の結果

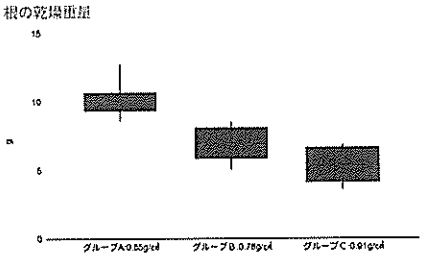
それぞれのデータをグループとして評価するために、栽培終了時の草丈(グラフ４)・根長(グラフ５)・根の質量(グラフ６)・果実の質量(グラフ７)の計４項目において箱ひげ図を作成した。草丈・根長・根の質量の３項目では最も土の密度が低いグループＡがより植物の生長を促進したといえる結果となった。果実の質量においては、最も土の密度が高いグループＣが最も大きくなった。グループＣのほうが実が早くできる傾向があり、グループＣは十分に質量が増加した状態での測定となったためと考える。実ができるのが比較的遅かったグループＡは、最終収穫時に小さな状態のものが多かった。



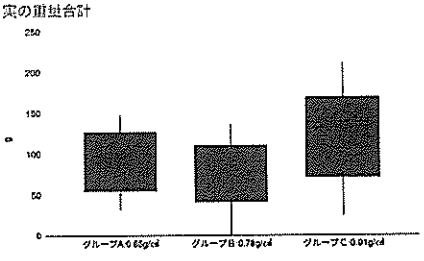
グラフ４　栽培終了時の草丈



グラフ５　根長



グラフ６　根の乾燥重量



グラフ７実の重量合計

②実験２　ルッコラを用いた実験　の結果

乾燥処理を行っていた際、保管場所の都合により試料が移動され、個体識別が不可能となった。その結果、各測定値を対応する個体と結びつけることができず、実験を継続することが困難となった。また、コンター図の作成においても、ルッコラの根が細く観察が困難であったため、作成ができなかった。

４．考察

実験１では、密度の低い土壌で栽培したもののほうが生長を促進したといえる結果となった。益守（2001）では「間隙の少ない堅密な土壌では、根の先端が進入できる大きさの間隙の密度が 少ないため根の伸長が阻まれる。」と述べられており、根長や根の質量の結果より、実験１においても同様の現象が起こっていたのではないかと考える。また、密度の高い土壌で結実が早まる傾向があったが、一般に植物がストレスを受けた際、子孫を残すことを優先するために開花や結実が早まることが知られる「ストレス誘導型開花」なのではないかと考える。

これらより、圧力をかけない密度の低い土壌が栽培に適していると結論づける。

５．今後の課題と展望

研究１においては、同量の土を異なる容積に入れることで、土の密度を変化させた。この方法では、根の伸びることのできるスペースがグループごとに変化し、根の成長に影響を及ぼす可能性も考えられる。この影響を調査しようと行った実験２では、根の広がりを可視化しようとコンター図の作成を試みたが根が細く、観察が困難であったため作成ができなかった。また、土屋ら(2025)では密度の高い土壌でより生長が促進されると結論付けられる結果が、今年度の研究では密度の低い土壌で生長が促進されるという相反する結果が複数の実験から得られている。これらの信ぴょう性を評価するにあたって、土壌に含まれる栄養分について調べる必要があると考える。それぞれの土壌にどれだけ栄養分が含まれているか、またそれがどれだけ吸収されたかを明らかにするために、ＣＯＤの測定キットを用いて栽培前と栽培後の土全体の可給態窒素の含有量を測定することでこの解決につながると考える。

６．参考文献・URL

木本佳乃子, 尾池隆之介, 土屋改太. 植物の生育における最適な土壌の固さの追求. 2024

土屋改太, 大木希実, 江優介. 家庭菜園において植物の生長を促進する土壌の密度は何なのか～土壌と根形の関係に注目する～. 2025

益守眞也．硬い土壌と根の成長．樹木医学研究．2001．5（2）．ｐ．101-102.

三好洋．根群発達の良好な土壌条件からみた畑地の有効土層の検討．1972．上肥誌43．ｐ．92-97.

渡邊修一「根の簡易調査法の提案と露地ナス圃場における調査事例」本土壌肥料学雑誌(2014).85(6).p519-524

(独)農研機構中央農業総合研究センター　資源循環・溶脱低減研究チーム「畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価法」

根粒菌は植物の成長に影響を与えるのか

Do the rhizobia affect plant growth?

Abstract

I researched the relationship between Rhizobia and plants. In these days, it is said that Pesticides affect Soil Environment so I want to protect the soil environment by using natural methods

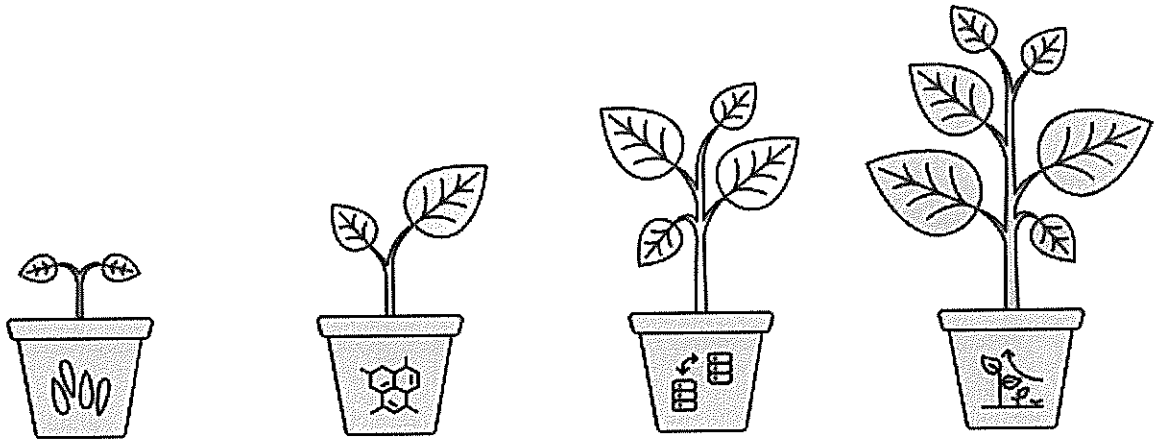
Last year, I researched the same topic. However, because of the filamentous fungi, I could not obtain accurate results. This year, I have been finding that rhizobia effect on the growth of the stem diameter I want to find out the way to prevent filamentous fungi and reach my research goal.

1.はじめに

植物は無機肥料を用いることで育ちやすくなるが、土壌中の窒素が過剰になることで微生物のバランスが崩れて昆虫が減少してしまう。その結果、植物の成長が阻害されてしまうため、近年問題視されている。そこで環境への負荷が少ない根粒菌の機能を活用し、環境悪化を防ぎながらマメ科植物の成長を促進することを目的として研究を進めることにした。ただし、成長度合いは根粒菌の有無によるシロツメクサの根の長さと茎の太さを測定し、比較することで判断するものとする。

根粒菌とは、マメ科の植物の根に共生し、根粒を形成している菌である。根粒菌の中にはニトロゲナーゼという酵素があり、その物質によって空気中の窒素分子を植物が取り込むことのできるアンモニアに変換している。マメ科の植物はこの働きによって成長促進がされている。

根粒菌による窒素固定



根粒の形成　窒素固定　栄養素の交換　植物の成長

2.方法

実験準備：①酵母マンニトール寒天培地作成する。

②本校中グラウンドより採取してきた根粒菌と購入してきたシロツメクサの種子を 70%のエタノールで表面を消毒する。

③滅菌蒸留水で５回洗浄し、10 ml の滅菌水に懸濁しものを根粒菌懸濁液とする。

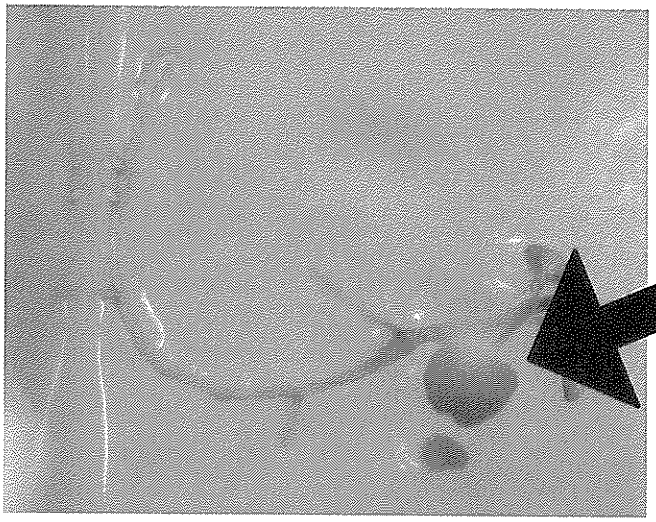
実験：1)根粒菌懸濁液を１週間シャーレで 28℃の環境下で単独隔離生育する。

2)シャーレで培養した根粒菌を水で懸濁し 0.5 ml ずつ１週間別のプラントボックスで培養したシロツメクサに塗布する。

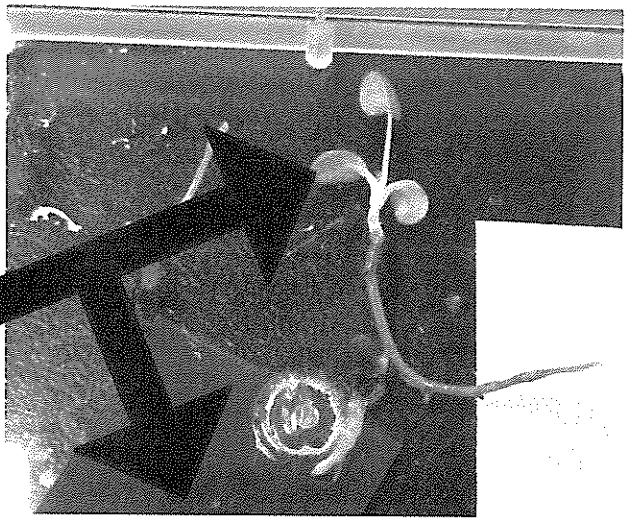
3)二週間人工気象機 20℃8 時間日照で観察する。

測定項目：茎の太さ（茎と根の境界部を測定）と根の長さをノギスで計測する。

3．結果



図①　根粒菌有



図②　根粒菌無

根粒菌を塗布したものの方が葉の色付きが良くなった。

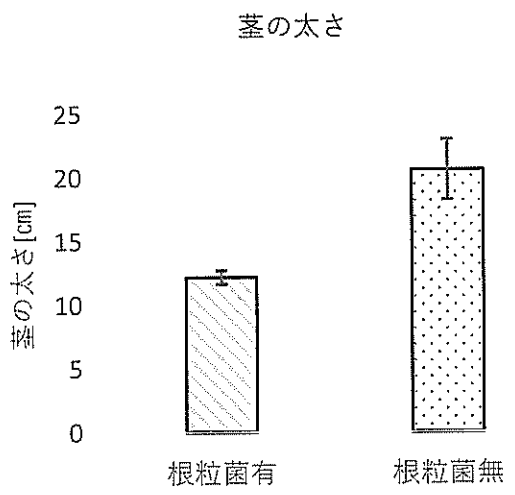
根粒菌を添加した場合、茎の太さは大きくなった。

根の長さについては根粒菌を添付すると添付しないものよりも小さく育った。

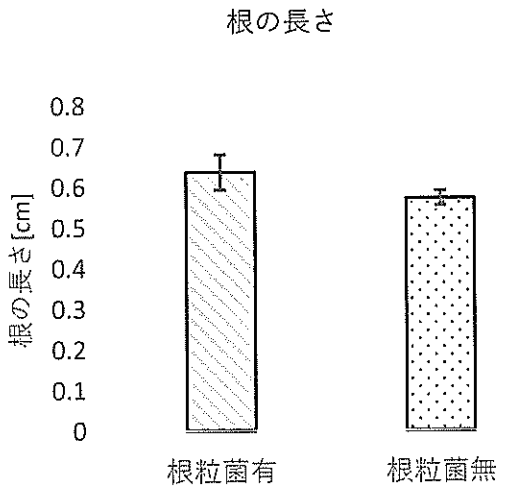
しかし、カビが発生したため、正確な結果とは言えない。根粒菌を塗布したものの方が葉の色付きが良かった（図①②）。根粒菌を塗布した場合では、茎の太さは平均で 0.06 cm太くなり、またばらつきが大きくなった。(図③)。

根の長さについては根粒菌を塗布したものよりも平均で 8.4 cm小さく育ち。またばらつきは小さくなった。(図④)。

ただしカビが発生してしまったため正確な結果とはいえない。



図③



図④

4．考察／結論

t 検定を行ったところ、二つの成長差に有意差はないことが分かった。種子のみを用いて栽培した条件ではカビの発生は認められなかった一方、種子と根粒菌を併用した条件ではカビが発生した。この結果から、根粒菌の塗布過程においてカビが混入した可能性が示唆される。ただし、茎の太さに関しては、根粒菌による窒素固定が植物の成長を促進したと考えられる傾向が確認された。今後は、カビの混入を防止するための無菌操作の徹底が求められ、より信頼性の高いデータの取得が課題となる。

根粒菌を処理した個体では茎が太くなる一方で根が短くなる現象が観察された。当初、この結果は窒素固定が十分に機能していないことに起因すると考えられた。しかし、窒素固定が適切に行われている場合には葉の色調が良好になることが知られており、本実験においても葉色の改善が認められたことから、窒素固定は成功していたと判断できる。根の伸長が抑制された要因としては、根粒菌の活動に伴う炭素資源や植物ホルモンの分配が地上部へ偏り、結果として根の成長が相対的に抑制された可能性が考えられる。さらに、根粒菌処理個体において茎が太くなった理由として、窒素固定により植物体が十分な窒素を獲得できたため、根を伸ばして養分を探索する必要性が低下したことも一因と推察される。

以上の結果から、本実験において根粒菌による窒素固定が機能していたことが示唆される。

5．今後の課題

サンプル数が十分とは言えないのでサンプル数を増やし、根粒菌の消毒方法を改良し、カビの抑制と混入防止方法の確立をしていきたい。
植物の成長を抑制していると考えられる植物ホルモンの種類も特定し、メカニズムを解明していきたいと思う。
また、根粒菌のついている植物が生息している土壌を攪拌して肥料として使えるようにしていきたい。
判断項目として色を比べる際に、色を主観で見て判断するのではなく、測定器具を使って比較して正確な結果を得る。

6．参考文献

- 奈良先端科学技術大学院大学（2013）．植物の根の成長を調節する新たな仕組みを解明．研究成果報告
- 佐伯和彦（2017）．宿主からの防御・制裁への対抗に関連する根粒菌側因子が共生の進化に及ぼす効果．科学研究費補助金報告書．奈良女子大学
- 手呂内伸之・竹内知子（2018）．根粒菌の宿主特異性を調べる探求活動の手法．大妻女子大学家政系研究紀要，54，23-30
- 川原田泰之（2020）．宿主特異性がもたらす根粒共生の多様性．化学と生物，58(8)，461-468
- 山内卓樹（2024）．植物の成長と環境適応を支える根の解剖学的形質の理解に向けて．日本作物学会紀事，93(1)，45-56
- Yamada, M., Ueda, M., & Kakimoto, T. (2025). Cytokinin-triggered stem cell activation initiates organ hypertrophy in plants. Nature Plants, 11(2), 145-153.

コーヒー粕を利用した容易で効果的な肥料化

How to Use Coffee Grounds Easily and Effectively as a Fertilizer

Abstract

Chemical fertilizers can harm the environment by adding excess nutrients to rivers. To find an eco-friendly alternative, we tested used coffee grounds as fertilizer using two methods: (1) mixing them with water, and (2) mixing them into soil. Tomatoes (summer) and spinach (winter) were grown, and total nitrogen, pH, and microorganisms were measured. Method (2) created the best soil conditions for both plants. These results suggest that coffee grounds are more effective for long-term use when mixed into the soil.

1．目的／研究動機

近年、農業分野において化学肥料は作物の生育を安定的に促進できることから広く利用されている。しかしその一方で、植物が吸収しきれなかった窒素やリンなどの養分が雨水などによって河川へ流出し、水質の富栄養化を引き起こすなど、環境への負荷が問題視されている。このような化学肥料の過剰使用による環境破壊は、生態系のバランスを崩す要因の一つであり、持続可能な農業を実現する上で解決すべき課題である。こうした背景から、近年では環境への影響が比較的小さい有機肥料への関心が高まっている。しかし、市販されている有機肥料は入手や処理に手間がかかる場合も多く、一般家庭で気軽に活用することは難しいのが現状である。そこで本研究では、日常生活の中で大量に廃棄されているコーヒー粕に着目した。コーヒー粕は家庭や飲食店で頻繁に排出される未利用資源であり、適切に処理することで肥料として再利用できる可能性がある。本研究では、コーヒー粕の処理方法の違いが植物の成長にどのような影響を与えるのかを検証し、植物の生育を効果的に促進する処理法を明らかにすることを目的とする。さらに、得られた結果をもとに、特別な設備を必要とせず、誰でも容易に実践できるコーヒー粕の処理方法を提案することを目指す。加えて、研究成果をSNS等を通じて発信することで、身近な廃棄物の再利用を促し、環境負荷の低減と持続可能な社会の実現に貢献することを本研究の最終的な目的とする。

2．仮説

コーヒー粕は有機物として窒素成分を含んでいる一方で、構造が複雑で分解されにくく、そのまま土壌に施用した場合には植物が養分として利用しにくいことが知られている。そのため、コーヒー粕を肥料として利用するには、分解を促進するための適切な処理が必要であると考えられる。特に、処理方法の違いは、土壌中における窒素の分解・溶出のしやすさや、土壌pHの変化に影響を与え、それらが結果として植物の生育に影響を及ぼす可能性が高い。また、植物は主に水を介して土壌中の養分を吸収するため、養分が水中に溶け込んだ状態の方が、根から取り込みやすいと考えられる。このことから、コーヒー粕を直接土壌に混和する処理よりも、コーヒー粕を水に混和した処理の方が、植物が窒素などの養分を効率的に吸収できる可能性があると推測される。以上の点を踏まえ、本研究では、処理方法の違いによって植物の成長に差が生じると仮定し、コーヒー粕を混和した水を与える処理A、次いで別の処理B、処理Cの順に植物の成長が促進されると予想した。すなわち、植物の生育はA＞B＞Cの順で大きくなると仮説を立てた。さらに、施用するコーヒー粕の量が多いほど、土壌中に供給される窒素量も増加し、その結果として植物の生育がより促進されると考え、コーヒー粕量の増加に伴い植物の成長も大きくなると仮定した。

2．実験方法

2-1 栽培方法

本研究では、家庭や飲食店から日常的に廃棄されているコーヒー粕を有効活用し環境負荷の低減と資源循環を実現することを目的として、スターバックスより提供を受けたコーヒー粕を実験材料として用いた。コーヒー粕は含水率が高く、そのまま土壌に施用するとカビの発生や腐敗を引き起こす可能性があるため、本研究では「容易に処理できる方法」というテーマに基づき、特別な設備を必要としないホットプレートを用いて十分に乾燥させた。この処理により、一般家庭においても再現可能な方法であることを重視した。その後、乾燥処理したコーヒー粕を用いて、下図に示す各処理区を設定し、コーヒー粕の処理方法の違いが植物の生育および土壌環境に与える影響を検証した。

栽培植物は、季節による気温や日照条件の違いが植物の生育に及ぼす影響を考慮し、夏季（6月から9月）にはトマト、冬季（10月から12月）にはホウレンソウを用いた。これにより、異なる生育特性をもつ植物に対しても、コーヒー粕処理の効果を比較検討できるようにした。各植物は同一規格のプランターを用いて栽培し、土壌量や設置場所による差が生じないよう配慮した。水やり条件については、処理区間で差が生じないよう統一し、すべてのプランターに対して1日1回、蒸留水500 mLを与えた。蒸留水を用いた理由は、水道水中の成分が土壌pHや養分量に影響を及ぼす可能性を排除するためである。ただし、Aの処理を施したプランターにおいては、蒸留水の代わりに同量のAの混和液を与え、コーヒー粕処理液の施用効果を検討した。なお、栽培期間中は日照条件や設置環境を可能な限り揃え、外的要因による影響を最小限に抑えるよう努めた。

混和区	コーヒー粕の処理法	(1)	(2)
A	A　水と混和 コーヒー粕/水1L	0.66g/L	1.11g/L
B	B　土壌と混和 土壌：コーヒー粕	4:1	3:1
C	C　無処理	-	-

2-2 計測項目/計測方法

計測は土壌および植物に分けて実施した。土壌については、pH、総窒素量、菌体数の3項目を計測項目とし、植物については成長の指標として背丈を測定した。これらの項目を設定した理由は、コーヒー粕の施用が土壌の化学的性質および微生物環境に与える影響を総合的に評価するためである。

土壌のpHおよび総窒素量の測定には、HORIBA社製の測定器（コンパクトpHメータ LUQUAtwin、LUQUAtwin NO_3B-741）を使用した。測定は、土壌50 mLと蒸留水100 mLを十分に混和し、10分間静置した後、上澄み液をろ過して試料とした。各処理区について栽培前後で5回ずつ測定を行い、その平均値を代表値として採用することで、測定誤差の低減を図った。

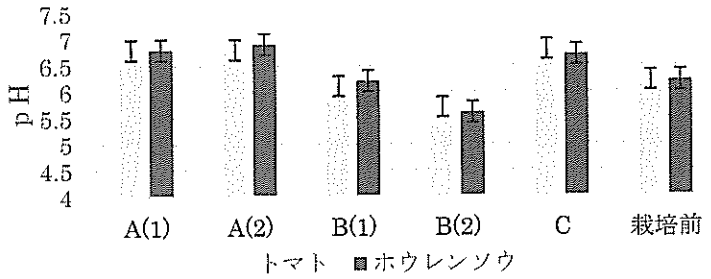
菌体数の計測には、寒天培地を用いた培養法を採用した。寒天培地は、寒天15g、ハイポリペプトン10g、酵母エキス2g、$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1g、蒸留水1Lの割合で調製した。寒天培地および使用器具（薬さじ、ビーカー、コンラージ棒、マイクロチップ、マイクロチューブ、こまごめピペット、蒸留水）は、オートクレーブを用いて滅菌処理を行った後、クリーンベンチ内で操作を行った。土壌試料は10^{-3}まで段階希釈を行い、植菌後、電気孵卵器内で3日間培養した。培養後に形成されたコロニー数を目視で計測し、希釈倍率を考慮して菌体数を算出した。

植物の背丈については、定規を用いて地表面から茎の先端までの長さを測定した。

3．結果

結果は以下のグラフの通りである。総窒素量は両植物においてどの処理法でも0.3%であったため、グラフは掲載していない。

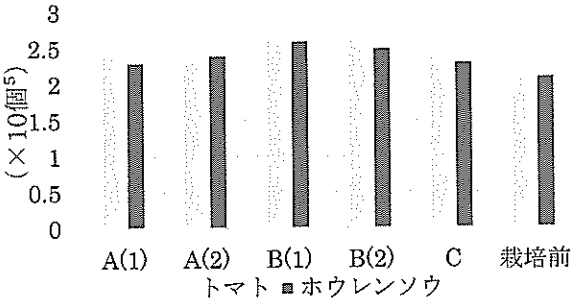
処理法とpHの関係



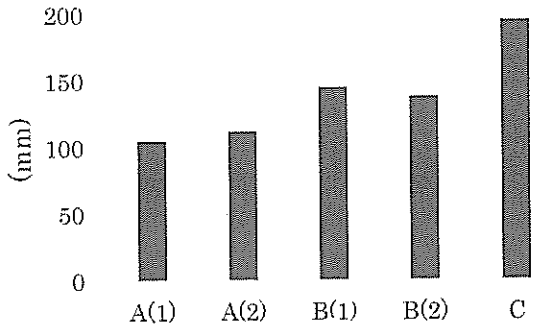
トマトとホウレンソウの間では大きな差は見られなかったが、処理法によっての差は見られた。先行研究より、トマトとホウレンソウは土壌のpHが5.5から6.0の間で最も生育が促進されるとわかっている。そのため、理論的には処理Bの土壌が生育に最も適した条件であったと考えられる。

pHと同様にトマトとホウレンソウによる菌体数の大きな差は見られなかったが、処理法による差は見られた。どの処理法でも栽培前から増加したが特にBの処理法を施した土壌が最も多かった。しかし、コロニーを数えるだけでは菌の種類を特定することはできず、成長を促進する菌なのか阻害する菌なのかを判断できなかった。よって、菌体数は物の成長を測る指標として適切でなかったといえる。

処理法と菌体数の関係



処理法とホウレンソウの背丈の関係



植物の生育結果を左に示したグラフにまとめた。トマトについては、栽培期間中に高温条件が続いた影響により、すべての個体が途中で枯死したため、にホウレンソウを対象として検討を行った。ホウレンソウの生育結果については、土壌の測定結果からは処理Bが最も植物の生育に適していると予想されたが、実際の生育状況を比較すると、処理Aおよび処理Bではいずれも植物の生育が顕著に促進される傾向は見られなかった。一方で、処理Cにおいては、他の処理区と比較して植物の背丈が大きく、生育状態が最も良好であることが確認された。

4．考察／結論

本研究の結果より、植物の生育には、測定項目として設定した土壌pH、総窒素量、菌体数以外の要因が影響し、生育を阻害した可能性があると考えられる。特に、コーヒー粕に含まれる難分解性有機物の分解過程において、一時的に土壌中の養分バランスが崩れたことや、微生物による窒素の固定が生じたことなどが、生育に影響を与えた可能性が考えられる。また、先行研究では、コーヒー粕を肥料として利用する場合、短期間で効果を得ることは難しく、微生物による分解が進行する長期的な栽培において効果が現れやすいことが報告されている。本研究の結果もこれと一致しており、短期的な栽培条件では、コーヒー粕中の養分が十分に植物に供給されなかった可能性が示唆された。これらのことから、コーヒー粕を肥料として利用する際には、長期栽培を前提とした使用方法が適していると考えられる。さらに、先行研究結果および本研究の実験結果を踏まえると、コーヒー粕を土壌に混

和する処理の中では、土壌とコーヒー粕を4:1の割合で混和した処理が、土壌環境への負荷を抑えつつ、長期的に安定した生育を得る上で最も適していると考察される。この割合では、コーヒー粕の過剰施用による生育阻害を避けつつ、時間の経過とともに養分が供給される点が利点であると考えられる。以上の結果より、本研究で立てた「処理Aが最も生育を促進する」という仮説は支持されず、仮説は正しくなかったと結論づけられる。しかし、この結果はコーヒー粕を肥料として利用する際の課題を明らかにするとともに、適切な処理方法や栽培期間の重要性を示すものであり、今後の研究における重要な指針となると考えられる。

5．今後の課題

本研究では、コーヒー粕の処理方法と植物の生育との関係について検討を行ったが、いくつかの課題が残された。まず、本研究では測定項目を土壌pH、総窒素量、菌体数、および植物の背丈に限定していたため、植物の生育に影響を及ぼす他の要因については十分に検討できなかった。例えば、リンやカリウムなどの他の必須養分や、土壌中の有機物量、水分保持力、通気性といった物理的性質についても、生育に影響を与えた可能性が考えられる。今後は、これらの要因も含めて総合的に評価する必要がある。また、コーヒー粕は分解に時間を要する有機物であることから、短期間の栽培では十分な肥料効果が得られにくいという課題が明らかとなった。本研究では比較的限られた栽培期間での検証であったため、今後はより長期的な栽培実験を行い、時間経過に伴う土壌環境の変化や植物の生育への影響を継続的に観察することが重要であると考えられる。特に、コーヒー粕の分解過程における微生物の変化や養分供給の推移を追跡することで、より適切な施用時期や方法を明らかにできる可能性がある。さらに、本研究ではトマトおよびホウレンソウの2種の植物を対象としたが、作物の種類によって養分要求量や生育特性が異なるため、他の植物においても同様の検証を行う必要がある。葉物野菜や果菜類、観葉植物など、異なる用途の植物を用いることで、コーヒー粕肥料の適用範囲を拡大できると考えられる。今後の展望としては、本研究で得られた知見をもとに、一般家庭でも容易に実践できるコーヒー粕の処理方法や施用方法を整理し、SNS等を通じて発信していくことが挙げられる。これにより、身近な廃棄物であるコーヒー粕の再利用を促進し、化学肥料の使用量削減や環境負荷の低減に貢献できる可能性がある。本研究はその基礎的な検討として位置づけられ、今後の発展的研究や実践につながることが期待される。

6．参考文献

1)神奈川県農業総合研究所 第138号 p.31-40 コーヒー粕の生物生育阻害因子に関する研究 竹本税著

2)窒素の環境問題 化学肥料がもたらす恩恵と脅威 館野隆之介 著 2022 京都大学フィールド科学教育研究センター

3)コーヒー粕の施用が作物生育と土壌理化学性に及ぼす影響 若澤秀幸 著 1998

4)製品評価技術基盤機構 培地について 細菌の培地 802培地 最終閲覧日:2026/01/28

ダイコンのイソチオシアネートの生成量の違いとその理由

Differences in Isothiocyanate Production in Radish and Their Causes

Abstract

Radishes contain isothiocyanates, which are pungent compounds. These are formed through the hydrolysis of glucosinolates, a substrate, by the enzyme myrosinase. According to previous studies Isothiocyanate levels are reported to increase toward the lower part of the radish. This study investigated the distribution of the enzyme and substrate.

1．はじめに／目的／研究動機

大根には辛味成分であるイソチオシアネート（ITC）が含まれる。葉を上部に見た場合、大根の下部に向かうほど生成される ITC 量が増加することが報告されている。ITC は基質であるグルコシノレートと酵素ミロシナーゼから形成される。本研究の目的は、グルコシノレートとミロシナーゼの詳細な分布を調査することである。

2．実験

〈実験 1〉ダイコンの向きによってイソチオシアネートの生成量が変わるのかを調べるため、A～B（図 1）のようにダイコンを上部から下部まで 6 区分し、24 時間ダイコンの葉を上にしたときと葉を下にしたときの①～⑥までの吸光度（ABS）の違いを調べた。

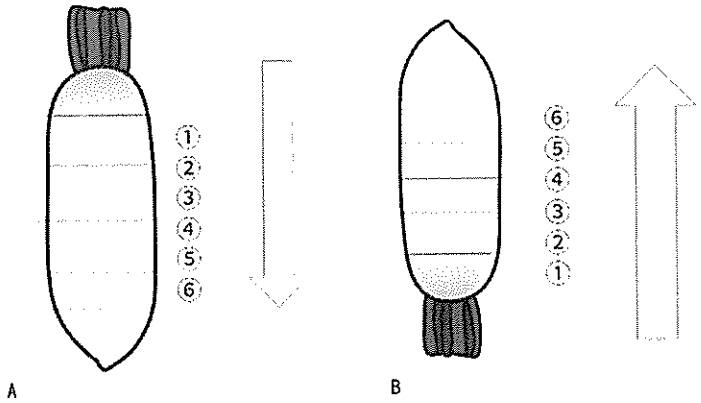


図 1　保存条件模式図

〈実験 2〉図 A(図 1)のようにし、各部位を氷およびリン酸緩衝液（pH6.6）とともにミキサー処理した後、透析膜に入れて透析し酵素液とした。また、カラシと大根を加熱し、酵素の失活を利用して ITC 生成成分のうち基質のみを含む基質液を作製した。測定には基質液 0.1ml、酵素液 0.1ml、蒸留水 0.8ml として溶液を作成し、静置時間をなくしたもの、ダイコンの基質を使ったもの、カラシの基質を使ったものの 3 つのパターンで吸光度を測定して、酵素の量を調べた。

※測定においては江崎・小野崎比色定量法を用い、吸光度とした。

（江崎・小野崎比色定量法測定方法）

Ⅰ.ダイコンを削った搾汁液を 30℃で 30 分間静置し、イソチオシアネートを生成させる。

Ⅱ.イソチオシアネート溶液 5ml に 20ml のエタノールアンモニア溶液 39:1 v/v)を添加し、30℃で 60 分間静置する。

Ⅲ.Ⅱの溶液に 25ml に 1ml の 50%酢酸を添加し、ろ紙（No.5C）でろ過する。

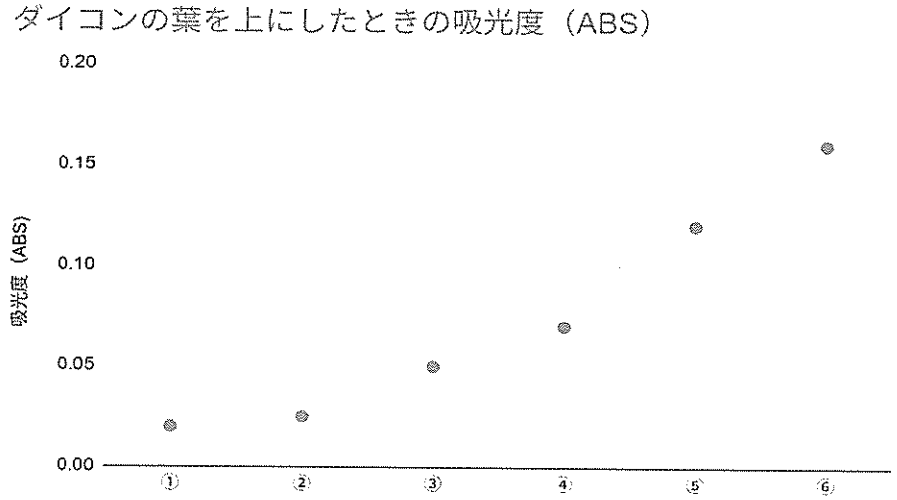
Ⅳ.ろ液 1ml に 4ml の改良グロート試薬(25 倍希釈液）を加え、37℃で 45 分間静置する。

Ⅴ.静置後、吸光度(600nm)を測定する。

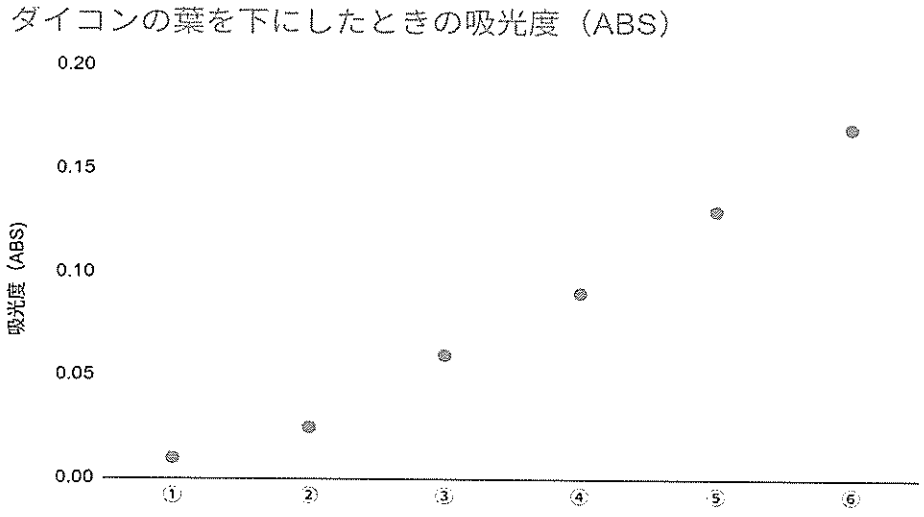
(改良グロート試薬作成方法)
①ニトロプルシドナトリウム 0.5g と塩酸ヒドロキシアミン 0.5g を蒸留水 10mL に溶解する。
②炭酸水素ナトリウム 1.0g を加える。
③蒸留水を加え 21mL に定量する。保存容器で、遮光・低温保存する。
④使用前に③の溶液と 3%臭素水を 21:4 で混合する。
⑤これを 25 倍に希釈して、チオウレアを検出(青色に呈色)。

3．結果

(実験 1) 〈A〉結果



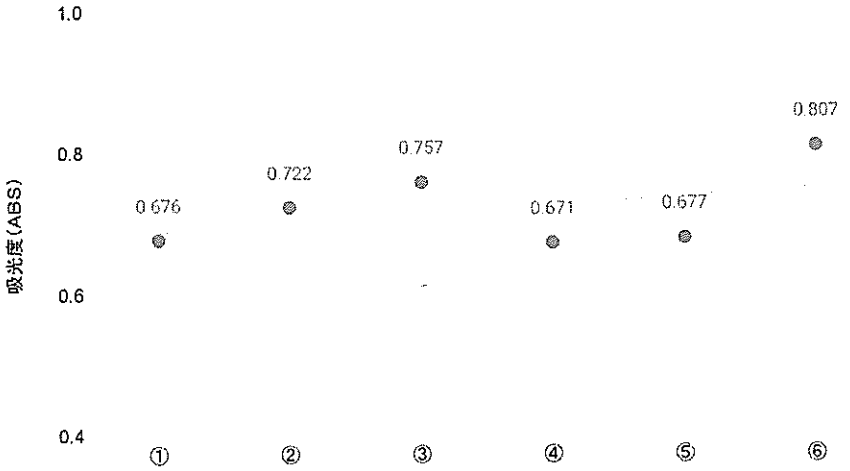
〈実験 1〉 (B) 結果



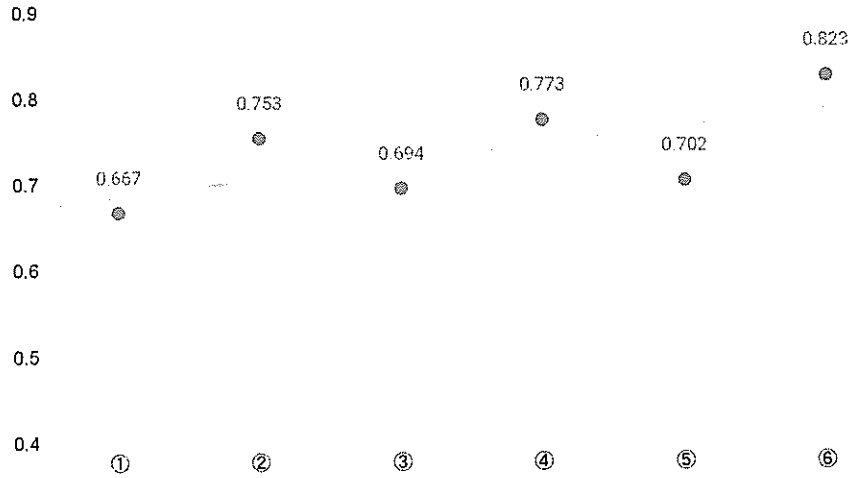
どちらも⑥に近づくごとに吸光度は上昇している

〈実験 2〉結果

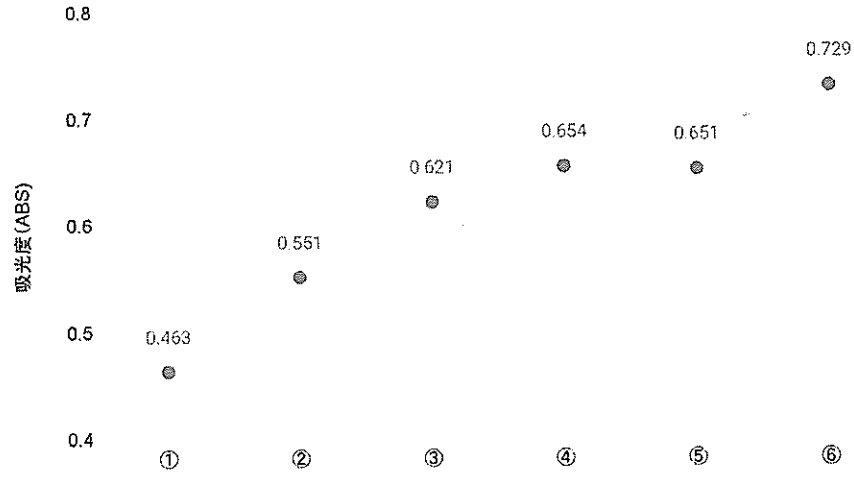
カラシを基質として用いた場合の吸光度(ABS)



反応時間0の場合の吸光度(ABS)



ダイコンを基質として用いた場合の吸光度(ABS)



すべての結果から②～⑤は一定で①、⑥に差が生まれていた

４．考察／結論

・実験Ⅰからどの向きで大根を置いても先端部に近づくにつれてITC生成量は増加した。
・実験Ⅱからダイコンの酵素の量は中央部においては一定だが、上部と先端部においてはITC生成量に差が生まれたため、ダイコンの酵素の量は中央部は一定で上部では少なく、下部では増えることが分かった。そして、カラシの基質を使っても、イソチオシアネートが生成されることが分かったため、成分が同様ならば素材は異なってもイソチオシアネートが生成されることが分かった。

５．今後の課題

実験Ⅱと同様の実験で基質の量も調べ、より細かい分布を調べていきたい。

６．参考文献

https:www.naro.go.jp/Publicity report/publication/archive/files/naro-se/kinki01.pdf
江崎秀男・小野崎博通：栄養と食料, 33, 161-167(1980)

活性汚泥をビーズ状に固定しそれにより厨房排水の浄化を行う
Fixing microorganisms that contribute to water purification in the form beads and purifying water with them

Abstract

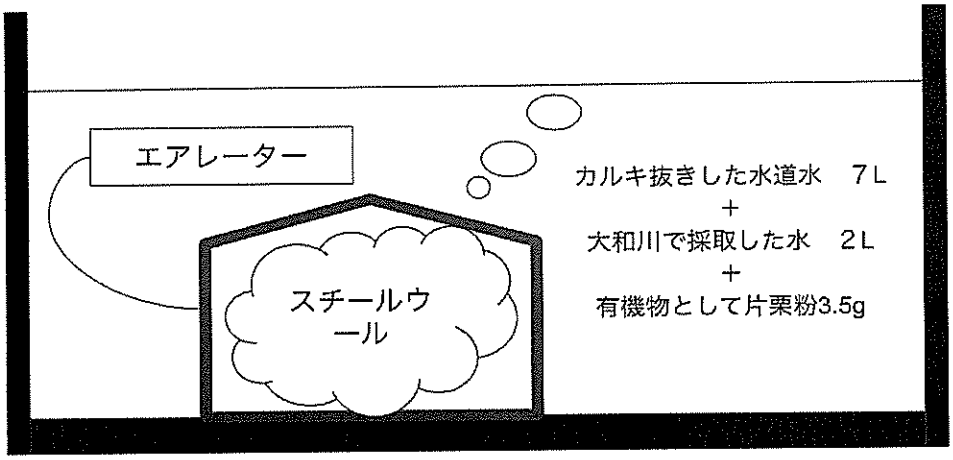
This study focused on the advantages of using activated sludge in bead form rather than liquid form, and employed these beads to purify kitchen wastewater. Beads were successfully created by dripping calcium chloride solution into a suspension of sodium alginate and activated sludge. Homemade activated sludge was used. Water purification was performed on a rice flour and water suspension using these beads. Analysis of changes in BOD and COD values indicated a slight improvement in water quality.

1．はじめに

現代においても水の安全性というのは非常に重要であり、その安全性が地域の治安や経済状況に直結するとも考えることができる。一般に下水処理場では液体の活性汚泥を用いて浄化を行うがそれは浄化後に液体と水を分離する技術が必要になる。しかしビーズのような個体にすれば分離することはとても容易になり、キャンピングカーやキッチンカーなどの広さの限られた環境でも活躍できる可能性に着目した。本研究では実験対象を米粉と水の懸濁液とし、活性汚泥を固定したビーズを添加することでBODとCODの値に着目して水質浄化を行った。

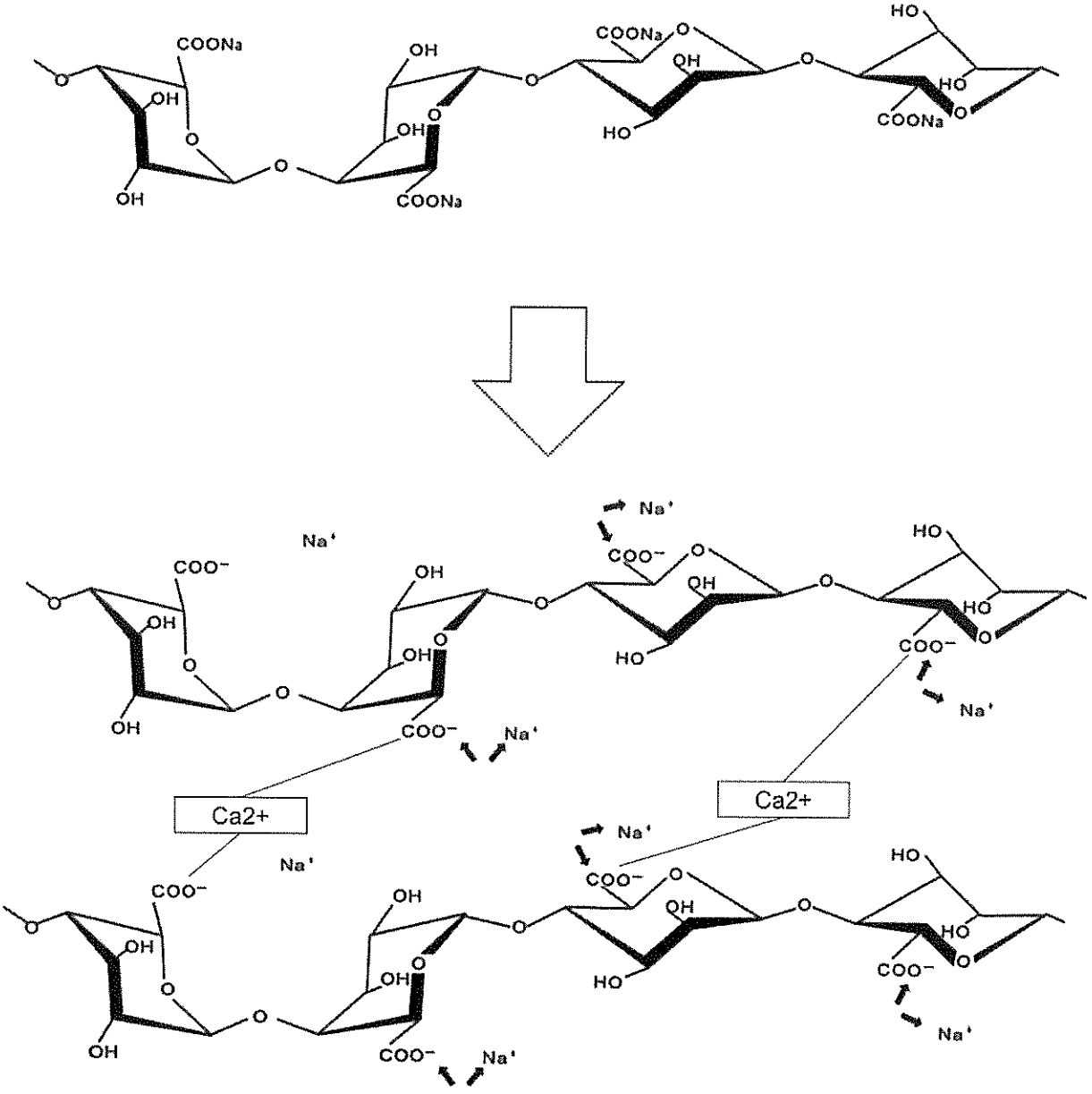
2．研究方法

・事前準備　活性汚泥の培養として10リットルの水槽にカルキ抜きした水道水7リットル、大和川で採取した水2リットルまた、有機物として片栗粉3.5gを混合させ、その懸濁液にエアレーターを用いて酸素を供給しながら一ヶ月間静置する。またエアレーターの中にガラスウールーを放置することでガラスウールーのなかに活性汚泥が蓄積される。



・ビーズの精製　ビーカーにアルギン酸ナトリウム1.5ｇを取り、水48.5mlを加え水溶液中で撹拌して溶解する。別のビーカーに活性汚泥50mlを取り、両方の液を混合し懸濁液①を作る。一方、凝固液としてCaCl2を64gとり、水を加え400mlの懸濁液②とする。②を①に駒込ピペットで滴下してビーズを作る。

・ビーズ精製の原理



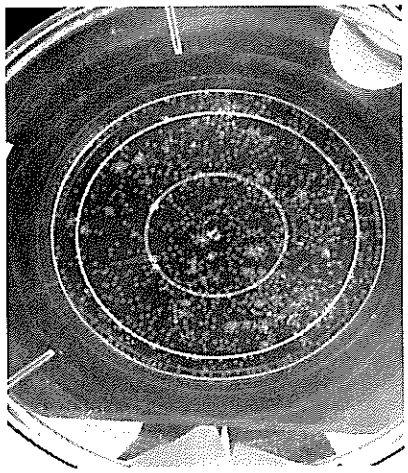
上記の図はアルギン酸ナトリウムの構造である。アルギン酸ナトリウムを水に溶かした際、カルボキシル基のCOONaがCOO-とNa+に電離する。一方で凝固剤として用いるCaCl2はCa+とCl2-に電離する。また、COO-とCa+が結合することで水に溶けずらいアルギン酸カルシウムができることでビーズを形成する。

・浄化と測定

水350mlと米粉0.35gの懸濁液を用意し、ビーカーに懸濁液を入れそこに生成したビーズを加えエアレーションをしながら一週間静置したのちCODとBODの値を測定し、ビーズを入れる前の状態と値の変化を調べる。そして活性汚泥の活性の有無自体を調べるためビーズ状に固定せず液体の状態で懸濁液に添加し同様の測定をおこなった。また対照実験として活性汚泥を含まないビーズにも上記と同様の処理を行った。（COD,BODの測定はパックテストで行う）

3．結果

ビーズの精製において下図のように一粒約0.05gのビーズが約1280粒採取できた。



水質の測定結果は以下のようになった。

		処理前	処理後
COD	ビーズ（活性汚泥を含む）	8mg/L以上	6mg/L
	活性汚泥	8mg/L以上	6mg/L
	ビーズ（活性汚泥を含まない）	8mg/L以上	8mg/L以上
BOD	ビーズ（活性汚泥を含む）	20mg/L以上	測定不可
	活性汚泥	20mg/L以上	15mg/L
	ビーズ（活性汚泥を含まない）	20mg/L以上	20mg/L以上

処理前の懸濁液のCODの値は8mg/L以上であったが、処理後にはビーズ状、液体の状態ともに値が6mg/Lとなった。処理前のBODの値は20mg/Lであったが、処理後に液体の状態では値が15mg/Lとなった一方でビーズ状にした際は値の測定が不可能であった。また活性汚泥を用いないビーズを用いると処理前と処理後に値の変化は見られなかった。

4．考察

結果より活性汚泥の活性が認められ微生物が有機物の分解をすすめたことがわかる。またCODの値にだけ着目するとビーズ状にしても液体の時と同様の浄化効果が得られることがわかった。また活性汚泥を含まないビーズを用いた際の結果からわかるように、アルギン酸カルシウムの網目構造が汚れをからめとったわけではないとわかる。そして活性汚泥の際のBODの値が測定できなかった理由として、測定できないほど水質が悪化したからだと考えられる。なぜ水質が悪化したかは不明であるがビーズの精製の際にNa^+とCl^-が結合してできた塩化カルシウムが微生物を殺し、それによりBODの値が増加したのではないかと考えられる。

5．今後の課題

活性汚泥を含むビーズを用いた際のBODの値が表のような結果になった理由を明確に明らかにするために改めて同様の実験を行いたい。またビーズを添加する量や処理水の中で静置しておく時間を変化させることで浄化効率にどのような違いが現れるのかを調べたい。それらの課題をクリアしたうえで

浄化の対象を米粉とは異なる物質に変えて研究を進めていきたいと思う。

６．参考文献

https://kcr.kurita.co.jp 活性汚泥法とは

https:www.aichi-inst.jp 微生物の固定化技術

https://www.jstage.jst.go.jp 微生物を利用した水の浄化技術

https://www.yaegaki.co.jp　微生物を活用した排水処理について

ゼブラフィッシュの色覚について

～緑色と青色の識別能力～

Color vision in zebrafish

Green and blue color discrimination ability

Abstract

Zebrafish (Danio rerio) color perception is crucial for their natural environment and social interactions. While their ability to distinguish red and blue is known, this study investigated their capacity to differentiate various green and blue hues. Experiment 1 operantly conditioned ten Zebrafish over six weeks to associate a green screen (RGB: 0, 255, 0) with food and a blue screen (RGB: 0, 0, 255) with an electric shock. Results showed clear discrimination, with fish gathering for green and avoiding blue, confirming their ability to distinguish these basic colors.

Experiment 2 explored the limits of their color vision using similar hues: Light Blue (Cyan, RGB: 0, 255, 255), Indigo (RGB: 0, 255, 128), and Blue (RGB: 0, 0, 255). Zebrafish struggled to differentiate these subtle variations, showing inconsistent responses and often resorting to general avoidance, suggesting a limitation in discriminating closely related green and blue shades. Future work will test finer distinctions and compare Zebrafish vision with Medaka fish to enhance understanding of species-specific color perception.

１．はじめに

色覚とは，光の波長の違いを識別する感覚である．色覚が優れているとは，より多くの色を識別できるということである．感じる波長域の異なる光センサーを眼の中に何種類持っているか，そしてそれらの感受波長域の重なりの程度がどれくらいかで色覚は大体決まる．色覚用の光センサー（錐体オプシン）はヒトの場合３種類で，それぞれいわゆる赤の領域，緑の領域，青の領域の波長を分担している．ヒトの見ることのできる色の数は実はかなりの制約を受けている（河村，2009）

先行研究ではゼブラフィッシュは赤色と青色を識別できることがわかっている。そこで私たちはゼブラフィッシュの生息している環境より水草や植物プランクトン、日陰に含まれる青や緑。さらにゼブラフィッシュは背中に縞模様を持っており、縞の色が青色に近いので緑と青の識別能力がその判断基準に含まれているかなどを明らかにするためこれらの研究を行った。

２．研究試料

本研究で用いたゼブラフィッシュは新たに購入したもの 10 匹を使用した。メスとオスが混在しており、それらを区別することが難しかったため本研究ではメスとオスの割合は調節しなかった。

飼育方法は人工日照機を用いて日の光を当てない時間と当てる時間とを 8 対 16 で設定し、温度は一律で 18 度とした。水槽はフィルターを一つ設置し、エサはフレーク状のものを使用した。

そして色を数値化するために color Picker というアプリケーションを使用し、それぞれ青（赤 0、青 255、緑 0）緑（赤 0、青 0、緑 255）水色（赤 0、青 255、緑 255）藍色（赤 0、青 255、緑 128）としてそれぞれ実験を行った。

３－１．訓練方法

図１は水槽を上から見た図です。

水槽には炭素棒とエサが流れて行かないようにする仕切りが入ってる状態で飼育を行った。(以降図1の赤い線をから炭素棒がある側をA側ない方をB側とする) まず水槽の側面一つにパソコンを設置しその反対側に鏡を置き、緑と青をそれぞれ表示する。このように緑を表示している時は仕切りからはみ出さないようにエサを与えエサを食べ切るまでまち、この時炭素棒はいれて電流を流さずにこのように青を表示している時は10秒間5ボルトの電流を流すそしてそれを6週間続けて行う。

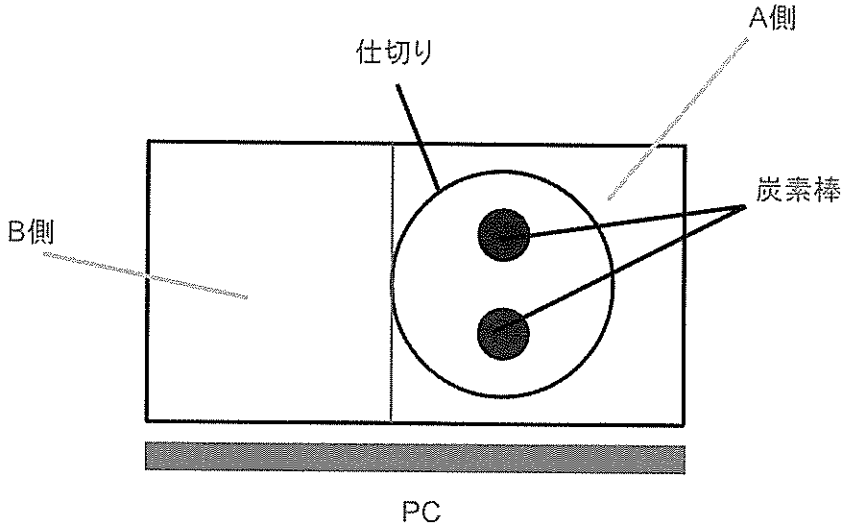


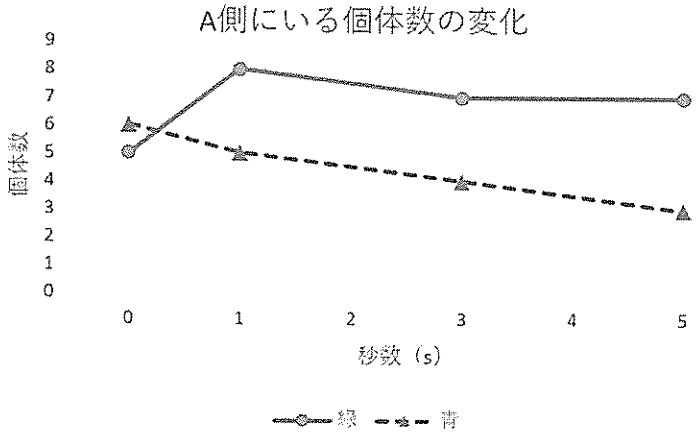
図1

3-2. 測定方法

水槽の側面一つにパソコンの画面を設置します。そして5秒間設置し、0秒後、I秒後、3秒後、5秒後にA側にいる個体数について数える。もし緑と青を見分けているとしたら緑を表示した場合A側に、表示していない時にB側に寄っていくと考える。ただしこの測定を行うときはで餌や電流を与えず3回の測定を行ったのちそれぞれの平均値を調べた。

3-3. 結果

緑色を表示させた時にA側によっていき、青色を表示させた時B側によって行く傾向が見られた。

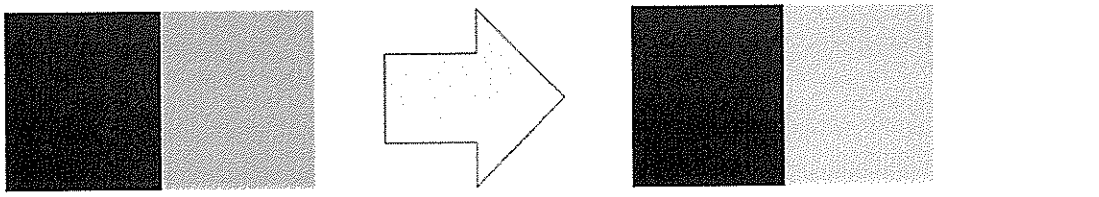


グラフ1

3-4. 考察

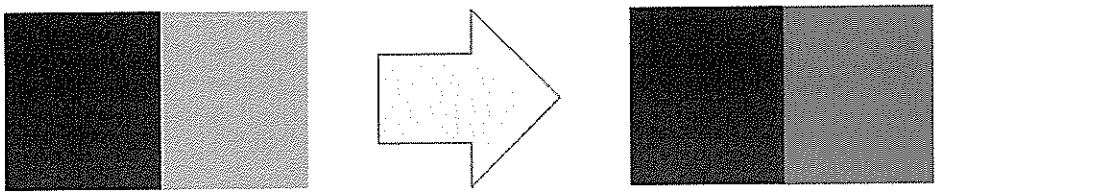
結果より緑と青はそれぞれ見分けることができていると考察した。
そこで私たちは色をもっと近づけていっても見分けることができるのかという実験IIを行った。

4－1．実験 II



青（赤 0、青 255、緑 0）緑（赤 0、青 0、緑 255）　　青（赤 0、青 255、緑 0）水色（赤 0、青 255、緑 255）

実験Ⅱ－Ⅰ



青（赤 0、青 255、緑 0）緑（赤 0、青 0、緑 255）　　青（赤 0、青 255、緑 0）藍色（赤 0、青 255、緑 128）

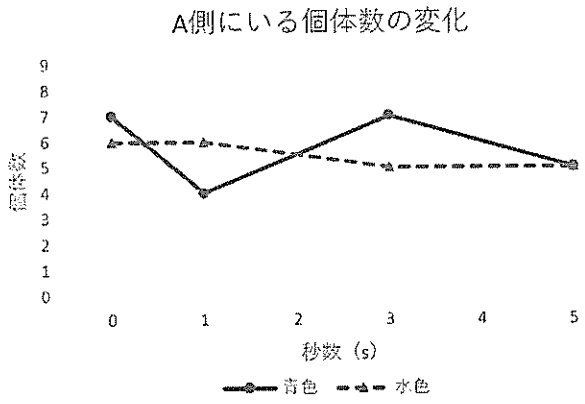
実験 II-II

条件はそれぞれ実験 1 と同じにし、色を青を固定して緑色をそれぞれ水色、紺色に変えて実験を行いました。

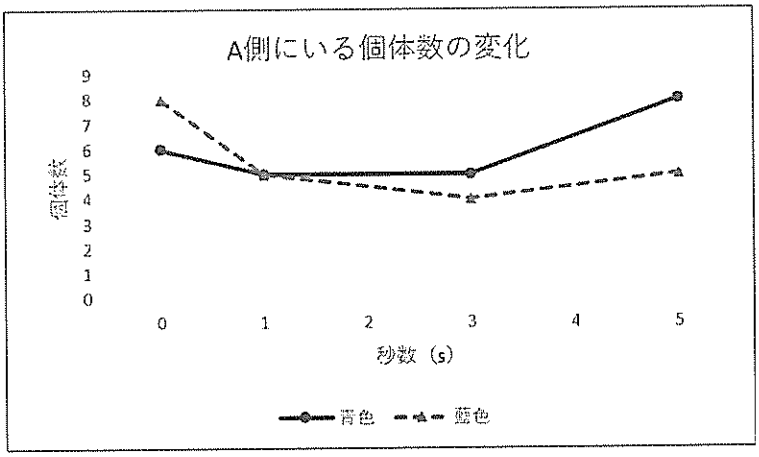
4－2．結果 II

実験 2 の 1 は青色を表示させた時初めはビー側によるそぶりを見せたがそのあとまた元に戻ってしまった。また、緑を見せても A 側によらなかった。

実験 2 の 2 は緑色青色を見せた時どちらも B 側によっていく傾向が見られた。



グラフ 2



グラフ 3

4－3．考察 II

実験 2 の 1 では確かな結果は得られず見分けることはできていないと判断した。

実験 2 の 2 ではどちらの色も B 側による傾向が見られたため見分けられずにパソコンが置かれたら電流から逃げるために B 側に行くという行動が見られたので見分けられていないと判断した

5．今後の展望

緑と青を見分ける実験は成功しているのでもっと細かくしていくとどこまで見えるのかを調べていきたい。

ゼブラフィッシュの持つ視物質はメダカ（Oryzias sp.）と比べて青オプシンが 1 種類少なく，緑オプシンが 1 種類多いため，メダカでも同様に実験を行いゼブラフィッシュとの比較をし、オプシン

の違いによって見分け度合いがわ変わるのかどうかも同時に調べる。

６．参考文献

飯田朋華 片岡礼 川口よしの(2018)『ゼブラフィッシュから見える世界』
河村正二，2009，錐体オプシン遺伝子と色覚の進化多様性：魚類と霊長類に注目して.比較生理生化学，26，3，110-116

シソ科植物における腺毛分布密度の違い
Differences in the Density of Glandular Trichomes in *Lamiaceae* Plants

Abstract

Lamiaceae plants produce their characteristic aroma through secretions stored in glandular trichomes. This study investigated differences in glandular trichome density in sweet basil, peppermint, and perilla. Leaves from different plant positions were observed, and trichomes were counted to calculate density. trichome density tended to be higher in upper leaves and on leaf backsides. Also, Sweet basil showed the highest density, peppermint showed a sparse distribution, and perilla had higher densities at leaf bases and veins.

1．はじめに

ハーブ類を含むシソ科植物は、独特の芳香を有することで知られている。この香りの主な原因物質は「腺毛」と呼ばれる器官で生成・貯蔵されている。腺毛は植物の表皮上に分布し、分泌物を生成・蓄積する腺部と、それを葉面から支持する柄部から構成される（図１）。柄の長さにはばらつきがあり、腺部に蓄えられた分泌物が物理的刺激によって破壊されると、芳香成分が空気中へ放出される。このため、ハーブ植物の葉に触れた際に強い香りが感じられる。腺毛から分泌される物質の役割は植物種によって異なるが、一般に害虫に対する防御、他植物との相互作用、環境ストレスへの応答などに関与すると考えられている。先行研究により、シソ科植物の表皮上に腺毛が分布することは明らかにされているものの、その詳細な分布様式や密度の部位差および種間差については十分に解明されていない。本研究では、スイートバジル、ペパーミント、青シソを対象とし、各節葉における腺毛分布密度の部位間差および種間差を明らかにすることで、シソ科植物における腺毛分布の特性について検討することを目的とする。

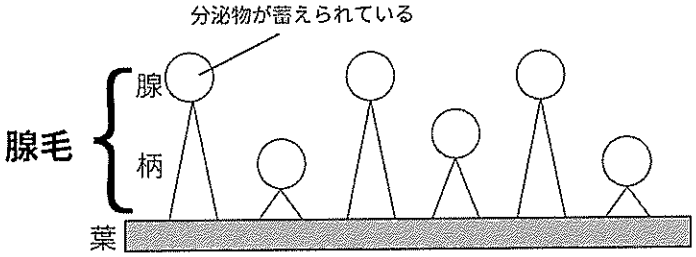


図１　腺毛の様子を表した模式図

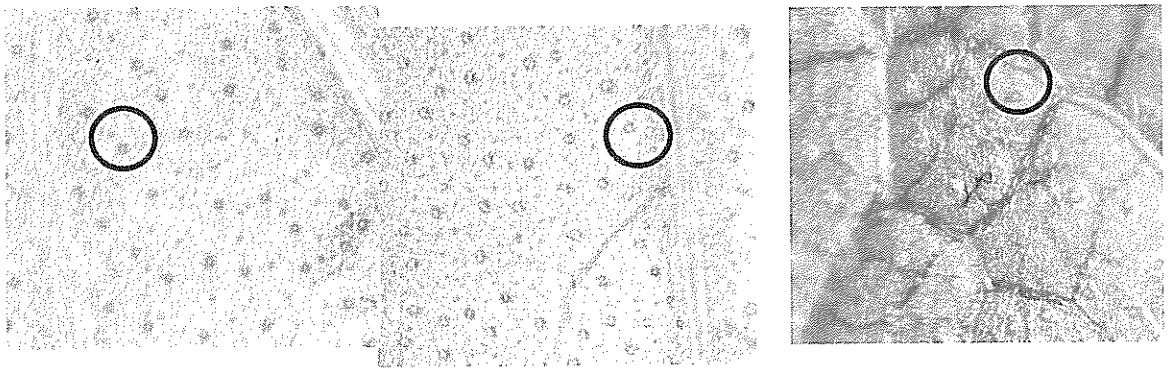


図２　腺毛の葉の表面の様子（左から順にスイートバジル、ペパーミント、青シソ。赤丸は腺毛を指す。）

2．研究方法

本研究では、スイートバジル、ペパーミント、青シソを対象とした。スイートバジルおよび青シソは種子から栽培し、十分に生育した段階で実験に供した。各種につき３株の栽培を行い、測定を実施したが、ペパーミントは播種時期の影響により発芽が遅れたため、苗を用いて実験を行った。また、

青シソは生育状況の都合により２株での測定となった。
(1) 各株を上位・中位・下位の３部位に区分し、それぞれの節葉を採取した。採取した葉は葉脈に垂直となる方向で、先端部・中部・基部の３区画に分けた。さらに葉の表面および裏面をそれぞれ観察対象としたため、１株あたり計 18 区画を測定した。
(2) 各区画について実体顕微鏡下で葉面を拡大し、スマートフォンで撮影した。得られた画像をもとに腺毛数を目視で計数し、画像上にマーキングを行いながらカウントした。計数誤差を低減するため、班員３名がそれぞれ独立に計数し、その平均値を採用した。青シソについては２名による計数の平均値を用いた。
(3) 葉面積の測定は、葉片をセロハンテープで１㎜ 方眼紙上に固定し、方眼数を計測することで求めた。
(4) 得られた腺毛数および葉面積の値を用いて、単位面積あたりの腺毛密度を算出した。



図３　株・葉の区分方法

３．実験結果

エラーバーは，各植物種における複数株の測定値の平均値に基づいて算出した。

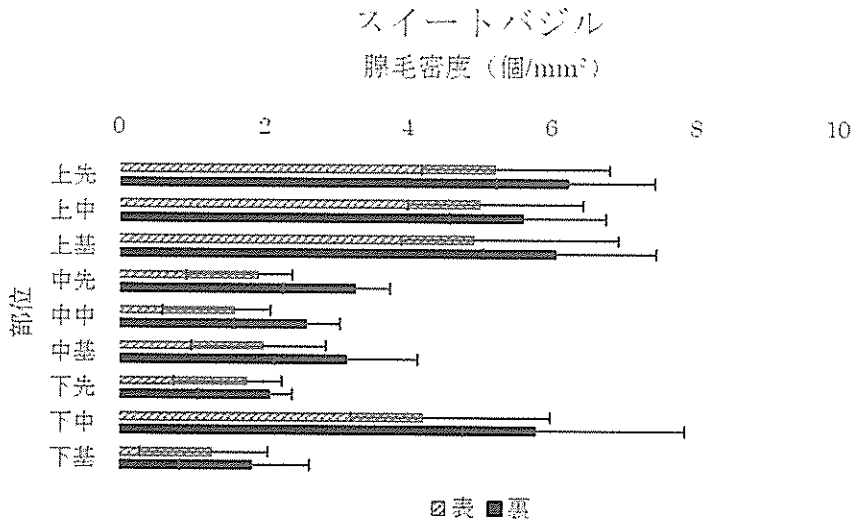


図４　スイートバジル（３株）

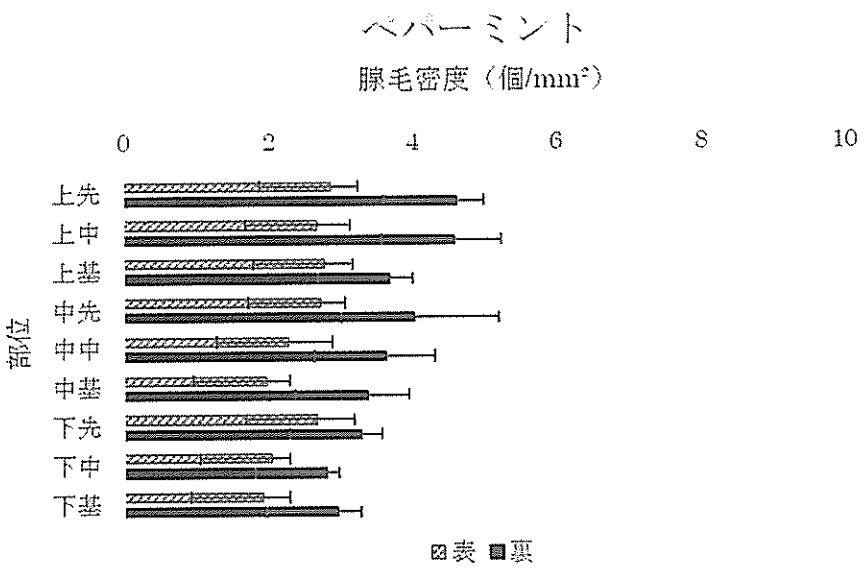


図５　ペパーミント（３株）

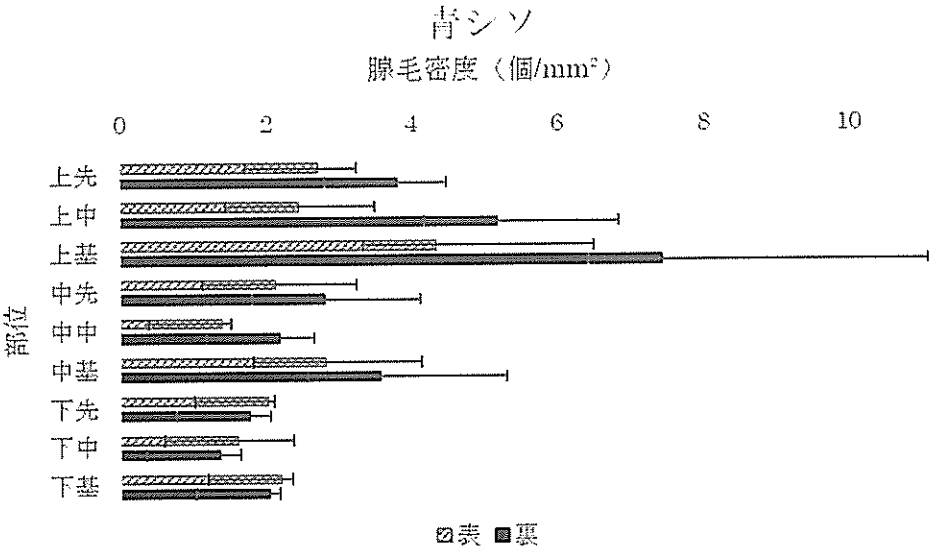


図６　青シソ（２株）

本研究では、腺毛密度について部位間差および種間差が確認された。

まず部位間差について、葉表より葉裏の方が腺毛密度は高い傾向が見られた。また、同一株内で上位・中位・下位の節葉を比較すると、上位節葉で最も密度が高くなる傾向が認められた。

次に種間差について、スイートバジルは青シソおよびペパーミントと比較して腺毛密度が高かった。一方で、ペパーミントは腺毛の分布がまばらであった。また、青シソでは葉の基部で密度が高く、さらに葉脈に沿って腺毛が多く分布する特徴が観察された。

４．考察／結論

以上の結果から、以下の点が示唆された。

◆ 部位間差

本研究では、上位節葉および葉裏で腺毛密度が高い傾向が確認された。腺毛内に蓄えられる香気成分の前駆物質は、光合成によって生成された糖をもとに合成される。そのため、光がよく当たる上位節葉では分泌物の合成が活発になり、腺毛密度が高くなる可能性が考えられる。また葉裏は、海綿状組織が発達し細胞配列が疎である構造をもつ。この構造は物質移動が比較的行われやすい環境であり、分泌物の生成・輸送に適している可能性がある。さらに、葉裏は気孔が多く存在し、病原菌の侵入や害虫による食害を受けやすい部位であるため、防御機能を担う腺毛が多

く分布していることも合理的であると考えられる。

◆ 種間差

● スイートバジル

スイートバジルでは、上位節葉に腺毛が集中し、密度も高いことが確認された。本種は強い香りを特徴とし、食害を受けやすい植物である。また熱帯原産であり、強い日射や乾燥環境に適応してきた背景をもつことから、防御機能や蒸散調節などの役割を担う腺毛が発達している可能性が考えられる。

● ペパーミント

ペパーミントでは、腺毛の分布は比較的まばらであった。ペパーミントは精油生産を目的として長年栽培・改良されてきた植物である。精油産業では成分組成の安定性や収量の安定性が重視されるため、特定部位に集中するよりも、葉全体で一定量の精油を生産する性質が選抜されてきた可能性がある。その結果として、腺毛が比較的均一に分布する傾向が現れたと考えられる。

● 青シソ

青シソでは、葉の基部および葉脈沿いに腺毛が多く分布する特徴が見られた。葉脈は水分や養分の輸送経路であり、分泌物合成に必要な物質の供給が受けやすい部位である。また、葉の基部は食害が起こると葉全体に影響が及びやすい重要部位であるため、防御の観点から腺毛が集中して配置されている可能性が考えられる。

◆ 結論

本研究の測定には個体数や栽培条件の違いなどの制限があり、結果の一般化には慎重さが必要である。しかし、本結果および考察から、シソ科植物では種ごとに求められる機能が異なり、それに応じて腺毛の分布様式が形成されている可能性が示唆された。

5．今後の課題

本研究では、得られた結果に基づいて一定の予想や仮説を立てることはできたものの、それらを十分に立証するには至らなかった。今後は再度実験を実施し、結果の再現性および信頼性の向上を図りたい。また、ImageJ などの画像解析ソフトウェアを用いることで、腺毛数の測定をより客観的かつ高精度に行える手法を導入し、測定精度の改善にも取り組んでいく予定である。

6．参考文献・URL

・岡山大学.”気孔をめぐり、死ぬまで戦う！植物細胞と病原真菌との“気孔防衛戦”の仕組みを明らかに“https://www.okayama-u.ac.jp/up_load_files/press_r2/press20200811.pdf

・Zhongxuan Feng et al. (2021)『Glandular trichomes: new focus on horticultural crops』Hortic Res

・日本植物生理学会“シソの葉の匂い”https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=6077

・野口有里紗『ハーブの香り』humaus-in-space.jaxa.lp

・三宅創平、市村匡史、橘昌司 (2008)『スイートバジルにおける葉の腺毛分布密度計測方法の簡易化』東京農大農学集報

プラナリアの再生過程における呼吸量の変化

Changes in oxygen consumption during the regeneration process of planaria

Abstract

Changes in Oxygen Consumption During Planarian Regeneration

Planarians possess the ability to regenerate lost segments following dissection, a process requiring substantial energy expenditure. As movement generally consumes energy, regeneration can be conceptualised as equivalent to movement. Consequently, it is anticipated that metabolic activity increases during regeneration, manifesting as changes in respiratory rate. This study aims to verify the hypothesis that respiratory rate increases in planaria post-dissection, as the metabolism required for regeneration intensifies.

1. 研究動機

プラナリアは、体の一部を切断されても失われた部分を再生する高い再生能力をもつ生物である。このような再生能力は注目されており、再生の仕組みや形態形成の過程については多くの研究が行われてきた。しかし、再生過程におけるプラナリアの「健康状態」や「生理的な変化」については、いまだ不明な点が多い。特に、再生中の個体がどの程度活発に生命活動を行っているのかについては、定量的に評価することが難しいという問題がある。体重や再生部分の長さなどを指標として用いる方法も考えられるが、プラナリアは体が小さく柔らかいため、これらの量を正確に測定することは困難である。

そこで本研究では、再生過程におけるプラナリアの状態を評価する指標として「呼吸量」に着目した。プラナリアの再生には、新たな組織を形成するために多くのエネルギーが必要であると考えられる。エネルギー消費量が増加するということは、代謝活動が活発化することを意味し、その結果として呼吸量、すなわち酸素消費量が増加すると予想される。本研究では、この点に着目し、「プラナリアは切断後、再生過程において酸素消費量が増加する」という仮説を立てた。

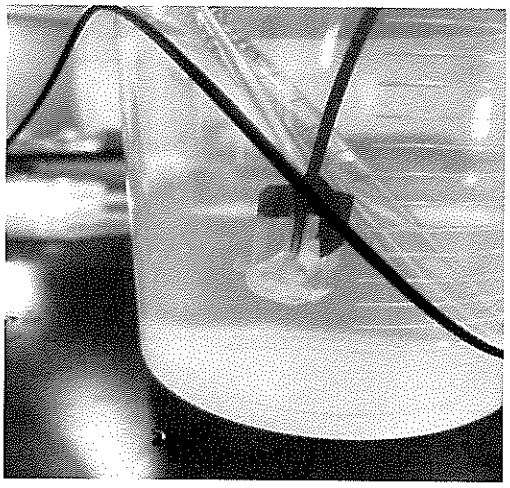
以上を踏まえ、本研究では酸素消費量を代謝活動の指標として測定し、切断前と切断後のプラナリアにおける呼吸量の変化を比較することを目的とした。これにより、再生過程におけるプラナリアの生理的状態の変化を明らかにすることを試みた。

2. 研究方法

本研究では、プラナリアの再生過程に伴う代謝活動の変化を明らかにすることを目的とし、酸素消費量を指標として測定を行った。測定には小型チップを用い、その内部にプラナリア 1 個体を封入した状態で実験を実施した。チップ内の酸素濃度の変化を一定時間記録することにより、プラナリアの酸素消費量を算出した。

測定時間は30分間とし、5分ごとにチップ内の酸素量を測定した。まず、切断処理を行う前のプラナリアについて酸素消費量を測定し、各個体の基礎的な代謝量のデータを取得した。これにより、個体差による影響を考慮した比較が可能となるようにした。

図1 測定中の小型チップ



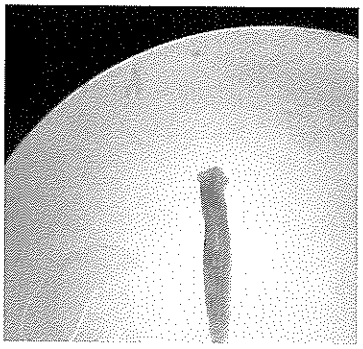
次に、同一個体のプラナリアを切断し、再生を開始させた。その後、再生過程にあるプラナリアについて、切断前と同一の測定条件下で再度酸素消費量の測定を行った。切断前後の測定結果を比較することで、再生過程における代謝活動の変化を検討した。

水温は実験を通して20℃に保った。これは、プラナリアの入ったチップを20℃の水で満たした容器内に設置することで維持したものであり、測定中の温度変化による影響を最小限に抑えることを目的とした。以上の方法により、再生開始前後におけるプラナリアの酸素消費量の違いを定量的に評価した。

図2 実験の様子



図3 切断前のプラナリア



3．結果

画像1は、プラナリアa～cの切断前における30分間の酸素消費量の変化を示したものである。各個体の測定結果には個体差が認められたものの、いずれの個体においても測定開始時から終了時にかけてチップ内の酸素量は減少した。このことから、切断前のプラナリアは測定中に継続的に酸素を消費していることが確認された。

画像2は、プラナリアbについて、切断前および切断後の酸素消費量の変化を比較したものである。なお、青色のグラフは切断前、赤色のグラフは切断後の測定結果を示している。

切断前では、測定開始時の酸素量はチップ内の酸素量を100%とした場合88.9%であり、30分後には85.9%まで減少した。これに対し、切断後では、測定開始時の酸素量は97.5%であったが、30分後には71.0%まで低下した。
このように、切断後のプラナリアでは、切断前と比較して酸素量の減少幅が大きく、減少の程度がより顕著であった。以上の結果から、プラナリアは切断後において酸素消費量が増加する傾向を示すことが明らかとなった。

図4　プラナリアa～cの切断前

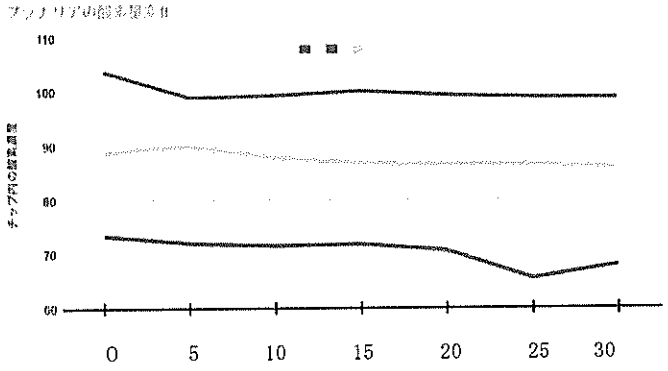
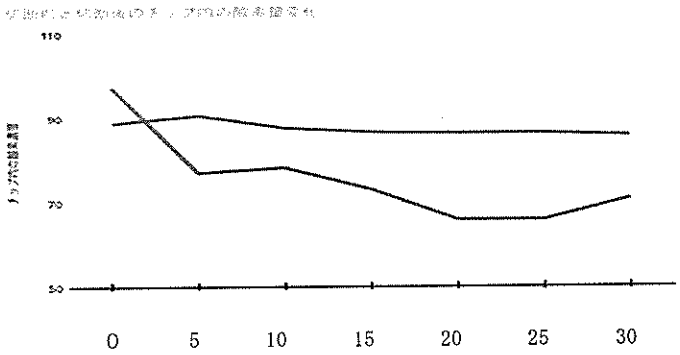


図5　プラナリアbの切断後



4．考察／結論

切断前および切断後のプラナリアの酸素消費量を定量的に比較するため、水温をいずれの測定においても20℃に保って実験を行った。20℃の水に溶解する酸素量は約8.84 mg/Lであることが知られている。本実験で使用したチップ内の水量は1.5 mL（0.0015 L）であるため、チップ内に含まれる溶存酸素量は次式より求められる。
8.84 × 0.0015 = 0.01326 mg
したがって、チップ内の酸素量は0.01326 mgである。

次に、測定された酸素量の割合（%）を用いて、各条件における酸素量を算出した。
切断前では、測定開始時の酸素量（88.9%）は0.01326 × 0.889 = 0.01178814 mg
30分後（85.9%）は0.01326 × 0.859 = 0.01139034 mgであった。

一方、切断後では、測定開始時（97.5%）の酸素量は0.01326 × 0.975 = 0.01292850 mg
30分後（71.0%）は0.01326 × 0.710 = 0.00941460 mgであった。

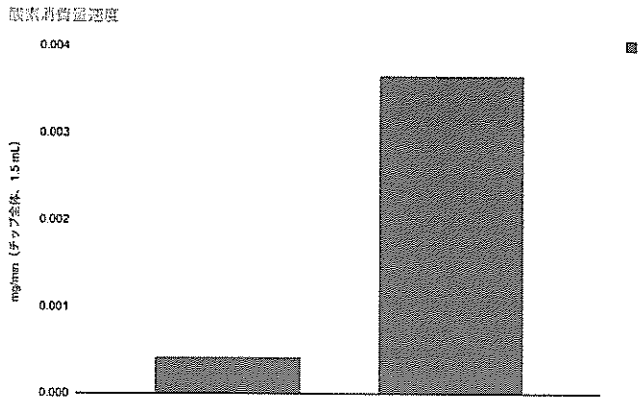
これらの値から、30分間に消費された酸素量を求めると、
切断前では、0.01178814 − 0.01139034 = 0.00039780 mg
切断後では、0.01292850 − 0.00941460 = 0.00351390 mgとなった。

さらに、これを1分あたりの酸素消費速度に換算すると、
切断前は、0.00039780 ÷ 30 = 0.00001326 mg/min
= 1.326 × 10^{-5} mg/min
切断後は、0.00351390 ÷ 30 = 0.00011713 mg/min
= 1.1713 × 10^{-4} mg/minであった。

以上の結果より、切断後のプラナリアの酸素消費速度は、切断前と比較して約 8.8 倍に増加していることが分かった。

本実験では 1 個体のみの測定結果であるため断定的な結論はできないが、切断後に酸素消費量が著しく増加したことから、プラナリアは切断によって弱るのではなく、再生に必要なエネルギーを得るために代謝活動が活発化している可能性が示唆される。

図 6　左:切断前の酸素消費速度　右:切断後の酸素消費速度



5．今後の課題

本実験では、実験操作上の失敗などにより、切断直後のプラナリアのサンプル数が十分に確保できなかった。そのため、得られた結果は 1 個体の測定に基づくものであり、統計的な信頼性には限界がある。今後は実験を継続し、測定個体数を増やすことで、平均値を算出し、より信頼性の高いデータを得ることを目指したい。

また、本研究では切断直後の酸素消費量のみを対象としたが、今後は切断直後に加えて、切断後 1 日目、2 日目といった再生過程の異なる段階においても酸素消費量を測定する予定である。これにより、再生の進行に伴う代謝活動の変化を経時的に比較・検討できると考えられる。

6．参考文献

Hyman, L. H. (1919). Physiological studies on planaria: III. Oxygen consumption in relation to age (size) differences. The Biological Bulletin, 37(6), 388–403.
阿形清和、「切っても切ってもプラナリア」、岩波書店、1996

土壌の粘性と液状化現象の関係
The Relationship between Soil Viscosity and Liquefaction Phenomenon

Abstract (In English)
Many mechanisms of liquefaction remain unexplained, including its relationship with soil viscosity. As a first step toward disaster prevention, we investigated this relationship using a device capable of generating vibrations. Our findings indicate that soils with lower viscosity are more prone to liquefaction.

1. はじめに

令和６年能登半島地震の被害を受け、近年、液状化現象への注目が高まっているが、そのメカニズムについては研究の進んでいない点も多い。本研究では、土壌の粘性に注目し、液状化現象との関係性を調査することで、防災へ役立つ第一歩としたい。

なお、液状化現象とは地震の揺れによって、地盤が液体のようになる現象のことである（東京都建物における液状化対策ポータルサイト）。

2. 研究方法

本研究では、以下の実験を行った。

【実験方法】

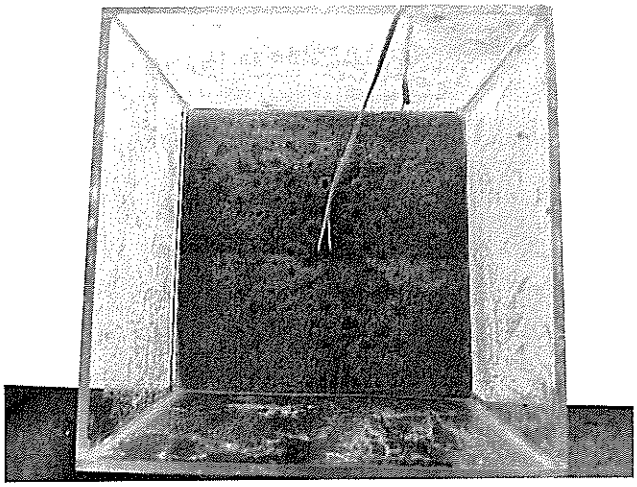
1．20cm×20cm の容器に、任意の土(後述)を高さ 8.5cm の地点まで入れる（以下、これを「容器M」とする。）
2．容器Mに土から溢れる程度の量の水を入れた後、一定時間放置し、水分を土全体へ十分に染み込ませる。その後、土が吸収できず溢れた水分を回収する。これによって、容器M内の土を最大限水の含んだ状態にする。
3．容器Mを自作の装置(後述)に載せ、振幅 3.5cm・周波数 2.5Hz の振動を 30 秒間与える。
4．振動によって容器Mから発生した水を回収し、計測する。

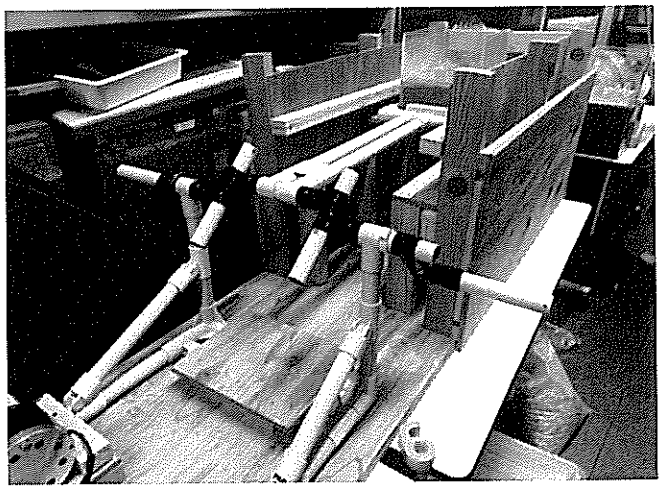
【使用した土】

実験で用いた土、及びその土の特徴は以下である。なお、粘性が大きいものよりM1 からM4 とする。

・荒木田土（＝M1）：田んぼで使われているような土。粘性が大きい。
・学校の敷地内で採取した土（＝M2）：M1 より粘性はないが、M2, M3 よりは粘性がある。なお、ふるいを用い粒径についてはある程度統一した。
・珪砂（＝M3）：粘性がほとんどない。
・珪砂（＝M4）：粘性がほとんどない。粒径はM3 より大きい。

*容器Mを上から見た写真





【実験装置】

モーターによって横揺れを発生させることのできる装置を自作した。本装置では、周波数及び振幅を任意の値に設定することが出来る。

3. 研究結果

実験の結果（発生した水分量(g)）は以下となった。

（1～6回目）

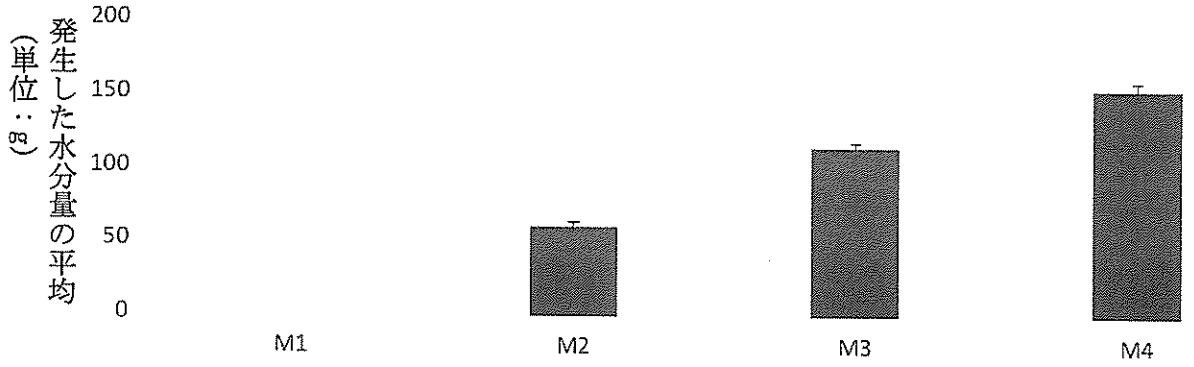
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
M1	0	0	0	0	0	0
M2	44.06	55.87	53.68	60.62	52.15	58.11
M3	111.77	113.40	115.29	108.75	114.74	122.93
M4	136.0	186.5	164.0	141.0	145.0	190.5

（7～13回目）

7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	12回目	13回目
0	0	0	0	—	—	—
75.58	66.37	73.29	73.11	—	—	—
107.89	126.55	144.47	97.87	100.01	—	—
176.0	142.5	124.5	152.5	160.0	146.0	147.0

*M4については昨年度のデータ（井上, 南畑(2024)）のため、水分量の測定法に若干の差異があり、そのため有効数字についても差異がある。

それぞれ土壌で発生した水分量の平均したところ以下となった。



結果より、発生した水分量はM4＞M3＞M2＞M1 となり、つまり土壌の粘性が小さいほど発生した水分量が多くなった。なお、それぞれ土の粘性については、その粒径（小さいほど粘性は大きくなる/吉田力（1984））や、一般に公開のデータ等を用いて判断を行った。

4．考察

土壌の粘性によって発生する水分量が変化した理由、また液状化との関係性について、塑性(物体に力を加え変形させたとき、力を除いても変形したまま元に戻らない性質)及び間隙水圧(土粒子同士の隙間にある水が持つ水圧)に着目して考察する。

1)塑性

粘性の大きい土ほど、塑性も伴って大きくなる。塑性の小さい土は、地震による繰り返しせん断を受け、せん断仕事が増加した際に、粒子が容易に再配置され、体積収縮を起こそうとする。しかし、一般的な地震時のよう排水の難しい条件下においては、間隙水が排出されず空隙体積が減少しないため体積収縮が行えず、このとき、収縮しようとする力が間隙水に伝わり、間隙水圧の急激な上昇を招く（八木則男（1978）、坂井晃, 落合英俊（1986））。

この間隙水圧の上昇が、2)で述べることより、液状化へとつながる。

2)間隙水圧

土壌が受ける外部からの総合的な応力を全応力といい、これは以下の式で表される。

$$\sigma = \sigma' + u$$（σ:全応力/ σ':有効応力/ u:間隙水圧）

これより、u:間隙水圧が急激に上昇すれば、伴って σ':有効応力（土粒子同士が押し合う力）が急激に低下することが分かる。

ここで、せん断強度（ずれようとする力（＝せん断）に耐えられる限界の力）に関する以下の式に

ついて考える。

$\tau = c + \sigma' \tan\phi$ （τ:せん断強度/ c:粘着力/ σ':有効応力/ϕ:内部摩擦角）

粘性の小さい土壌、例えば砂については $c \approx 0$ なので、せん断強度の式についても

$$\tau \approx \sigma' \tan\phi$$

となる。よって、σ':有効応力の低下が直接 τ:せん断強度の低下につながる。

土の骨格たる有効応力が極めて小さくなることで、地盤が流動的な挙動を示し、液状化に至る。

以上 1).2)をまとめると、粘性の小さい土壌ほど塑性が小さく、そのため地震の際に間隙水圧が急激に上昇し有効応力が失われ液状化につながる、ということになる。

実験の結果を見てみると、粘性の小さい土ほど発生した水分量は多くなっており、粘性の小さい土壌ほど、液状化しやすいということを示唆している。

5．今後の課題

1)粘性の評価方法

粘性の評価方法について厳密性に欠ける。液性試験及び塑性限界実験の再現による、粘性の数値化をもって解決したい。

2)振動の信用性

装置による振動が果たしてどこまで正確に地震動の再現となっているのか疑問が残る。グラフ等を用い、今後検証を行いたい。

3)間隙水圧の測定

間隙水圧について、実験後の容器Mにて実際に測定できた訳ではない。何らかの方法により、今後測定を行いたい。

4)土壌の条件設定

土壌に含ませる水分量について、現状「最大限水を含んだ状態」に限定してしまっている。この条件についても今後変更していきたい。

また、容器内の土壌についても、一種類の土に統一するのでなく、混合するなどして条件を変更した実験を行いたい。

5)実験における液状化の評価

実験においては、発生した水の量より、その土壌でどの程度液状化が発生したかを考えた。ただ、この検討にあたっては複数の要素に基づかれることが望ましいため、今後は水分量以外にも容器内で起こった変化について多様なデータを記録していきたい。

6．参考文献

國生剛治（2009）「液状化現象：巨大地震を読み解くキーワード」鹿島出版会

吉田力（1984）「粒径の違いが土の理工学性に及ぼす影響」山形大学紀要(農学)第 9 巻第 4 号

八木則男（1978）「繰り返しせん断による砂の体積変化と過剰間隙水圧」土木学会論文集　第 275 号

坂井晃, 落合英俊（1986）「せん断仕事に基づく飽和砂地盤の液状化解析」土木学会論文集　第 370 号

小野耕平,岡大二朗,岡村未対（2024）「間隙水圧発生モデルを用いた砂の液状化強度と部分排水効果の評価」日本地震工学会論文集 2024 年 24 巻 4 号

地盤工学会・関東支部 液状化に係わる被害のメカニズムと名称を考える委員会（2023）「液状化に係わる被害のメカニズムと名称を考える委員会成果報告書」

北日本産業株式会社「東北珪砂資料」

北日本産業株式会社「JIS 規格と東北珪砂」

日本防災科学研究所（2024）「令和 6 年能登半島地震 液状化の分布と特徴」

若松加寿江,吉田望,陶野郁雄.青山翔（2024）「6年能登半島地震による 液状化発生地域の土地条件と液状化履歴」

東京都「液状化って何？」東京都建物における液状化対策ポータルサイト

井上喜寛, 南畑大翔（2024）「液状化現象と地震波の関係について～地震波の周波数に着目して～」令和6年度科学のもり　第27班研究成果報告書

エイムズの部屋

～ベクトルを用いた空間の歪みの検証～

Ames room

～Verification of spatial distortion using vector～

Abstract

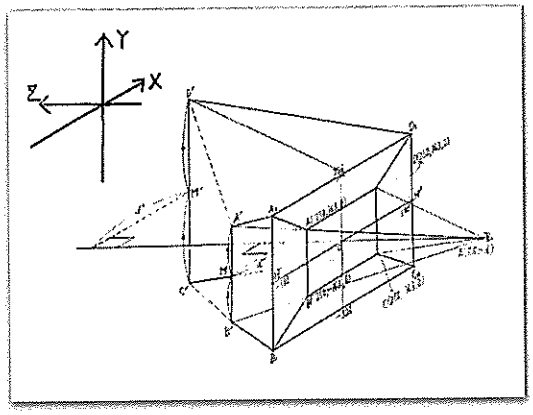
To create an optical illusion, a simple model of the room was used and the coordinates of the four corners were set. Using basic vector ideas, it was checked whether the four points lie on the same plane. The result showed that the four points are not on the same plane and only under special conditions can all points lie on a single plane. This shows that a small distortion in the ceiling is necessary to create the illusion in the Ames room.

1．はじめに

エイムズの部屋は、物体の大きさや形が実際とは異なって見える視覚的錯視の一種である。例えば、同じ大きさの２つの物体が、エイムズの部屋の構造によって大きさに大きな差があるように見える。これまでの研究では、エイムズの部屋を解析し、コンピュータプログラムを用いて部屋のモデルを作成できることが示されてきた。しかし、実際に物理的な模型を作成すると、天井と壁の間に隙間が生じることが多かった。表面の色を変えたり、天井を押さえつけたりすることで形状は改善されたが、完全なエイムズの部屋を作ることはできなかった。

そこで本研究では、表面の間に隙間のない完全なエイムズの部屋を構築することが可能かどうかを調べた。

2．研究方法



まず、座標空間内に配置されたエイムズの部屋のモデル（図１）を考え、壁と接する４点 D’、A’、Ao、Do の座標を定めた。

ここで、Ao = (-500, 326, 0)、Do = (500, 326, 0) とする。

次に、D’ は視点 E(0, 0, -d) と点 D(250, 163, 0) を結ぶ直線上にある。

したがって、直線 ED 上の点の座標は

x / 250 = y / 163 = (z + d) / d

を満たす。D’ の x 座標を d” とすると、D’ の座標は

D’ = (d”, 163d”/250, d(d”/250 - 1))

となる。

同様に、A’ は直線 EA 上にあり、その座標は

x / (-250) = y / 163 = (z + d) / d

を満たす。A’ の x 座標を -d’ とすると、A’ の座標は

A’ = (-d’, 163d’/250, d(d’/250 − 1))

となる。

よって、注目する４点の座標は次の通りである。

・D’ = (d”, 163d”/250, d(d”/250 − 1))→D

・A’ = (-d’, 163d’/250, d(d’/250 − 1))→A

・Ao = (-500, 326, 0)→C

・Do = (500, 326, 0)→B

次に、点 D’ から他の３点へのベクトルを考える（以下、ベクトルを vec で表す）。

・vecDA = (-d’ − d”, 163(d’ − d”)/250, d(d’ − d”)/250)

・vecDB = (500 − d”, 326 − 163d”/250, (-dd” + 250d)/250)

・vecDC = (-500 − d”, 326 − 163d”/250, (-dd” + 250d)/250)

ここで、vecDB と vecDC の y 成分および z 成分は等しい。完全なエイムズの部屋では、平らな天井が不可欠である。そのため、vecDA は次の関係を満たす必要がある。

$$\mathrm{vecDA} = s\cdot\mathrm{vecDB} + t\cdot\mathrm{vecDC} \quad (s,\ t \in \mathbb{R})$$

また、平らな天井を保つためには、次の関係が成り立たなければならない。

(vecDA の y 成分) / (vecDB の y 成分)
= (vecDA の z 成分) / (vecDB の z 成分)

３．結果

(1) d’ ≠ d” の場合

d’ − d” ≠ 0、すなわち d’ ≠ d” の場合を考える。このとき、平らな天井の条件は次のように書き換えられる。

(163(d’ − d”)/250) / (326 − 163d”/250) = (d’ − d”) / -(d” − 250)

両辺を (d’ − d”) で割り、分母を整理すると、

163 = 326

となり、これは矛盾である。

したがって、d’ ≠ d” のとき、４点は同一平面上に存在しない。

(2) d' = d" の場合

次に、d' = d" の場合を考える。このとき、vecDA の y 成分および z 成分はともに 0 となる。y 成分に注目すると、

0 = s·(vecDB の y 成分) + t·(vecDC の y 成分)

となる。vecDB と vecDC の y 成分は等しいため、

(s + t)(vecDB の y 成分) = 0

が成り立つ。よって、

s + t = 0

である必要がある。
次に、x 成分に注目する。

- vecDA の x 成分 = -2d"
- vecDB の x 成分 = 500 - d"
- vecDC の x 成分 = -500 - d"

vecDA = s·vecDB + t·vecDC より、x 成分について、

-2d" = s((500 - d") - (-500 - d"))
-2d" = s·1000

となる。これを解くと、

s = -d"/500
t = d"/500

となる。
したがって、d' = d" のとき、この式は常に成り立つ。

(3) d" = 250 の場合

vecDB および vecDC の z 成分に注目すると、d" = 250 のとき分母が 0 となるため、平らな天井を表す条件式は成り立たない。

3 つの条件のまとめ

以上より、4 点の関係は次のようにまとめられる。

- d' ≠ d" → 4 点は同一平面上にない
- d' = d" → 式は常に成り立つ

- d” = 250 → 式は成り立たない

4．結論と考察

結果より、d′ および d″ は天井の形状に大きな影響を与えるといえる。一般に、天井を平面にすることは困難であるが、特定の条件下では可能となる場合も考えられる。また、d′ ＝d″ のときには、部屋の形状により、奥行きがないため錯覚が生じないと予想される。

以上のことから、天井が平面であるエイムズの部屋を作ることは難しいと結論づけられる。

5. 今後の課題

本研究では、視点の位置を固定して解析を行った。今後は、視点の位置を変化させた場合に、４点がどのような関係を満たせば錯視が成立するのかを調べ、モデルの一般化を行うことが課題である。

6．参考文献

Group Columbus, アカネ書房『トリックアート図鑑 ペーパークラフト』, 2009 年

二保奈央, 佐野大地, 鄭凱斗「立体解析幾何を用いたエイムズの部屋の構築」, 2024 年

-曲面を数学とコンピュータで展開する-

-Developing Curved Surfaces Using Mathematics and Computers-

Abstract

This research develops surfaces using mathematics and computers. Surfaces that are difficult to develop are analyzed from a geometric perspective and output onto a plane. For example, when creating a net for a sphere, the sphere can be flattened by dividing it into small pieces and then assembled to create an approximate sphere. This research aims to translate vase-shaped solids into mathematical programs and apply patterns to them.

1．はじめに

立体形状の展開図制作は、工学設計や製造業において重要な技術である。特につぼのような回転対称性をもつ複雑曲面の展開図作成には、高度な数学的解析が必要となる。従来の手法では経験的な近似による展開図作成を基礎とし、曲面の特性を生かした展開図生成が主流であったが制度の限界が指摘されていた。

2．研究方法

理論

A-1. 円柱鏡式歪み絵

つぼ型立体は、回転軸を中心とした曲線の回転体として定義される。本研究では、この形状を展開図として平面上に表現するため、曲面の展開理論を適用した。つぼ型立体の展開図を数学的に制作する手法を提案する。曲面の特性を保持した 10 進 BASIC を用いた展開図生成の構築を実行した。

A-2. 座標変換の基礎理論

極座標系における点 P(r, θ)と直交座標系における
点 P(x, y)の関係は、以下の三角関数により表現される。

右図より、$x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$

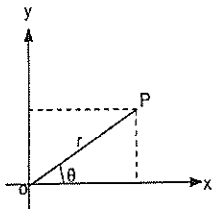


図 1 極座標系と直交座標系の関係

A-3. 手法

3.1 展開図生成アルゴリズム

展開図の制作において、以下の手順により座標変換を実行した。

ステップ 1：角度 θ の算出

図 2 図 3 より角 θ の値を求める。

θ ：180=CE：CB

CE = 150-x , CB = 300 より

$\theta = 180((150-x)/300)°$

ステップ 2：展開半径 OP' の計算

OP' =OH+HP' =OI+IJ=150+IJ

IK：IJ=OG：OF より IK=250 , OG=300 , OF=y

∴ IJ=(250/300)y

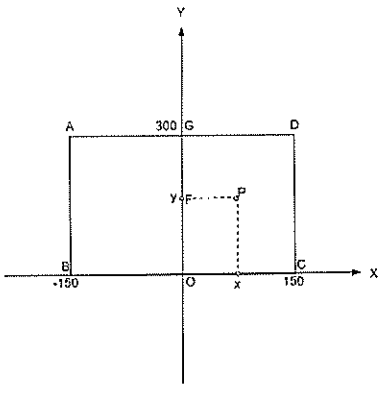


図 2 展開図の座標系設定

OP’　= 150+(250/300) y

3.2 座標変換式の導出

最終的な座標変換は、以下の式により表現される。

x’　=cos(180((150-x)/300)°)(150+(250/300) y)…α

y’　=sin(180((150-x)/300)°)(150+(250/300) y)…β

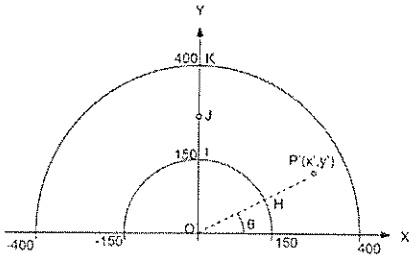


図 3 つぼ型展開図の最終形状



図 4 出力結果

B-1 つぼ型歪み絵

つぼを縦に 10 分割して円錐台に近似することによって各部分を環状扇形の展開図に変換する。これに円柱鏡式歪み絵を応用し、もとになる画像を展開図の形に変換することで、平面図をつぼ型に変形する。

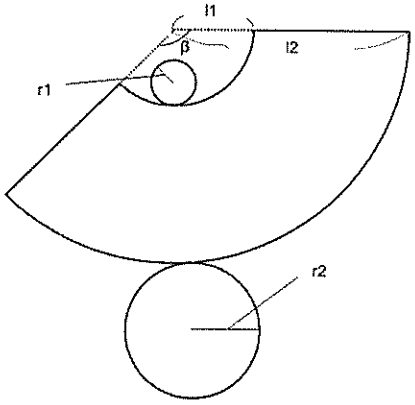


図 X

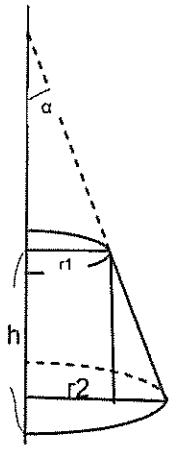


図 Y

図 X は図 Y の台形を回転させてできた円錐台の展開図である。

またこれはもとのつぼを 10 分割したうち、下から 0～9 の番号を付けた

n 番目の円錐台とし、図 X,Y のように r1,r2,l1,l2,α を定義する。

つぼは今回三次関数の回転体とみなし、この関数を f(x) とする。プログラム上つぼの高さは 600 としているので、円錐台の高さは h=60 である。

B-2. 計算・プログラム

r1=60n, r2=60 (n+1) であるから図より α=Arctan ((r2-r1)/h),

l1-r1/sinα, 相似より l2=l1*r2/r1, 図より (半径 12 中心角の弧の長さ)=(半径 r2 の円周) であるから B=2*1*π/11 以上で 2-1 にて行った解析に必要な環状扇形の情報が求まったため、これらをプログラムに代入する。

プログラムを作成するにあたって以下の処理が必要になる。また、下が実際のプログラムと実行結果である。

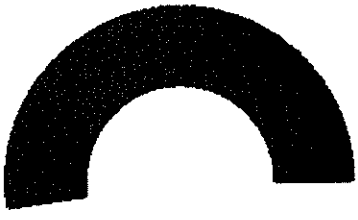
・壺に応用する場合、ｒ１とｒ２の長さの大小が逆である場合も存在し、その場合は画像の下側が環状扇形の外側にあたるため、上下の大小を検知して文字を適切に入れ替え、3-1 の変換式の符号を適切に変え、環状扇形の内側か外側どちらが壺の下側にあたるかをテキストとして出力する。

```
100 !'**********************************
110 CLEAR
120 DIM c$(0 TO 5)
130 DIM cc(0 TO 5)
140 !'**********************************
150 gload"d:正方形1.bmp"
160 !'**********************************
170 SET BITMAP SIZE 1000,640
180 SET WINDOW -160,840,-320,320
190 LET d=3.14159/180
200 !'**********************************
210 INPUT PROMPT "0～9の":k
220 DEF f(x)=0.000004*(x-450)^3+0.0018*(x-450)^2+0.005*(x-450)
230 LET h=60
240 LET x=0+60*n
250 LET r1=f(x)
260 LET x=60+60*n
270 LET r2=f(x)
280 IF r2<r1 THEN
290    LET N1=r1
300    LET N2=r2
310    LET r2=N1
320    LET r1=N2
330    LET N3=-1
340    LET N4=32
350    LET N5=400
360    PRINT "長いほうが下"
370 ELSE
380    LET N3=1
390    LET N4=0
400    LET N5=0
410    PRINT "短いほうが下"
420 END IF
430 LET α=atn((r2-r1)/h)
440 LET l1=r1/SIN(α)
450 LET l2=l1*r2/r1
460 LET β=r1*2*PI/l1
470 PLOT LINES:161,-321;161,321
480 SET AREA COLOR 199
490 flood 162,-319
500 !'**********************************
510 FOR y=0+k*32 TO 32+k*32 STEP 1
520    FOR x=-160 TO 10 STEP 1
540       SET COLOR MODE "NATIVE"
560       ASK PIXEL VALUE(x,y) c
570       LET c1=c+16^6
580       LET c1$=BSTR$(c1,16)
590       LET b5$=mid$(c1$,2,1)
600       LET b4$=mid$(c1$,3,1)
610       LET g3$=mid$(c1$,4,1)
620       LET g2$=mid$(c1$,5,1)
630       LET r1$=mid$(c1$,6,1)
640       LET r0$=mid$(c1$,7,1)
650       LET c$(5)=b5$
660       LET c$(4)=b4$
670       LET c$(3)=g3$
680       LET c$(2)=g2$
690       LET c$(1)=r1$
700       LET c$(0)=r0$
710       FOR m=5 TO 0 STEP -1
720          IF c$(m)="A" THEN LET c$(m)="10"
730          IF c$(m)="B" THEN LET c$(m)="11"
740          IF c$(m)="C" THEN LET c$(m)="12"
750          IF c$(m)="D" THEN LET c$(m)="13"
760          IF c$(m)="E" THEN LET c$(m)="14"
770          IF c$(m)="F" THEN LET c$(m)="15"
780       NEXT m
790       FOR n=5 TO 0 STEP -1
800          LET cc(n)=VAL(c$(n))
810       NEXT n
820       LET b=(16^1*cc(5)+16^0*cc(4))/256
830       LET g=(16^1*cc(3)+16^0*cc(2))/256
840       LET r=(16^1*cc(1)+16^0*cc(0))/256
860       SET COLOR mode "REGULAR"
880       SET COLOR MIX(255) r,g,b
890       SET AREA COLOR 255
900       LET x1=0.7*(((l1+(l2-l1)*(N3*(y-k*32)+N4)/32)*COS((β*N3*(160-x))/320))-l1)
910       LET y1=0.7*(((l1+(l2-l1)*(N3*(y-k*32)+N4)/32)*SIN((β*N3*(160-x))/320))-0.5*l2*SIN(
920       DRAW disk WITH SCALE(2)*SHIFT(x1+475,y1-80+N5)
930    NEXT x
940 NEXT y
950 END
960 !'**********************************
```

図５　完成したプログラム

３．結果

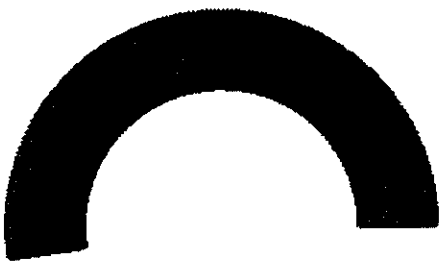
結果は以下の図の通りとなった。



図Ｐ　０を代入したとき



図Ｑ　５を代入したとき



図Ｒ　９を代入したとき

４．考察／結論

本研究では歪み絵の原理を解析し、円柱鏡式歪み絵およびつぼ型歪み絵の生成について検討を行った。つぼ型立体は完成させることができたが、プログラムの不備により、画像が画面外にはみ出してしまうことと、画像に模様をつけることができなかった。原因として、l1, l2 が大きい場合 window 外に環状扇形が存在することになるため、平行移動や全体の縮小などの補正ができていなかったのではないかと考えた。

５．今後の課題

今後は、分制数の増加による近似精度の向上や、より複雑な立体形状への展開、コンピュータグラフィックスとの連携などを通じて、歪み絵の表現力と応用範囲をさらに拡大できると期待される。

６．参考文献（ＭＳゴシック１２ポイント）

大西俊博弘（2005）「円錐アナモルフォーシス（歪み絵）―極座標の応用―」奈良女子大学付属中等教育学校研究紀要第 46 集

手の関節位置取得による輪郭の予測

Prediction of Hand State in 0.5 Seconds Ahead

Abstract

In recent years, motion prediction accuracy using machine learning has improved, and research has been particularly active in areas such as sports. This study focuses on predicting hand movements. We used Google's Media Pipe to extract 21 hand joints and applied an LSTM model to forecast joint positions and predict the hand skeleton. However, predicting 0.5 seconds ahead caused large delays, making accurate forecasting difficult. At present, our prediction is limited to about 0.1 seconds ahead. Finally, beyond skeleton prediction, we aim to predict visual appearance by overlaying past frame images onto the predicted hand joint positions.

1．はじめに

近年、モーショントラッキングとディープラーニングを組み合わせて人の動きを予測する研究が盛んであり、いくつかの先行研究でスポーツ分野での応用を目指して全身の骨格の動きの予測を行っていた。そこで本研究では対象を手に絞り骨格の動きの予測に加え、輪郭を抽出することで0.5秒先の輪郭を含めた手の状態の予測を行うことを目指した。動きに加えて手の見た目や輪郭の予測も行うことでスポーツだけでなく、VRやARなどの様々な分野に応用できると考えた。手の関節位置を取得するのには外部デバイスが不要であるGoogle社のMediaPipe Hand Landmarkerを用いた。関節位置予測には先行研究でも使われていた時系列予測に強いLSTM（Long Short-Term Memory：長・短期記憶）を用いて0.5秒先の関節位置の予測を目指した。

2．研究方法・研究結果

(1)関節位置の検出

Google の MediaPipe Hand Landmarker を用いてリアルタイムで手関節21個(図1）の検出を行った。1フレームごとに手首（[0]）の2次元の絶対座標と、手首を基準にした各関節（[0]～[21]）の2次元の相対座標を合わせた44次元のデータを記録した。相対座標を使うことで手全体の移動に影響されにくく、手の形状変化そのものに注目した特徴量を得られるように設定した。

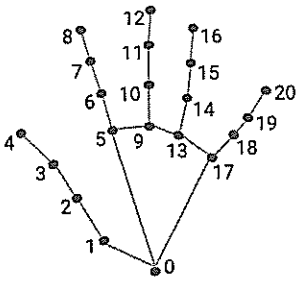


図1　検出される関節位置と対応番号

https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/hand_landmarker?hl=ja

Accessed 27 May 2025

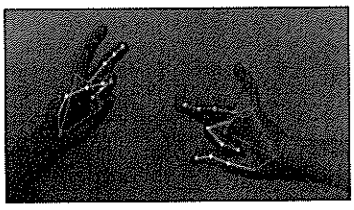


図2　関節位置の検出の様子

(2) 関節位置の予測

はじめ 0.5 秒先の手の関節位置の予測を目指したが、ずれが大きくなってしまい予測が困難であったため、まず 0.1 秒先の関節位置の予測モデルの構築を行い 0.5 秒後の予測を目指した。これからデータを増やしたりモデルを改良したりして予測可能時間を延ばしていく予定である。

関節位置の予測にはディープラーニングに特化したライブラリである PyTorch を用いて先行研究でも使用されていた LSTM を実装した。LSTM とは時系列データの長期的な依存関係を学習するために設計された RNN(Recurrent Neural Network ：再起型ネットワーク）の一種である。従来のニューラルネットワークでは古い情報を記憶しておくことが難しく、時系列データの処理を行うことが難しかったが、LSTM は過去の情報を記憶して現在のデータを処理できるため時系列を持ったデータの処理が可能となっている。また、従来の RNN よりも長期的な時系列データを扱えるという特徴がある。

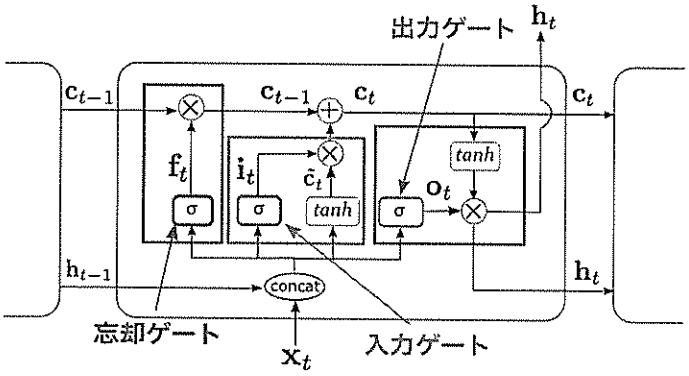


図 3　LSTM の構造

https://cvml-expertguide.net/?attachment_id=42018

Accessed 22 Sep. 2025

LSTM は図 3 のような構造になっている。各時刻で入力と前時刻の隠れ状態・セル状態を受け取り、セル状態（長期記憶）と隠れ状態（出力用の状態）を更新する。忘却ゲートは前のセル状態をどれだけ保持するか、入力ゲートは新しい情報をどれだけセル状態に書き込むか、出力ゲートは更新後のセル状態をどれだけ隠れ状態として外に出すかを、それぞれシグモイド関数で 0～1 にスケールして要素ごとに制御する。セル状態は「保持成分＋書き込み成分」の加算形で更新されるため、忘却ゲートが 1 に近いと勾配がセル状態に沿って比較的流れやすくなり、長期依存を学習できる。

今回のモデルは、1 秒間 30 フレーム、入力は 12 フレーム分の 44 次元の座標を次元ごとに標準化したものとし、隠れ層は 128 ユニット、学習率は 0.001、エポック数は 150 に設定した。はじめはそれぞれの絶対座標を用いていたが予測が暴れてずれが大きかったので手首の絶対座標と全関節の相対座標を使用した。出力も入力と同じ手首の絶対座標とその他関節の相対座標とした。損失関数は、手の形を決めるうえで重要な相対座標を重み 1.0 で重視し、手首の絶対座標は重み 0.3 で補助的に扱った。

これにより、より手の形を重視して指のずれを抑えることができ、誤差は1エポック目では 0.236 程度であったが 150 エポック目では 0.　036 程度まで減少をした。何度か学習したが同じような値になり、モデルが小さい誤差で 0.1 秒後の各間接位置を予測できるように学習が成功したことを確認できた。

$$\text{Loss_total} = \frac{1}{42}\sum (Y_rel_i - \hat{Y}_rel_i)^2 * 1.0 + \frac{1}{2}\sum (Y_wrist_i - \hat{Y}_wrist_i)^2 * 0.3$$

損失関数

相対42次元=Y_rel　予測=$\hat{Y}$_rel　手首2次元=Y_wrist　予測を=$\hat{Y}$_wrist

図 4 損失関数の設定

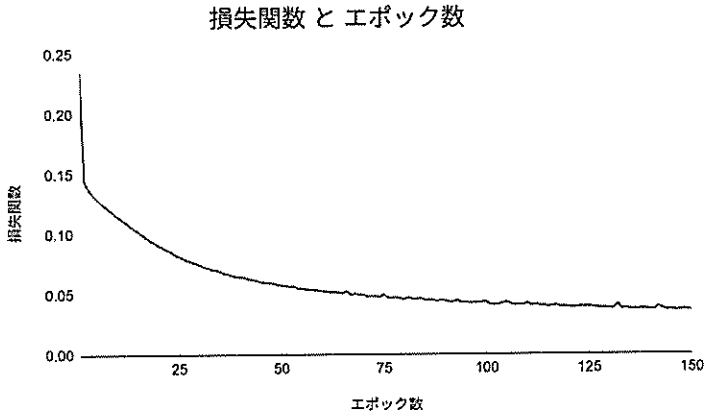


図５　損失関数の推移

(3)輪郭の抽出

手の輪郭を画像から取得するため、映像を HSV （色相、彩度、明度）という色表現に変換し、Hue(色相) チャンネルを取り出して1から 15 の範囲を肌の色とみなしてその範囲を抽出した。それぞれのマスに対して周辺９×９マスの値の中央値を計算し、中央マスの値として置き換えるというメディアンフィルタ処理を行ってノイズを除去し、複数の輪郭が見つかった場合は面積が最大のものを手として採用した。これにより、図６、７のように手の範囲を決定し輪郭を抽出することができた。しかし、肌の色を色相の値で判断しているため、照明などの影響を受けやすいという課題が残っている。





図６，７　輪郭検出の様子

３．今後の課題

(1)関節位置予測の精度向上

現在の段階では、0.1 秒後の関節位置予測に関しては小さいずれで予測できているが、目的である 0.5 秒後の推定は、手の動きが非常に速く複雑であることや、学習データの量がまだ十分でないことから精度が低く、できていない。学習データを増やすことで予測の安定性を高めるほか、LSTM モデルの改善を行って長期的な動きの依存関係をより正確に扱えるようにすることを目指している。

(2)輪郭の予測

取得した関節座標から関節の角度を計算し、抽出した輪郭から重心を決定して重心から見た角度を計算し角度が近い部分を対応させる処理を行う方法で抽出した輪郭と関節予測を基に輪郭の予測を行っていく予定である。関節位置からベクトルの積を計算して角度を出すプログラムは完成したので、現在輪郭の角度を計算するプログラムの作成に取り掛かっている。関節と輪郭は、手が回転しても重心からの角度がほぼ保たれるため、この角度差が最も小さい点同士を結びつけることで、自然な手の形を再構成できると考えている。距離だけで対応付けると手の向きが変わった際に大きな誤差が生じやすいが、角度を利用すれば回転に対して頑強な対応付けが可能であると考えられる。

４．参考文献

Yuuki Horiuchi, Yasutoshi Makino, Hiroyuki Shinoda.
“Computational Foresight: Forecasting Human Body Motion in Real-time for Reducing Delays in Interactive System”.ACM DIGITAL
LIBRARY. (2017/10/17)
https://www.teu.ac.jp/ap_page/koukai/2020_05_3shiraishi.pdf
(2025/3/24 参照)

Erwin Wu, Hideki Koike.
“FuturePose - Mixed Reality Martial Arts Training Using Real-Time 3D Human Pose Forecasting With a RGB Camera”. 2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV).
(2019/3/7)
https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8658594/metrics#metrics
(2025/4/11 参照)

直角柱鏡式歪み絵の数式化

Mathematical Formulation of Pictures Distorted by Prism Mirrors

Abstract

We think art and mathematics are closely related. Going to a science museum, we noticed that there are the distorted mirrors through which we can seem to be taller or shorter, bigger or smaller, and so on, and found that this effect is called anamorphosis. This is also one of the ways of drawing. Artists have created many works using this effect, putting distorted mirrors and following their artistic instinct. Therefore, the purpose of this research is to analyze pictures distorted by mirrors mathematically, and to make them reproducible by programing with "Decimal Basic." Mathematical formula of pictures distorted by curved mirrors had been done in previous research, so we made formula of those distorted by prism mirrors. The simultaneous equations which stand for relationship between original pictures and distorted pictures are derived. However, they are too complicated to create the program because we have to solve the simultaneous equations when we create it. In conclusion, we couldn't achieve the purpose of creating a program to make works using anamorphosis reproducible.

1．はじめに

科学館や美術館には、前に立つと身長が高くなったように見えるなどの効果をもった歪んだ鏡が設置されている。これはアナモルフォーシスと呼ばれる技法で、15 世紀末頃から発展した。現在まで、アナモルフォーシスを利用した作品は実際に鏡を置きながら感覚的に制作されている。そこで本研究ではこの美術的手法を数学的に解析し、感覚に頼らずに再現可能とすることを目的とした。アナモルフォーシスを利用した鏡の展示では、鏡の前に立つ人の身長や立つ位置によって、予想通りに見えないことがある。アナモルフォーシスを数学的に解析することで、この鏡の展示の改善につながることが予想できる。先行研究で回転体である曲面鏡式歪み絵についての数式化及びプログラミング化が行われていたため、本研究では特に直角柱鏡式歪み絵に注目した。

2．方法

(1) 鏡を通して見たい画像を原画、変形後の画像を歪み絵と呼ぶ。直角柱鏡に歪み絵を反射させた場合、先行研究では鏡上に原画が現れるような数式化とプログラミング化が行われていたが、本研究では原画が xz 平面上に虚像として現れるように数式を立てる必要があることを確認した。

(2) 視点、反射点、虚像点など必要な点を図１のように三次元座標に設定した。

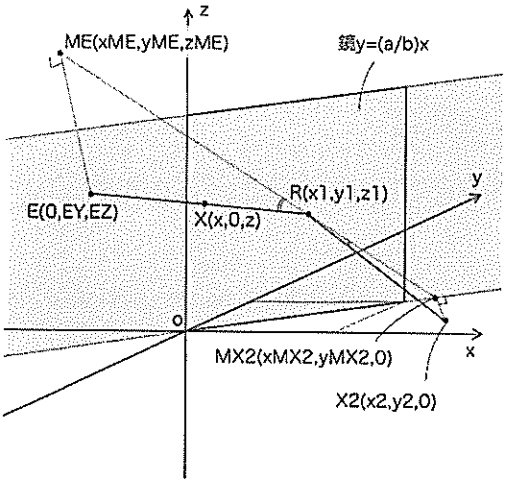


図１　三次元座標

直角柱鏡を x≧0 の範囲で考える。x≧0 において直角柱鏡は $y=\frac{a}{b}x$ の平面として考えられる。

また、x＜0 の範囲においては、x≧0 の範囲で求められた数式の x を-x に変換することで同様に数式を求められる。次に、以下のように座標を設定する。

視点：E(0,EY,EZ)

原画：X(x,0,z)

反射点：$R(x_1,y_1,z_1)$

歪み絵：$X_2(x_2,y_2,0)$

点 E, X_2 から平面 $y=\frac{a}{b}x$ におろした垂線の足をそれぞれ点 ME,MX_2 とする。

(3) 入射角と反射角が等しいという反射の法則と三角形の相似を利用し、原画と歪み絵の関係を数式で表現した。

点 M_E は点 E から平面 $y=\frac{a}{b}x$ におろした垂線の足であるから、直線 M_EE と直線 $y=\frac{a}{b}x$ は直交する。直線 M_EE と直線 $y=\frac{a}{b}x$ との傾きの積は－１であるから直線 M_EE の傾きは $-\frac{b}{a}$ で

直線 M_EE：$y=-\frac{b}{a}x+EY$

であり、点 M_E は直線 M_EE 上かつ平面 $y=\frac{a}{b}x$ 上の点であるから点 $M_E(\frac{abEY}{a^2+b^2},\frac{a(abEY)}{b(a^2+b^2)},EZ)$ が求められる。以下、これを点 $M_E(xME,yME,zME)$ と書く。

次に、点 MX_2 は直線 M_ER 上の $z=0$ の点である。点 $M_E(xME,yME,zME)$ と $R(x_1,y_1,z_1)$ より

直線 M_ER : $\frac{z1-zME}{x1-xME}x+\frac{x1zME-z1xME}{x1-xME}=\frac{z1-zME}{y1-yME}y+\frac{x1zME-z1yME}{y1-yME}=z$

であり、点 MX_2 $(-\frac{x_1zME-z_1xME}{z_1-zME},-\frac{y_1zME-z_1yME}{z_1-zME},0)$ が求まる。

△EM_ER、△X_2MX_2R において、点 ME,MX_2 はそれぞれ点,E X_2 から平面 $y=\frac{a}{b}x$ におろした垂線の足より ∠EM_ER=∠X_2MX_2R、反射の法則より、∠ERM_E=∠X_2RMX_2 であるから、△EM_ER∽△X_2MX_2R である。相似な三角形の辺の比は全て等しいことから、ER^2: X_2R^2= M_E E:MX_2 X_2 であり、これを解くと

$\{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_1)^2\}\{(xME)^2+(EY-yME)^2\}=\{(x_1)^2+(y_1-EY)^2+(z_1-EZ)^2\}\{x_2-xMX2)^2+(y_2-yMX2)^2\}$

が導かれる。これを式①とする。

次に、直線 MX_2 X_2 の傾きより

$\frac{b}{a}=\frac{y_2-yMX2}{x_2-xMX2}$

であり、これを解いて

$x_2=xMX2-\frac{a}{b}(y_2-yMX2)$

が導かれる。これを式②とする。

3．結果

式①$\{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_1)^2\}\{(xME)^2+(EY-yME)^2\}=\{(x_1)^2+(y_1-EY)^2+(z_1-EZ)^2\}\{x_2-xMX2)^2+(y_2-yMX2)^2\}$

式②$x_2=xMX2-\frac{a}{b}(y_2-yMX2)$

視点 E(0,EY,EZ)は定点、反射点 $R(x_1,y_1,z_1)$は原画上の点 X と平面によって定まる点であるから、任意の原画上の点 X(x,0,z)に対して歪み絵上の点 $X_2(x_2,y_2,0)$が決まるような関係式を求めることができた。

４．今後の課題

点 $X(x,0,z)$ と点 $X_2(x_2,y_2,0)$ の関係式が連立方程式として求められ、数式化することができた。しかし、この関係式を用いてプログラミングを作成し、角柱鏡を用いたアナモルフォーシスを誰でも再現可能にするためには連立方程式を解き、左辺が x_2 または y_2 で、右辺が x_2 または y_2 を含まない式の形に整理することが必要であるが、これは非常に困難である。

先行研究では x ‘から R への変換が行われていたが、本研究では x ’から x への変換を目指した。①、②の連立方程式を解き、プログラミングを行うことで先行研究よりも誤差を小さくすることができるのではないかと予想する。

５．参考文献

大野穂（2025）「曲面鏡式歪み絵の数式化」

井村俊一（1995） 図学教育へのパーソナルコンピューターの利用について（３）-歪絵の厳密解析についての考察- 金沢美術工芸大学紀要（39）45 1995 年

2次元展開図から3次元立体への復元

Reconstruction from a 2D net to 3D solid

Abstract

This research, conducted in a WSL2 environment using Python (NumPy, Trimesh), focuses on reconstituting a 2D net into a 3D polyhedron. The method involves defining the net on the xy-plane, sequentially folding faces around shared edges, and finally merging vertices for closure. This work in computational geometry is discussed in relation to Alexandrov's theorem.

1．目的

展開図は、数学の問題に用いられたり、ペーパークラフトに活用されたりし、その使用範囲は幅広い。また、3次元立体から2次元展開図への変換は容易に出力することが可能である。しかし、その逆の作業は容易ではない。本研究は、定義された展開図の情報をもとに、立体を復元することを目的とする。

2．研究デザイン

(i) 方法

この研究はWindows 11上でWSL 2というLinux 仮想環境を作成し、Pythonを用いて研究を行った。main.py, net.jsonという2つのファイルを用意した。main.pyについては後の項で記述する。

① net.jsonについて

本研究では、net.jsonという形式で展開図を定義した。具体的には図1, 2のように定義する。

図1

```
"面"        : {
  "面の名前": {
  "頂点"   : [[頂点の座標], …],
  "辺"     : {"辺の名前": [結ぶ座標], …},
  "接する面": {
    "接する他の面" : {"面の辺" : "辺の名前", "他の面の辺" : "他の辺の名前", "面が成す角" : (角度)}, …},
            }
            },
}
```

図2

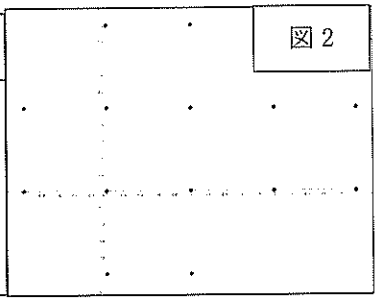


図2を定義したい展開図として、図1がnet.jsonに変換した形となる。

一つの面を構成するそれぞれの点（z座標が0）を面ごとに定義する。また、辺の情報は頂点の行列で処理する。後述のmain.pyはこのjsonファイルを元に展開図を立体に復元する。

(ii) アルゴリズム

① 関数

いくつかの関数を定義した。関数の名前と役割は以下の通りである。

(定義した関数)：(役割)

normalize：与えられたベクトルを単位ベクトルに変換する。微小長さによる計算ミスの防止に貢献。

get_edge_vector：与えられた頂点行列と辺行列をもとにベクトルの処理をする。ベクトルの始点、終点、向きを返す。

create_alignment_matrix：展開図を構成する面同士をつなげる。立体への復元を担う。

build_scene_graph_recursive: 再帰的に面を構成する。隣接辺行列を元に、折り曲げ処理を繰り返し行う。

build_all_meshes: 面を配置する。もし、復元処理の途中でうまく処理されなかった面（離れている面）を検出したならば、再度復元処理を試みる。

is_approximately_watertight: 完成した立体に穴が空いていないか、辺の処理にミスがないか評価する。

merge meshes: 展開図を処理して生まれたメッシュを 1 つに結合する。

convert_trimesh_to_open3d: 結合されたメッシュを 3D ファイルに変換する

② 処理の流れ

main.py を実行することで、結果を得られる。正四面体の例を用いて記述する。

(1)の①に基づいて、net.json を定義する。

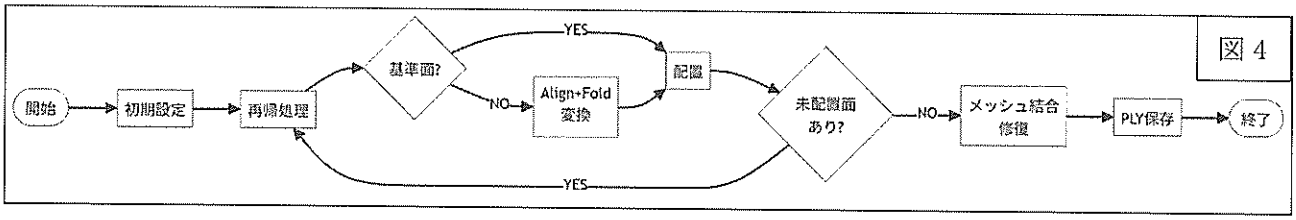
正四面体の net.json は以下のようになる。(抜粋)

図 3

```
"faces": {
  "f0": {
    "vertices": [
      [0.0, 0.0, 0.0],
      [1.0, 0.0, 0.0],
      [0.5, 0.866025, 0.0]
    ],
    "edges": [[0, 1], [1, 2], [2, 0]],
    "neighbors": {
      "f1": {"self_edge": 0, "other_edge": 0, "angle_deg": 109.47},
      "f2": {"self_edge": 1, "other_edge": 0, "angle_deg": 109.47},
      "f3": {"self_edge": 2, "other_edge": 0, "angle_deg": 109.47}
    }
  }
```

以下の図は main.py の処理の流れを簡単に表したものである。

図 4



プログラムの実行開始とともに net.json を開始する。

build_all_meshes 関数を呼び出し、基準面を配置する。(今回の場合は f0 が基準面となる。) この基準面を元に、再帰的な関数 build_scene_graph_recursive を用いて展開図を立体へ復元する。net.json に記述されている基準面の隣接面 (f1, f2, f3 など) も build_scene_graph_recursive で処理を行う。

続いて、辺のベクトルを取得し、復元のための、面がいるべき位置を割り出すための補助的な演算を行う。これは get_edge_vector 関数を使って、接続の対象のエッジの始点、終点、および単位ベクトルに変換された方向ベクトルを算出する。この情報をもとに、create_alignment_matrix 関数のもとで、3 次元上での面の配置について、変換された辺行列を生成する。

位置合わせの後、基準面に対して接続された隣接面の折り曲げ処理を行う。

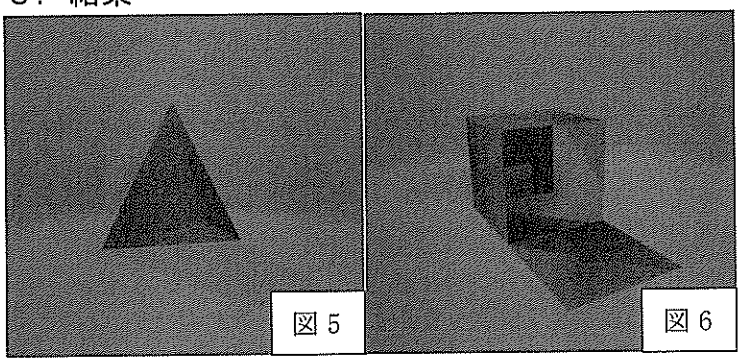
creat_alignment_matrix のもとで、共有辺を回転軸に、net.json に定義された angle.degree の分だけ回転させる (今回の場合は 109.47d)。

すべての面が上記の一連の再帰的処理を終了した後、関数 merge_meshes のもとで個別的な面の集合を単一のメッシュに変換する。

(メッシュの画像、図 6)

最終的に、関数 is_approximately_watertight のもとで、不可避的な計算誤差を考慮した水密評価を行うことによって、展開図から立体への復元が成功したかどうか評価する。

3．結果



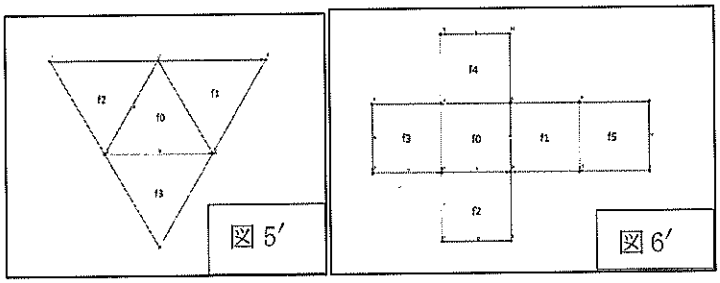
(i) 正四面体の出力について

図 5 は正四面体の展開図の復元結果である。正四面体の出力に成功した。

(ii) 正六面体の出力について

図 6 は。正六面体の展開図の復元結果である。出力に失敗した。

4．考察



(i) 正四面体について

正四面体の展開図は図 5′ の通りである。

正四面体の特徴として，ある面は他のすべての面と共有辺を持つことが挙げられる。例えば，f0 二着目すると，f1，f2，f3 のすべての面と共有辺を持ち，その他の面も同様に共有辺を持つ。この特徴によって，出力に成功したと考えられる。

(ii) 正六面体について

正六面体の展開図は図 6′ の通りである。

この多面体には，正四面体とは異なる点として，ある面はその対面と平行であるという特徴が挙げられる。“2．研究のデザイン”の項において記述した通り，基準面を元に展開図を復元するというアルゴリズムの特性と正六面体の特徴によって，出力に失敗したと考えている。

5．今後の課題

(i) main.py の構造の見直し

正六面体の出力結果から，基準面を必要に応じて変更し，処理を行うことで，出力に成功するのではないかと考えた。しかし，“必要に応じて”基準面を変更するアルゴリズムの作成に失敗した。他にも基準面から有機的に面をつなぎ合わせ，復元処理を行うことを実行してみたが，失敗した。そのため，新たなアルゴリズムを模索するとともに，正多面体を含めた一般的な凸多面体の展開図の復元を実現するアルゴリズムの作成を目指したい。

(ii) net.json の最適化

現状の net.json の構造には，面同士の成す角を記述する必要がある。これは，net.json が展開図

を定義したファイルであるという特徴を持つにもかかわらず，3 次元情報を内含することを示す。この矛盾を解消するために，main.py または別の実行ファイルを作成し，2 次元情報のみで復元処理を行えるようにしたい。

６．参考文献

三谷純（平成 15 年）「計算機による立体紙模型の設計支援に関する研究」
伊藤仁一ら（平成 24 年）「正多面体の辺による展開の再折り凸多面体」

ARが映す影についての考察

- 仮想物体の影の作成を通して -

A Consideration of Shadows Rendered by AR

— Through the process of rendering shadows for virtual objects —

Abstract

In this study, we reproduced the shadow cast by an object on the computer, using python and pillow. One property of projecting a shadow is that a ray passes through the light source and the edges of an object cross the projection plane, such as the ground. Especially in the case of an area light source, the edges of the shadow blur. In this study, we designed the theory that reproduces these properties and can reduce the computer's workload.

1. はじめに／目的／研究動機

AR（Augmented Reality：拡張現実）という技術は、コンピューター上での仮想物体を現実世界に投影するという技術である。
この技術は、広告や映画産業など、あらゆる映像関係での業界で使用される。

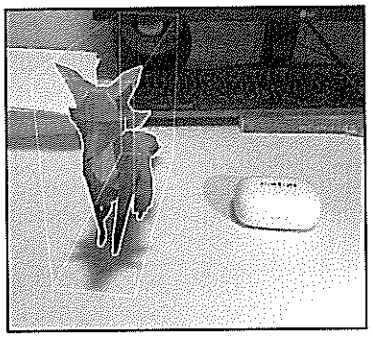


図１ ARと現実の影の比較

しかし、ARでは影の計算が正しくないという問題が存在する。例えば、図１（Adobe Aeroというアプリケーションを使用）のように左の物体（狐）はARで投影した仮想物体で、右の物体（イヤホンケース）は現実世界での物体である。この状況では、視点の後ろ側に光源があるため、正しい影は右の物体のようになるはずであるが、左（仮想物体）では現実世界での光源情報を反映しないため、影の向きが正しくない。

そのため本研究では、この問題を考えるに当たってコンピューター上で仮想物体のうつす影を数学を用いて正しく解析することと、コンピューターへの負荷を軽減することのバランスを取り、軽量で、リアルな影を作ることを目指す。

2. 方法／研究方法／内容

影にある性質として本研究では次の２点について言及する。１つ目は光源と物体の辺を通る直線がある面（地面など）と交わるときに影がうつること、２つ目は面光源のときは、影の境界線がぼやけることである。

（１）光源・物体・影の関係

１点目について、図２の状況の時、光源（点P）と物体上の点（点A）を通る直線を延長した直線と投影面（地面など）とが交わる時、影の１点（点A'）が存在し、これを物体のすべての点において行った影の１点の集合が影である。

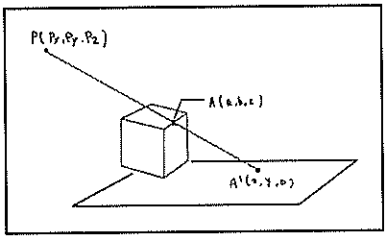


図２ 光源・物体・影の関係図

つまり、光源からは四方八方に直線がでており、その直線が物体に交わったとき、その直線の影が映る面と交わる所の座標を結ぶということである。このことは１次関数で表され、式は以下

のようになる。

$$\begin{cases} y = \dfrac{Py - b}{Px - a}(x - a) + b \\ y = \dfrac{Py - b}{Px - a}(x - Px) + Py \end{cases}$$

点P (Px, Py, Pz) ：光源
点A (a, b, c) ：物体の点
点A' $(x, y, 0)$ ：影の点

次に上記のことをプログラムに実装し、影の点を描画するようにした。(この操作を今後「投影」と呼ぶ。) なお、投影面のZ座標は簡易化のために0としている。プログラムについて、当時は十進BASICというプログラミング言語を使用していたが、後に行う複数光源下での環境を再現するに当たって、十進BASICは色の透明度を調整することができない。そのため、PythonとPillow (Pythonで画像・描画を扱うためのライブラリ) を用いてプログラムを作成した。プログラムに関しては「3.結果」を参照。

(2) 被投影点の探索範囲の限定と影の描画

(1) では物体が直方体などの簡単な物体の場合は物体の頂点にだけ投影を行えばいいが、球体などその他の形の場合、四方八方にでている直線で投影をすることとなるが、これは仮想空間のすべての点を探索しているという事になり、コンピューターの負荷が非常に大きく現実的でない。そのため探索範囲を限定する目的で以下の理論を立てた。

プログラムでは以下の操作をする。(図3・図4を参照)
①光源(P)と物体上の点(G)の重心を直線 (直線PG) で結ぶ。なお、この物体上の点は、非投影物体が立方体など、重心が物体の中に位置している場合においては重心とするのが円錐の底面の半径が最も小さい状態で影を映すことができるため、最も効率が良くなる。
②直線PGを軸にする円錐を作っていく。(頂点は光源P)
③円錐の円周上のある点をS_nとしたとき、

Ⅰ $\angle GPS_n$ (= $\angle\theta$)の大きさは一定の割合で増加する。(なお $0<\theta<\pi/2$)

Ⅱ 円周上の点S_n(S_n = S_1, S_2, S_3 ... これらは等間隔である)を通り、投影点(z=0)まで伸ばした線をLnとすると

・L_nと物体が交差するとき、θを大きくする。

・L_nと交わらなかったとき、θを止める。という操作を行う。

Ⅲ L_nと物体が交差する最大のL_n、つまり、θが止まる地点でのL_n、のz=0の地点が影の点である。これらの点を集めると影になる。

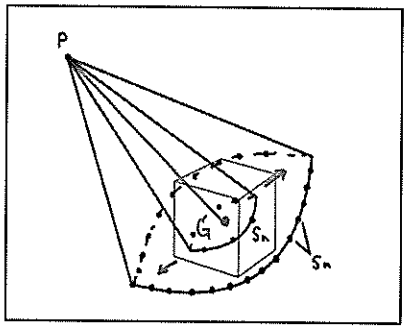


図3 プログラムで行う操作の図

点P = 光源
点G = 物体の重心
点S_n = 円周上の点
$\angle\theta$ = $\angle GPS_n$

図4 図3での点の設定

このプログラムを実行すると、円錐がだんだん膨らんでいくように動作し、それに伴って影もだんだん膨らんでいくように形成される。GIF資料は以下のURLまたはQRコードから確認可能である。

(URL : https://drive.google.com/drive/folders/1vjE4JwKkiUBmphpA_b9aivZfJ9Pz8CYX)

図5 GIF資料

なお、これを実装したプログラムの部分は図9である。

（3）面光源

光源には、豆電球のようにほぼ点で近似できるような光源である点光源と、蛍光灯やシーリングライトのように平面から光がでている面光源の２種類がある。点光源と面光源では、影の境界線部分が大きく異なる。図６のように、点光源では影の境界線がはっきりしているのに対して、面光源では影とそうでない部分が滑らかに繋がっている。これは面光源は点光源の集まりとして考えるため、ある点光源からは影となっている地点が他の点光源から照らされているため明るくなっていると説明できる。

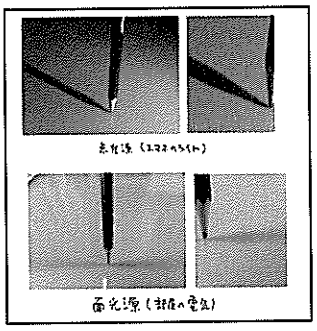


図６ 点光源と面光源の比較

これまでのプログラムでは光源は１点として影を計算していたため、複数光源の条件下においてそれぞれの光源が投影を行い、それぞれが投影した影を合わせるという操作を行うようにプログラムを組んだ。詳細は「3. 結果」を参照。

3. 結果

以上のことをプログラム（Python, Pillow を使用）に実装した。なお、プログラム簡易化のために実装した条件は①光源２つ、②非投影物体は立方体である。プログラムの大まかな内容は次のフローチャート(図 7)のとおりである。

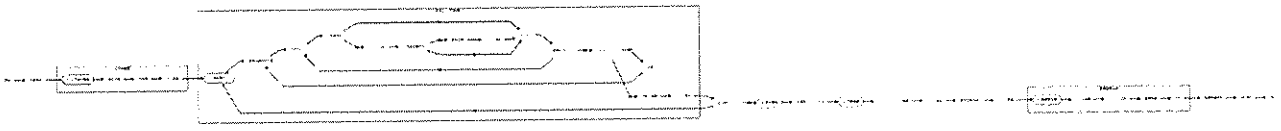


図７ プログラムのフローチャート

以下は図７の拡大版(図 8-1、図 8-2、図 8-3、図 8-4)

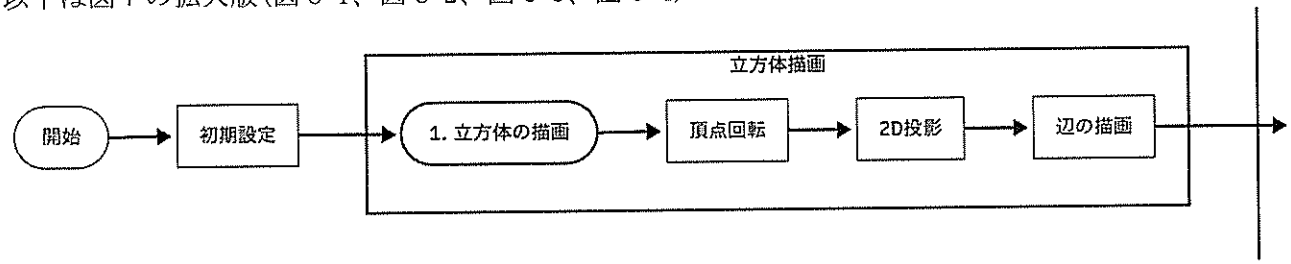


図 8-1 図７フローチャート拡大（1/4）

「初期設定」では、立方体の頂点の座標・光源の座標・回転角などを設定する。
「回転」をしている理由は、光源、物体、影を見える位置に移動するためである。
「2D 投影」では数学的遠近法を利用している。(参考文献[2])

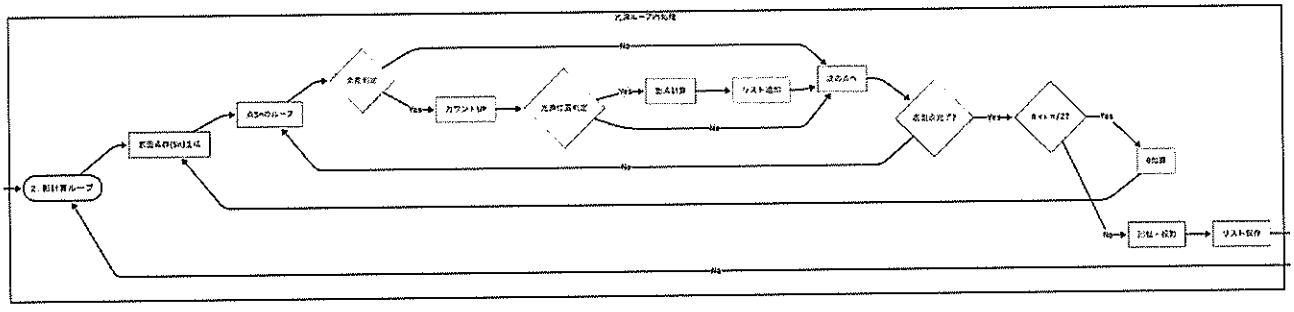


図 8-2 図７フローチャート拡大（2/4）

この部分は「2. 方法／研究方法／内容」の「（２）被投影点の探索範囲の限定と影の描画」をプログ

ラムで実装したものとなる。「カウント UP」や「リスト追加」は後でまとめて影の点を描画するための一時保存のためである。

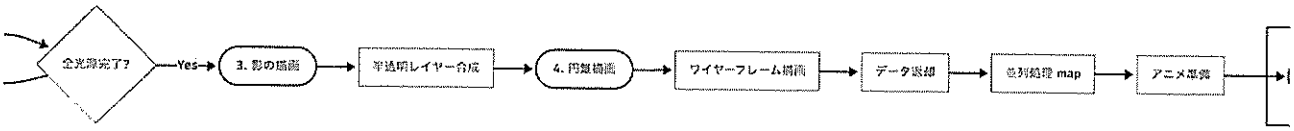


図 8-3 図 7 フローチャート拡大 (3/4)

「3．影の描画」「4．円錐描画」は探索の円錐の θ の数だけ行っており時間がかかるため、高速化のために CPU のコアを分担して描画を行い、後に合成する形である。なお、出力の画像または GIF ファイルに円錐が必要ない場合は「4．円錐描画」を飛ばすことが可能である。

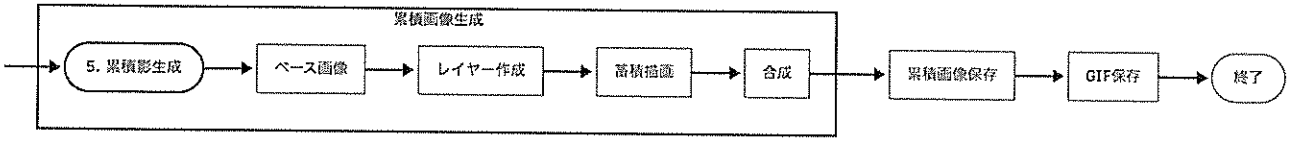


図 8-4 図 7 フローチャート拡大 (4/4)

図 5 の QR コードから GIF を見ると気づくが、各画像には円錐の θ ごとに影が描画されており、累積するには後から合成する必要がある。ここではその処理をしている。

4. 考察／結論

以上のプログラムで実現した内容は、光源が複数個のときに立方体・直方体の影を映すことである。また、プログラムでは実装していないがこの理論でできることは、①物体の形が立方体・直方体に限らず、数式で表せられるものに関しては同じように影を映すこと、さらに②複数光源の配置状況によっては面光源を表現することである。

5. 今後の課題

面光源の場合において、複数光源下での影の描画までは達成できたが、面光源を近似するための最適な光源の配置方法を考えたい。

作成したプログラムは円錐の底面の延長上が影となるため、影の長さが長くなると境界線が不正確になる。これを解決するために底面のサンプルの間隔を狭くすると今度は処理が重くなる問題がある。

最後にこれらのプログラムと AR を融合し、実際に光の座標を指定すると適切な影を映し出すアプリケーションの作成をしたい。

6. 参考文献

[1] Dynamic Ambient Occlusion and Indirect Lighting - Michael Bunnell January 2005
GPU Gems (pp. 223-233)

[2] 数学的遠近法の解析 ～展開図の作成、ベクトルによる解析～
2024 年度「プルーフⅡ」研究成果報告書 P. 125 - P. 128

コンピューターを利用した印象派絵画の作成
～モネの表現技法の再現～
Computer-Based Creation and Output of Impressionist Paintings
Reproduction of the Technique by Monet

Abstract
Despite recent advances in image generation AI technology, few systems exist capable of producing authentic Impressionist paintings. Therefore, this study aims to create Impressionist paintings using programming rather than AI.
Using the programming language "Decimal BASIC," this study functionally analyzed and reproduced Monet's brushstroke segmentation technique, reconstructing his Impressionist style. Within this function's program, images were first divided into hexadecimal segments to identify colors, with each grid assigned a specific hue. Lines were then drawn at random angles, approximating the brushstroke segmentation technique. Furthermore, since color tones could also be adjusted, we aim to analyze and approximate the characteristic Impressionist color palette.
Looking ahead, we plan to create programs that reproduce the techniques of other Impressionist painters like Seurat and Van Gogh. Subsequently, we aim to combine these techniques using a system that calls functions via subroutine functions, thereby generating new Impressionist paintings. We also intend to compare these new Impressionist works with traditional Impressionist paintings.

１．目的
近年AIの急速な発達により、様々な絵や、画像などを作り出す生成AIが増えてきている。その中には、絵画を対象としたものが多くあるが、現状では印象派絵画を作り出すものが少ないことに気付いた。そこで、プログラミングを用いた印象派絵画の作成を行おうと考えた。数ある印象派の技法の中でも本研究では、クロード・モネが用いていた筆触分割という技法にフォーカスを当てて、プログラムで再現して印象派絵画の作成を行う。

２．方法
（１）印象派絵画の分析
本研究ではプログラミング言語として画像の作図や描写を行うことができる十進ＢＡＳＩＣを用いてプログラムの作成を行う。そのプログラムを作成する上でまず、印象派の分析を行った。印象派の技法では主に、「筆触分割」、「即興技法」、「揺らめく線」、「厚塗り技法」、「アン・プラン・エア」というものがあるが、その中でもプログラム上で再現しやすく、今回焦点を当てているモネの再現を行う中でモネが主に使用していた「筆触分割」を用いる。「筆触分割」とは、印象派の伝統的な技法で、色をパレットで混ぜずに筆で細かくキャンバスの上で筆触が隣り合うようにするという技法であり、そうすることにより、隣接する色の筆触が疑似的に混ざり二つの異なる色が一つの色に見えるという効果をもたらす。下図を見てわかる通り筆触分割を用いることで、離れたところから見た時に重なり合い同じ色に見える効果を示す。



図１　モネ【積みわら】

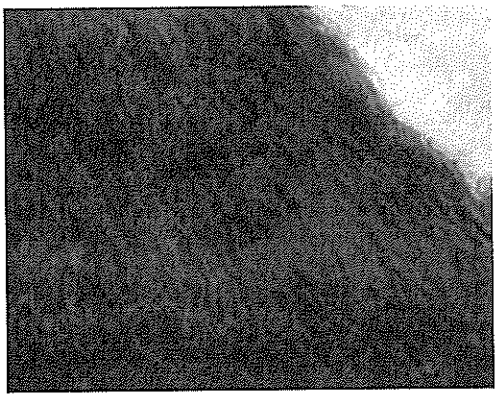


図２　図１を拡大した画像

（2）筆触分割のプログラムの作成

入力した画像を、筆触分割を用いて印象派風絵画を描写する絵画を作成する。まず、入力した画像の各ピクセル値を16進法で判別し、正規化された色値に戻して画像の色を記録する。次に、筆触分割を再現を行い、色が隣り合い、筆触に近い絵のタッチを実現させるために、それぞれのピクセルからランダムな方向に線を伸ばし、線の太さの調節なども行うプログラムを作成する。さらに、入力した画像を、印象派独特の光に影響を受ける色使いへの変換も試みる。

3．結果

本研究では三つのプログラムを作成した。

（1）画像を16進法に表示し、筆触分割を再現したプログラム

このプログラムでは図形を組み合わせて作成した花の画像（図3）を（図4）に変換することができた。

```
1000 !'**********************************
1010 CLEAR
1020 DIM c$(0 TO 5)
1030 DIM cc(0 TO 5)
1040 !'**********************************
1050 gload"花茎菜.bmp"
1060 !'**********************************
1063 SET BITMAP SIZE 1016,662
1065 SET WINDOW -250,750,-326,326
1067 LET d=3.14159/180
1070 FOR y=30 TO 326 STEP 1
1080    FOR x=-250 TO 190 STEP 1
1090       !'-----------------------------
1100       SET COLOR MODE "NATIVE"
1110       !'-----------------------------
1115       ASK PIXEL VALUE(x,y) c
1130       LET c1=c+16^6
1140       LET c1$=BSTR$(c1,16)
1150       LET b5$=mid$(c1$,2,1)
1160       LET b4$=mid$(c1$,3,1)
1170       LET g3$=mid$(c1$,4,1)
1180       LET g2$=mid$(c1$,5,1)
1190       LET r1$=mid$(c1$,6,1)
1200       LET r0$=mid$(c1$,7,1)
1210       LET c$(5)=b5$
1220       LET c$(4)=b4$
1230       LET c$(3)=g3$
1240       LET c$(2)=g2$
1250       LET c$(1)=r1$
1260       LET c$(0)=r0$
1260       LET c$(0)=r0$
1270       FOR m=5 TO 0 STEP -1
1280          IF c$(m)="A" THEN LET c$(m)="10"
1290          IF c$(m)="B" THEN LET c$(m)="11"
1300          IF c$(m)="C" THEN LET c$(m)="12"
1310          IF c$(m)="D" THEN LET c$(m)="13"
1320          IF c$(m)="E" THEN LET c$(m)="14"
1330          IF c$(m)="F" THEN LET c$(m)="15"
1340       NEXT m
1350       FOR n=5 TO 0 STEP -1
1360          LET cc(n)=VAL(c$(n))
1370       NEXT n
1380       LET b=(16^1*cc(5)+16^0*cc(4))/256
1390       LET g=(16^1*cc(3)+16^0*cc(2))/256
1400       LET r=(16^1*cc(1)+16^0*cc(0))/256
1410       !'-----------------------------
1420       SET COLOR mode "REGULAR"
1430       !'-----------------------------
1480       SET LINE WIDTH 2
1490       LET ANGLE=RND*2*PI
1500       LET L=2+RND*1
1510       LET H=0.5+0.3*SIN(X/25+Y/30)
1520
1530       SET COLOR MIX(1) r,g,b
1534       !モネ風
1535       !SET COLOR MIX(1) (r+H)/2, (g+H*0.5)/1.5, (b+H)/2
1540       PLOT LINES: X,Y; X+L*COS(ANGLE),Y+L*SIN(ANGLE)
1550    NEXT x
1560 NEXT y
1570 END
```

1010～1420が各ピクセル（x, y）の色を取得しＲＧＢ値の計算を行い正規化された（r, g, b）を産出する部分で、1480～1560は筆触分割を再現した部分でLINE　WIDTHを線の太さ、Ｌを線の長さと定義している。

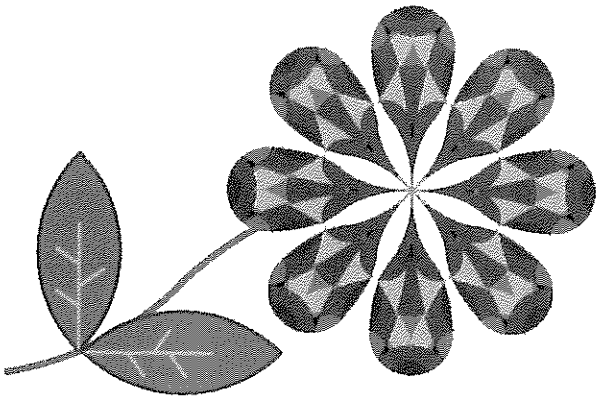


図3　花の画像

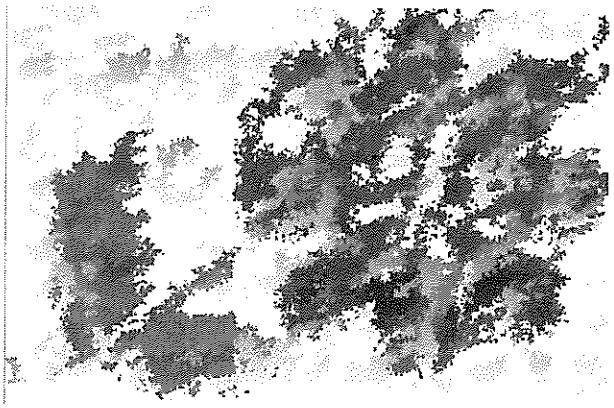


図4　花の画像を筆触分割したもの

（2）（1）の筆触分割をブラッシュアップし風景写真を印象派風絵画に変換するプログラム

このプログラムでは（1）のプログラムを用いて、風景の写真を印象派絵画に変換することができる。（1）の図4を見てわかる通り（1）の筆触分割プログラムは線が太く荒いタッチになるので、今回は、プログラムの1480の線の太さを変更したプログラムを作成した。

```
1480        SET LINE WIDTH 1.4
1490        LET ANGLE=RND*2*PI
1500        LET L=2+RND*1
1510        !LET H=0.5+0.3*SIN(X/25+Y/30)
1520
1530        SET COLOR MIX(1) r,g,b
1534        !モネ風
1535        !SET COLOR MIX(1) (r+H)/2, (g+H*0.5)/1.5, (b+H)/2
1540        PLOT LINES: X,Y; X+L*COS(ANGLE),Y+L*SIN(ANGLE)
```

1480の部分で線の太さを２から元の画像が原形をとどめる程度の1.4に変更した。入力した写真（図５）出力した画像は図6のようになった。

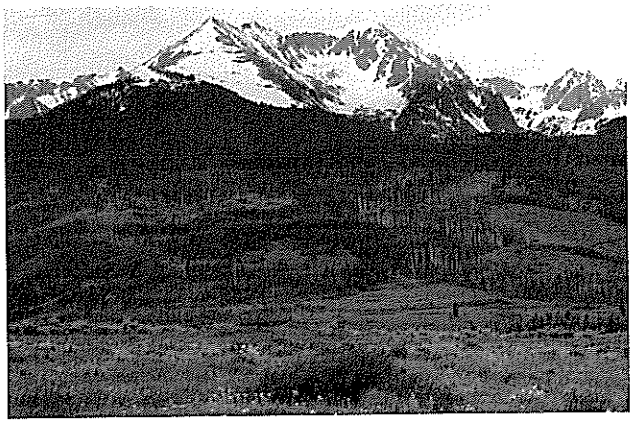


図５　風景の写真

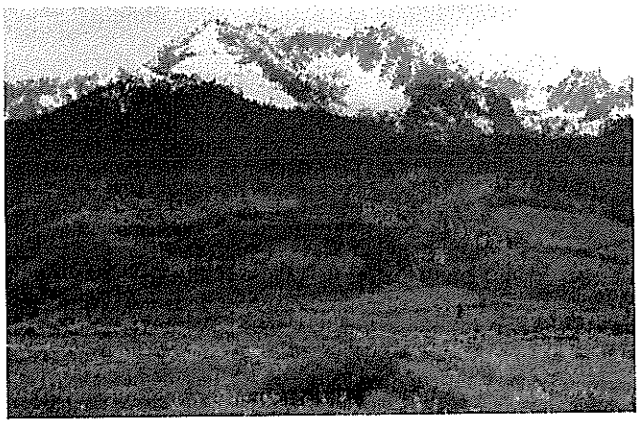


図６　写真をもとに作成した風景画

（３）印象派風の色使いを再現したプログラム

　このプログラムでは色合いの違いを比較しやすいように歌川広重の描いた浮世絵である【大はしあたけの夕立】を左半分だけ印象派風にするというプログラムを作成した。この浮世絵は様々な印象派画家がモチーフにしているため、これを使用した。プログラムの変更点は以下の通り。

```
1480        SET LINE WIDTH 1.49
1490        LET ANGLE=RND*2*PI
1500        LET L=2+RND*1
1510        !LET H=0.5+0.3*SIN(X/25+Y/30)
1520
1530        SET COLOR MIX(1) r,g,b
1534        !モネ風
1535        SET COLOR MIX(1) (r+H)/1.05, (g+H)/1, (b+H)/0.9!ここで色変換
1540        PLOT LINES: X,Y; X+L*COS(ANGLE),Y+L*SIN(ANGLE)
```

このプログラムは(２)のプログラムから色合いの部分を変更した。1353が色を変換する部分で印象派に似た水の色を再現した。（図７）

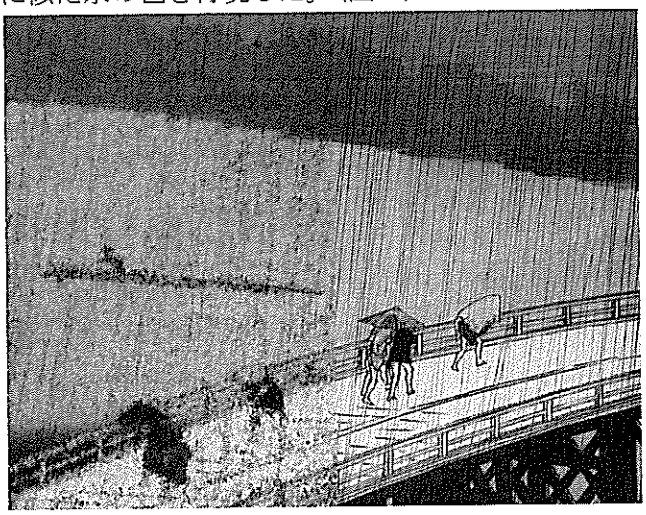


図７　歌川広重【大はしあたけの夕立】をもとに作成した絵画

４．考察

結果で示した(1)～(3)のプログラムで印象派風の筆触分割は、線の太さや角度をランダムにすることで、色使いはプログラムの色合いの部分を変更することで印象派絵画を再現した画像を作成することができた。

５．今後の課題

課題としてあげられるのは色合いの部分のプログラムで、本研究では元の画像をもとに印象派風になるような適した色を選び数値を変えているが、この作業を自動的に変更できるようなプログラムを作成したい。

６．参考文献

・ジョン・リウォルド(2019)『印象派の歴史』 角川ソフィア文庫
・杉田純一　高橋時市郎 (2007) 「補色対比を考慮した筆触分割による点描画像生成法」 情報処理学会

プログラミングを用いた数学の問題解決
Solve mathematical problems by using a program

Abstract
The advancement of AI has enabled us to create various types of content, but AI still lacks accuracy when solving mathematical problems. High school mathematics often involves similar operations, and these operations can be repeated through programming. We note an existential quantifier. We succeeded in creating a program by utilizing an existential quantifier, which made it possible to derive a locus and find a region and a range.

1．はじめに

今日、生成 AI の発達により様々なコンテンツを作成できるようになったが、数学の問題解決についてはまだ正確性に欠ける。そこで、普段高校数学の問題を解くにあたって同じような操作が多く現れる点に着目し、プログラミングを用いて数学の問題を入力するだけで解けるような仕組みを作成することを目的とする。範囲を高校数学にしぼり、問題を画一的に解決できるプログラムの作成を目指す。ここで画一的な処理を可能にするために存在条件に注目した。存在条件とはある図形や、解が存在するために満たすべき条件のことで、∃と表される。本研究で存在条件を求めることを、ある変数を消去して残りの変数の条件を求める操作として定義する。左の問題の例で、$x+y=p, xy=q$とすると問題を表す論理式は

> 点 (x,y) が原点を中心とする半径 1 の円の内部を動くとき、点 (x+y,xy) の動く範囲を図示せよ。
>
> [1954 年　東京大]

$$\exists x \exists y \begin{cases} x^2+y^2<1 \\ x+y=p \\ xy=q \end{cases}$$

である。これは解が、上の式を満たすx,yが存在する条件であることを表す。存在条件を活用できる場面は多く、本研究で求める処理に適していると考えられる。本研究では存在条件を活用したプログラムの作成を目指す。

2．方法

数式処理システムである Mathematica を用いて実際にプログラムを作成する。Mathematica は文字を含んだ式をそのまま計算する記号処理に優れており、存在条件を求める際の複雑な計算を自動化する点で本研究の目的に適していると考えられる。プログラムを作成するにあたって以下の順の処理をコードにおこす。

①問題の条件式から文字をすべて抜き出す。②抜き出した文字から答えとなる条件に含まれる文字を除く。③残った文字の中から対称な２文字を見つけ、グループ化する。④問題の条件式に対してグループ中のすべての文字について存在条件を求める。

(1)文字の抜き出し

```
ClearAll[a, b, c, d, x, y, k, z, p, q, t, cond]
cond = (  )&&(  );
variables = Union[Select[Flatten[Cases[cond,
      _Symbol, {0, Infinity}, Heads → False]]
   , ! NumericQ[#] &]];
```

存在条件を求めるため、まず条件から文字を全て抜き出す。左のコードでは１行目で再現性を保障するためにシンボルについての情報を消去し、次に２行目で問題となる条件を入力する。この条件を cond と定義する。そして３行目以降の演算子を除く、ユーザーが定義した変数の集合を定義する処理により条件を容易に扱えるようにする。左のコードではそれを variables と置く。上の問題を例にすると、

$$\text{cond}=(x^2+y^2<1)\&\&(x+y=p)\&\&(xy=q)$$

と入力するとこの条件中の文字x,y,p,qが variables=$\{x,y,p,q\}$としてまとめられる。

(2)文字の除外

次に、定義した変数の集合から答えとなる条件に含まれる文字を除く。左のコードの１行目に入力すると、２、３行目で variables からその文字が除かれる。そうして残った文字が存在条件を求める文

```
motomeruvariables = {  };
variables = DeleteCases[variables, Alternatives
   @@ motomeruvariables];
```

字となる。上の問題を例にすると答えとなるのはpq平面の情報で、pとqの関係式を求めたいのでmotomeruvariables=$\{p,q\}$と入力する。するとp,qが除かれvariables=$\{x,y\}$と再定義される。

(3)対称な文字のグループ化

```
pairs = Subsets[variables, {2}];
Do[
   Module[{condSwapped, sameQ, sym, temp},
      condSwapped = cond /. {
          pairs[[i, 1]] → temp,
          pairs[[i, 2]] → pairs[[i, 1]],
          temp → pairs[[i, 2]]
        } /. temp → pairs[[i, 2]];

      sameQ = Simplify[cond == condSwapped];
      If[sameQ === True,
         sym = {pairs[[i, 1]], pairs[[i, 2]]};
         variables = Complement[variables, sym];
         variables = Append[variables, sym];
        ];
    ],
   {i, Length[pairs]}
 ];
```

存在条件を求めるにあたって、処理を簡単にするために対称な２文字があればグループ化するようにする。これは、存在条件は基本的に１文字ずつ求めることが可能であるが対称な文字については同時に存在条件を求められるという性質があり、存在条件を求める回数が減ることに加えて２次関数の解に読み変えて判別式による簡単な処理ができるので計算量が減るためである。左のコードは１行目で文字の集合 variables から要素が２個の部分集合を生成し、それらの集合を pairs と定義する。これにより任意の２文字を取り出すことが可能である。２行目以降はループ処理で pairs の各要素の集合に含まれる２文字が対称かどうかを調べる。対称な文字は入れ替えても元の条件と同値であることを利用して、２～８行目のコードでは文字を交換して 10 行目で元の条件と交換後の条件の同値性を確かめ、同じであった場合はその部分集合を新たな文字に定義して、variables に戻すという処理を 11 行目以降で行う。これで対称な２文字をグループ化することが可能である。例として、variables=$\{a,b,c\}$とすると pairs は要素が２個の部分集合、つまり pairs=$\{\{a,b\},\{b,c\},\{c,a\}\}$となる。このうち$a,b$が対称ならvariables=$\{\{a,b\},c\}$となって$a,b$がグループ化される。上の問題であれば$x$と$y$を入れ替えると

$$(y^2+x^2<1)\&\&(y+x=p)\&\&(yx=q)$$

となり条件式は変わらない。x,yは対称であり、variables=$\{\{x,y\}\}$となる。

(4)存在条件

```
Do[
   randomvariable = variables[[j]];
   varsToEliminate = If[ListQ[randomvariable],
    randomvariable, {randomvariable}];
   cond =
   Reduce[Exists[Evaluate[varsToEliminate],
     cond], Reals];
  Print[varsToEliminate, "が存在する条件は", cond, ]
    ,
   {j, Length[variables], 1, -1}
 ];
cond
```

最後に、問題となる条件 cond に対して variables に含まれる要素の存在条件を一つずつ求める。ループ処理を用いて、cond に存在条件を求めて cond に再定義することを繰り返す。これにより答えを出すことが可能である。例として、variables=$\{\{a,b\},c\}$とするとまず variables の中の一つの文字についての存在条件が求められ

variables=$\{c\}$

cond=(a,bが*消去された式*)

となり、次に variables が空となって

cond=(a,b,cが*消去された式*)

となる。この時の cond が求める答えと一致する。

(5)完成したプログラム

```
ClearAll[a, b, c, d, x, y, k, z, p, q, t, cond]
cond = (  ) && (  ) ;
variables = Union[Select[Flatten[Cases[cond, _Symbol, {0, Infinity}, Heads → False]] , ! NumericQ[#] &]];

motomeruvariables = {  };
variables = DeleteCases[variables, Alternatives @@ motomeruvariables];
Print[variables, " が存在する条件が ", motomeruvariables, " の {値域、軌跡、領域} を与える"]

pairs = Subsets[variables, {2}];
Do[
  Module[{condSwapped, sameQ, sym, temp},
    condSwapped = cond /. {
        pairs[[i, 1]] → temp,
        pairs[[i, 2]] → pairs[[i, 1]],
        temp → pairs[[i, 2]]
       } /. temp → pairs[[i, 2]];
    sameQ = Simplify[cond == condSwapped];
    If[sameQ === True,
      sym = {pairs[[i, 1]], pairs[[i, 2]]};
      variables = Complement[variables, sym];
      variables = Append[variables, sym];
     ];
   ],
  {i, Length[pairs]}
 ];

Do[
  randomvariable = variables[[j]];
  varsToEliminate = If[ListQ[randomvariable], randomvariable, {randomvariable}];
  cond = Reduce[Exists[Evaluate[varsToEliminate], cond], Reals];
 Print[varsToEliminate, "が存在する条件は", cond, ]
   ,
  {j, Length[variables], 1, -1}
 ];
cond
```

3．結果

下の問題を実際に入力して実行すると下のようになった。これらは問題の答えと同値である。

(1)軌跡・領域の問題

点 (x,y) が原点を中心とする半径 1 の円の内部を動くとき、点 (x+y,xy) の動く範囲を図示せよ。

[1954 年　東京大]

```
ClearAll[a, b, c, d, x, y, k, z, p, q, t, cond]
cond = (x^2+y^2<1) && (x+y == p) && (x*y == q) ;
variables = Union[Select[Flatten[Cases[cond, _Symbol, {0, I

motomeruvariables = {p, q};
variables = DeleteCases[variables, Alternatives @@ motomeru
```

出力された結果

```
 ];
cond
{x, y} が存在する条件が {p, q} の {値域、軌跡、領域} を与える
{x, y}が存在する条件は(-1/2 < q ≤ 0 && -√(1+2q) < p < √(1+2q)) || (0 < q < 1/2 && (-√(1+2q) < p ≤ -2√q || 2√q ≤ p < √(1+2q)))
Out[53]= (-1/2 < q ≤ 0 && -√(1+2q) < p < √(1+2q)) || (0 < q < 1/2 && (-√(1+2q) < p ≤ -2√q || 2√q ≤ p < √(1+2q)))
```

(2)最大・最小・値域の問題

$y = x^2 + 4x + 1(-4 \leq x \leq 1)$
の最大値と最小値を求めよ。

```
ClearAll[a, b, c, d, x, y, k, z, p, q, t, cond]
cond = (y == x^2 + 4 * x + 1) && (-4 ≤ x ≤ 1);
variables = Union[Select[Flatten[Cases[cond, _Symbol, {
motomeruvariables = {y};
variables = DeleteCases[variables, Alternatives @@ motom
```

出力された結果

```
        ],
        cond
        {x} が存在する条件が {y} の {値域、軌跡、領域} を与える
        {x}が存在する条件は-3 ≤ y ≤ 6Null
Out[10]= -3 ≤ y ≤ 6
```

4．結論

問題文から条件を抜き出し、答えとなる条件を求めたい文字を見つけ出すことで問題を解くことが可能になった。しかし整数問題、数列など存在条件を適切に活用できないような単元の問題についてはまだ答えが出せない。また、問題文から条件を読み取るのは人によってなので図形問題や変数が多い問題といった条件を読み取るのが難しい問題ではプログラムを正しく活用できない可能性がある。今後の展望として、領域や軌跡の問題でよく図示が求められるため、答えとなる条件の変数が２つのものについては一方の変数についての存在条件から他方の変数の値域を求め、見やすい大きさのグラフを描くようなプログラムを作ることが考えられる。また、言語から条件を抜き出すことについて、今日の生成 AI を利用すれば解決できるだろう。

5．参考文献

「大学入試過去問による数学問題解答システムの評価と課題分析」
松崎 拓也，岩根 秀直，穴井 宏和，新井 紀子 (2014)

音声入力の使用率の現状とその問題点

Current Usage of Voice Input and Its Problems

Abstract

Inventions like smartphones and other electronic devices have enabled us to connect with people around the world. Among the various input methods, we are interested in voice input. We conducted research on high school students. At previous research, it collected questionnaires and other measures to analyze the current usage of voice put and its problems. We found that about 70% of respondents preferred manual typing due to unfamiliarity with and low trust in voice input, citing inaccuracy, correction effort, and noise issues. However, actual tests showed an error rate below 10%, indicating that voice input is largely reliable. The findings suggest that promoting awareness of its accuracy and convenience could encourage wider adoption. This study aims to analyze the current state and challenges of voice input technology to provide insights for developers. The goal is to increase the amount of data by investigating actual usage and related issues. A questionnaire survey will be conducted to examine the usage rate of voice input and the reasons for not using it.

1．はじめに

音声入力とは、音声認識機能を用いて、音声によって文字を入力したり、アプリケーションを操作したりする機能を指す。音声入力の基盤となる音声認識技術は、すでに 1950 年代頃から研究が進められてきた。その後、音声の周波数特性に関する分析が発展し、人間の音声を比較的単純な数学モデルとして表現することが可能となった。1990 年代には、この技術がゲーム機やカーナビゲーションシステムなど、身近な機器にも応用されるようになった。現在では、多くの人が日常的に使用しているスマートフォンにも音声入力機能が標準搭載されている。

音声認識を用いた入力方法に限定しても、Google や Siri など、多様な音声入力サービスが存在している。しかし、実際の生活を振り返ると、友人とのメッセージのやり取りや情報検索の際には、手で文字を入力することがほとんどであり、音声入力機能は十分に活用されていないのが現状である。スマートフォンに標準機能として搭載されている以上、音声入力には何らかの需要があると考えられるが、その一方で、使用頻度が低い理由については明らかになっていない。

そこで本研究では、身近な人々を対象に音声入力機能の使用頻度を調査し、使用されていない場合にはその理由を明らかにすることで、音声入力機能の現状と課題を把握することを目的とした。また、本年度は研究結果の信頼性を高めるため、調査対象の範囲を拡大し、より多様で大規模なデータを収集した。これにより、音声入力の利用実態をより正確に把握するとともに、利用を妨げている要因を明確にすることを目指した。本研究を通して、音声入力機能が今日どのように認識されているのか、また、利用者の受容に影響を与える要因について、より明確な知見を得ることを期待する。

2．方法／研究方法／内容

本研究は、二つの段階に分けて実施した。第一段階では、高校生が音声入力機能をどの程度の頻度で、またどのような用途で使用しているのかを把握するためのアンケート調査を行った。第二段階では、第一段階の調査において最も多く指摘された課題である「入力誤りの多さ」に着目し、音声入力

の入力精度に関する調査を実施した。以下に、それぞれの調査方法について詳述する。

（1）アンケート調査
アンケート調査では、音声入力機能の使用頻度、回答者の周囲の人々における使用頻度、ならびに音声入力を使用する理由および使用しない理由について質問した。また、音声入力を月に1回以上使用すると回答した者に対しては、具体的にどのような場面で音声入力を利用しているかについても尋ねた。
調査期間：2025年9月17日から9月29日
調査対象：大阪教育大学附属天王寺高等学校に在籍する高校生
本調査における定義として、音声入力とは、キーボードを用いず、端末に音声を認識させることで文字を入力する方法を指す。なお、本アンケート調査では、音声入力を文字入力に限定して扱い、音声による操作や命令は対象外とした。
質問内容
①普段どれくらいの頻度で音声入力を使用していますか。最も近いものを選んでください
②どうして使わないのか、最も近い理由を選んでください
③あなたの身の回りの人がどれくらい音声入力を使用しているのか教えてください
④望む機能があれば教えてください。

（2）入力誤りに関する調査
アンケート調査の結果、音声入力に関する課題として、入力精度の低さを指摘する回答が多数見られた。そこで、音声入力の現状を把握するため、音声入力の入力精度を測定した。

スマホを口から15cmほど離した場所に持ち、いつも通りを意識して話してもらった。以下のように分けて間違えて認識された部分をパーセンテージとして出した。
① 新しい/パソコンの/設定が/思ったより/面倒で、/結局/カレーを/作った。
② あの/映画の/結末は、/予想以上に/びっくりだったと/友達が/言っ/てた。
③ 公園で/見かけた/猫が、/なぜか/青い/リュックを/背負って/た。
④ 最近、/妹が/やたらと/トランポリンに/夢中で、/夕食を/よく/食べる。
⑤ 冷蔵庫の/中に、/いつの間にか/謎の/瓶が/増え/てた。
⑥ 思った/より/純情な/彼女の/惨状
⑦ こんな/日々/もはや/懲り懲り
⑧ ハサミで/切った/洋服を/着る
⑨ 英語を/話す/魚を/放して/あげた。
⑩ 五月一日は/日曜日で/祝日、/曇りの/日でしたが/、とても/散歩日和でした。

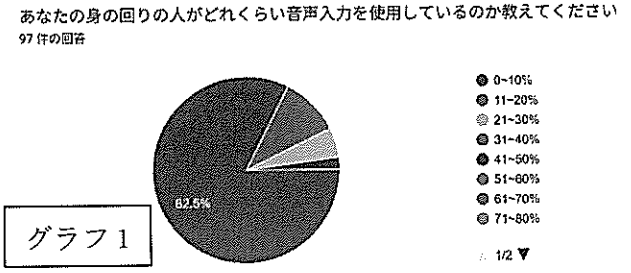
3．結果
（1）アンケート調査
①普段どれくらいの頻度で音声入力を使用していますか。最も近いものを選んでください
回答者の88.3%は、音声入力を月に1回未満しか使用していない。（グラフ1）

②どうして使わないのか、最も近い理由を選んでください
音声入力を使用しない理由として最も多かったのは、「文字入力の方が速い」と「正確ではない」の2点であった。（グラフ2）

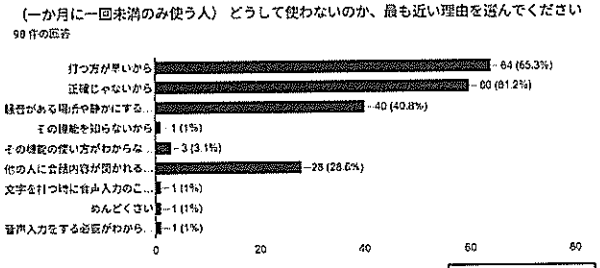
③あなたの身の回りの人がどれくらい音声入力を使用しているのか教えてください

回答者の 82.5%は、周囲で音声入力を使用している人の割合が 0～10%であると回答した。（グラフ3）

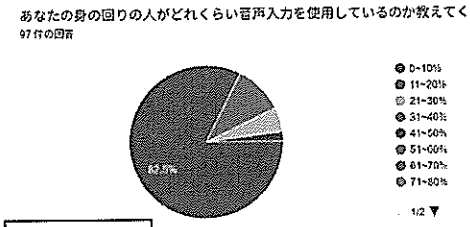
④望む機能があれば教えてください。
回答者の 68.8%は認識精度の向上を、9.7%は雑音除去機能の向上を望んでいた。これらを合わせると、78.5%の回答者が入力誤りの減少を求めていることになる。（グラフ 4）



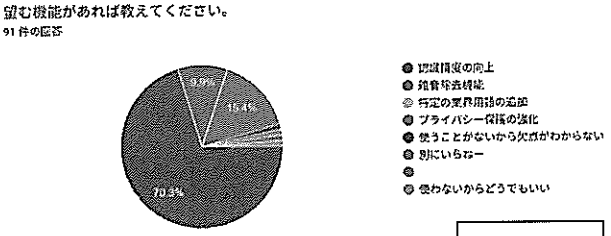
グラフ 1



グラフ 2



グラフ 3



グラフ 4

（2）入力誤りに関する調査
測定時の周囲の騒音レベルごとにデータを分類し、統計処理を行った。その結果、単語数に対する誤認識語の平均割合を（表 1）に表した。

（表 1）

Sentence	40-49 db	50-59 db	Loud than 60 db	All
1	0	0	0	0
2	0	0	3.1	0.7
3	1.8	0	3.1	1.5
4	0	0	0	0
5	0	2.3	3.5	1.6
6	12.8	25	15	18
7	6.4	18.3	18.7	16.5
8	0	0	0	0
9	20	24.1	25	21.5
10	0	2	0	0.7

4．考察／結論

アンケート調査の結果、回答者 88%、すなわち約 9 割が音声入力の使用頻度は「月に 1 回未満」であると回答した。また、回答者の周囲において音声入力を使用している人の割合が 0～10%であると答えた者は 82.5%にのぼった。これらの結果から、本校に在籍する高校生のうち、音声入力を日常的

に使用している生徒は極めて少ないことが明らかとなった。
使用頻度が低いと回答した者のうち、約8割が音声認識精度や雑音抑制機能の向上を求めていた。特に、周囲の環境音に関する懸念が多く挙げられ、静かな場所では音声入力を使用しにくいという意見も複数見られた。これらの傾向は先行研究と同様であり、音声認識精度が今後さらに向上すれば、音声入力を利用する人が増加する可能性が示唆される。
音声入力の入力誤りに関する調査では、全体の入力誤り率は 6%であった。ただし、誤り率にはサンプル間で差が見られた。誤りを含む文を詳しく分析したところ、誤認識の多くは同一の読みをもつ文字への置き換えによるものであった。先行研究によれば、複数の語が同一の発音をもつ場合、脳内では複数の意味が同時に活性化され、迅速な判断が可能になるとされている。本調査においても、120 サンプル中、誤認識された語が明確に異なる読みをもつ意味へ変換されていた例は 4 件のみであった。このことから、音声入力機能における真の誤認識は少なく、高い認識精度を有していると考えられる。
これらの結果は、音声入力は誤認識が多いという利用者の一般的な認識とは対照的である。質問紙調査では多くの回答者が入力誤りに対する不安を示していたが、定量的なデータからは、誤認識は想定されているほど頻繁には発生していないことが示された。このことから、音声入力に対する不満の一因は、システム自体の性能よりも、利用者側の経験不足や慣れの問題にある可能性が示唆される。
以上の結果は、先行研究の知見とも一致しており、本研究の結果の信頼性および妥当性を高めるものである。したがって、音声入力技術の実際の認識精度を検証するという本研究の目的は、十分に達成されたといえる。

5．今後の課題

本研究では、音声入力の実際の認識精度が利用者の認識よりも高い可能性が示されたが、この結果を踏まえた具体的な利用促進策については十分に検討できていない。今後の課題として、音声入力の正確さや利便性を分かりやすく伝える情報提供が、利用者の認識や利用意欲にどのような影響を及ぼすのかを検証する必要がある。
特に、本研究で示された定量的な認識精度の結果を基に広告や広報資料を作成し、それらを提示した場合と提示しなかった場合とで、音声入力に対する印象や使用頻度に変化が生じるかを比較することが考えられる。このような手法により、音声入力に対する先入観の軽減が、実際の利用拡大につながるかを明らかにすることができると考えられる。
また、本研究では調査対象を特定の高校に在籍する生徒に限定しているため、年齢層や使用環境の違いによる影響については十分に検討できていない。今後は、異なる年齢層や利用環境を対象とした調査を行うことで、音声入力に対する認識や課題の一般性についても検証していく必要がある。

6．参考文献

河原 達也（2013）“音声認識技術の現状と将来展望’’　京都大学
森田 愛子（2006）“漢字二字の偽単語を含む文判断課題における同音偽単語の影響”

人間の顔とキャラクターの顔の黄金比の比較

Comparison of the Golden Ratio in Human Faces and Character Faces

Abstract

In this study, we investigate whether the golden ratio of the human face applies to character faces. We tested the height and width of the face. I used a sample that changed them to a specific ratio. After investigating the evaluation of the sample in a questionnaire, we will analyze it using the Thurston method to examine the difference in the golden ratio between the faces of humans and characters.

１．はじめに

インターネットが普及して誰でもインターネットに触れることができるようになった。その中で、２次元のキャラクターに日常的に触れているであろう。そのキャラクターの顔は目が過剰に大きく描かれていたり、そもそも鼻が描かれていなかったりする。それは私達人間の顔とは大きく異なり、人間の顔の要素が含まれていない。そこで、人間の顔の黄金比とキャラクターの顔の黄金比が異なると仮定して人間の顔を基準にしたキャラクターの顔のサンプル（以下、サンプルと呼ぶ）を用いて被験者（大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎１・２・３年生）にサーストンの一対比較法を用いてアンケート調査を実施した。

２．研究方法

まず、顔の輪郭のサンプル（図１）、目のサンプル（図２）を用いてキャラクターの顔のサンプルをGIMP 2.10.38を用いて作成する。その時に、顔の輪郭を人間の顔の黄金比（顔の縦の長さ：顔の横の長さ＝1.3：1.0）に基づいた長さにし、それを基準にして縦の長さを0.8倍、1.0倍、1.3倍、1.5倍したものをそれぞれA、B、C、Dとグループ分けし、横の長さを0.8倍、1.0倍、1.3倍、1.5倍したものをそれぞれ１、２、３、４とグループ分けし、目の位置は固定し計16個の顔のサンプルを用意した。（図３）このとき、基準の顔を縦：40ピクセル、横：52ピクセル（GIMP 2.10.38基準）としたとき、目の大きさ：10ピクセル、目の間：12ピクセルに設定している。そして、Google Formsを用いて、A、B、C、Dでセクション分けし、セクション内でサーストンの一対比較法を用いて被験者47人にアンケート調査を行った。（実施期間は2025.11.19～2025.12.11）サーストンの一対比較法とは、複数ある選択肢から２つずつ選びどちらかを被験者に選んでもらう方法で、例えば、Aのセクションの場合、（A1,A2）（A1,A3）（A1,A4）（A2,A3）（A2,A4）（A3,A4）の組み合わせがあり、セクションごとに６回、合計24回のアンケート調査を行った。また、同じ記号のものは同じ長さになっているので、Aに続くB、C、Dでの選択の同一化を防ぐためにセクションごとにサンプルを提示する順番を、乱数を使用して変更している。この方法には細かい違いがあってもより正確に結果を得られるメリットがある。サンプルの顔のパーツに輪郭と目のみ含んだのは、輪郭と目が顔と認識できる必要最低限の要素である。もし、耳や鼻、髪などの要素を追加で含んでしまうと人の好みが含まれてしまい、正確な結果が得られなくなる。

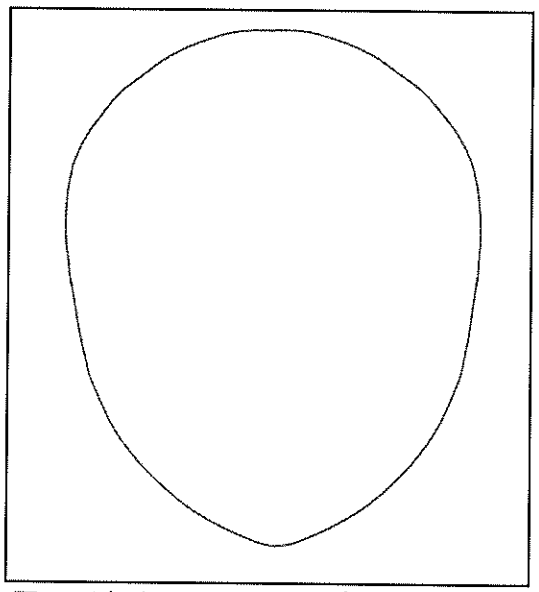


図１（実験に用いたサンプルの輪郭）

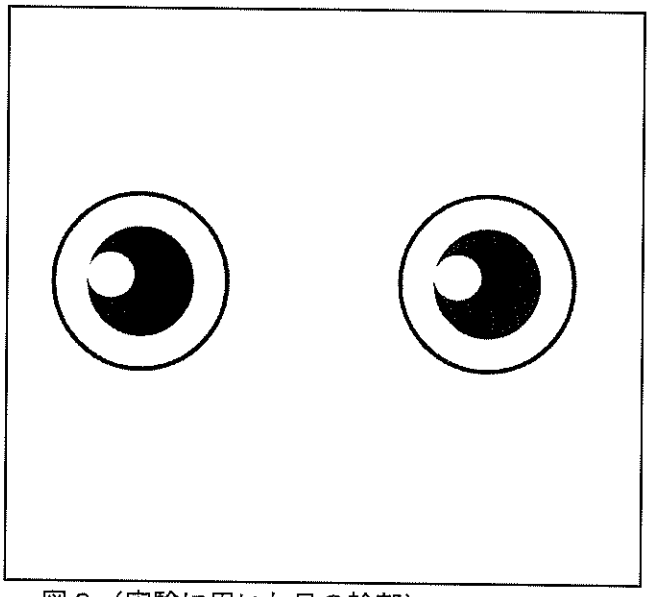


図２（実験に用いた目の輪郭）

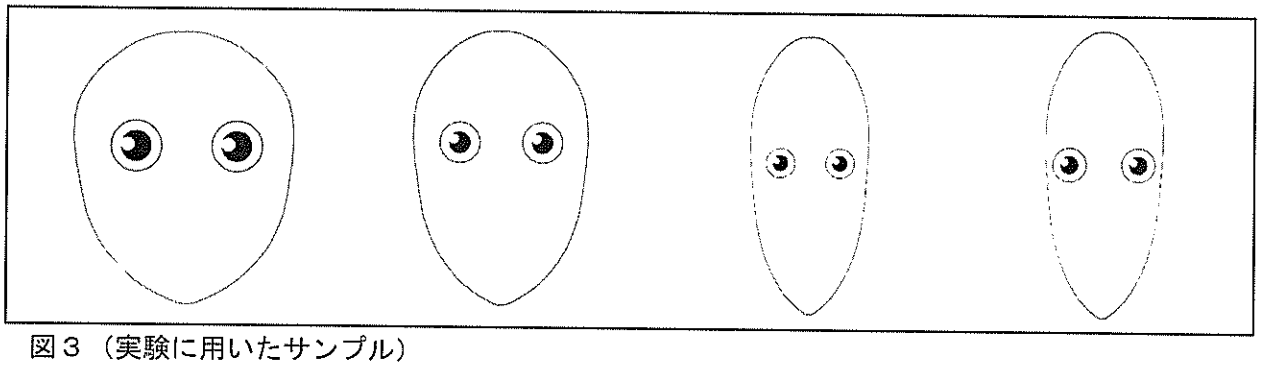
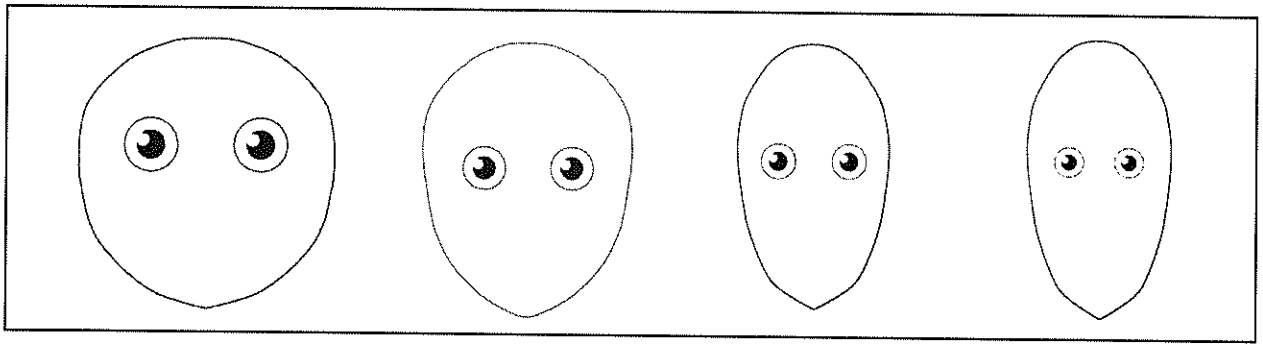
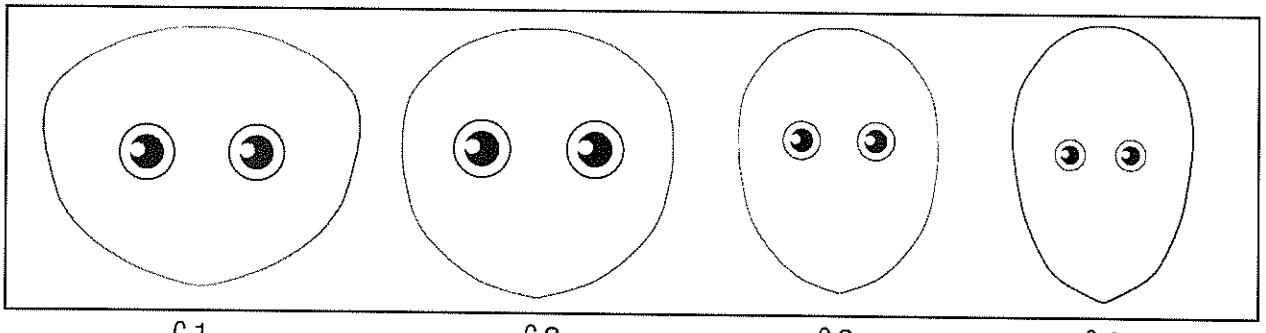


図３（実験に用いたサンプル）

A1　A2　A3　A4



B1　B2　B3　B4



C1　C2　C3　C4

プラネタリウム開発における1/fゆらぎフィルターの作成

Creation of 1/f fluctuation filters for planetarium development

Abstract

We visualize 1/f fluctuations, which are known to have a good influence for sleep and relaxation effects. We create patterns of water surface fluctuations and candle brightness variations. These patterns are then reflected in the starry sky video to produce the animation. As relaxation typically lowers heart rate, we observed the animation and measured participants' heart rate changes. However, no significant decrease in heart rate was observed. This suggests the video's quality and imagery may have been insufficient. We improve the visuals and conduct a comparative experiment using multiple images. As a result, more people felt more relaxed than in Experiment

1．はじめに／目的／研究動機

日本人の睡眠不足が近年問題となっている。また、街灯が普及した都会に住んでいてあまり星空を見たことがない、星空にあまり興味がないといった人へ、星空に触れてもらう機会を作りたい。そこで、それらを同時に叶えられるようなリラックス効果を備えたプラネタリウムを作成しようと考えた。Panasonic から、信州の蓼科高原で吹く風を計測し、風速や強弱のリズムを再現した扇風機が販売されている。このように、触覚を利用したリラックス商品が販売されていることから、本研究ではこれを参考に、リラックス効果があるとされる1/fゆらぎを再現した映像の作成を目指す。特に、入眠時など日常のリラックスしたい場面で使用でき、かつ星空により多く触れられる映像の作成を目標とする。

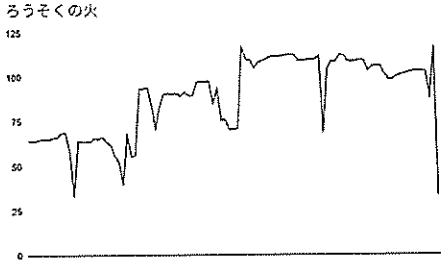
1/f ゆらぎとは、予測できない変化や動きのうち、規則的な要素と不規則な要素がほどよく混ざり合い、リラックス効果を生むゆらぎのことである。主に、小川のせせらぎ、そよ風、炎の揺らめき、木漏れ日、波音などがこのゆらぎをもっている。私たちは、そのゆらぎを人工的な映像に再現し、1/fゆらぎをもつ映像が実際にリラックスできるかを検証することを研究目的としている。

2．方法／研究方法／内容

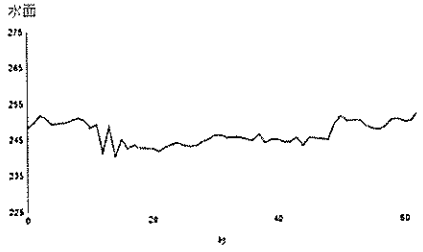
2.1 実験1

1．ろうそくの火の光と水面の光の反射を照度計を用いて照度の変化を読み取った。ろうそくを用いて2回、水槽の半分ぐらいの水で2回、満タンにしたもので2回の計6回行った。

2．それぞれのデータの一秒ごとによる輝度変化を読み取り、その数値を最小値を0、最大値を100になるように100分率になおした。



グラフ1　ろうそくの火の変化の様子



グラフ2　水面の変化の様子



図１　測定の様子　ろうそくの火

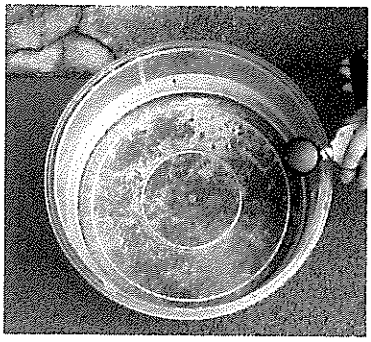


図２　測定の様子　水面の様子

2.2 実験２

１．変換した数値を基に「Canva」を用いて画像の明るさを 0 から 100 まで変化させ、動画を作成した。

２．それぞれの動画をつなげ、ひとつの動画とした。

３．その動画を以下の手順で附高生ら計 37 人に見てもらった。

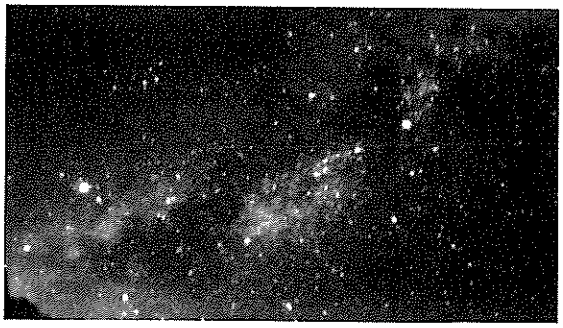
　１．椅子に座って１分間リラックスしてもらう。

　２．心拍数を測る。

　３．作成した動画を見てもらった。

　４．動画を見た直後にもう一度、心拍数を測る。

→人間はリラックスすると心拍数が下がるので、本実験では心拍数が下がるとリラックスしたとする。



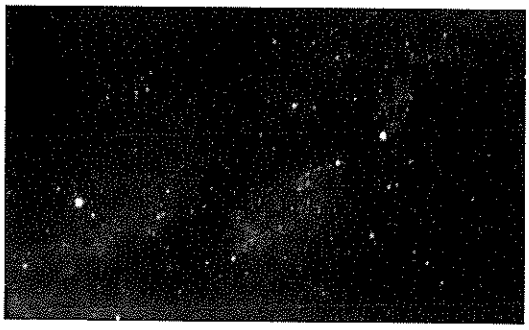


図３　実際の動画の変化

３．結果

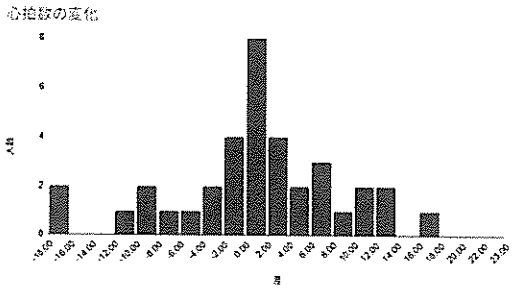
3.1 実験１の結果

心拍数が上がった人数：15 人

心拍数に変化のない(－１～１)人数：７人

心拍数が下がった人数：12 人

→映像を見たことによるリラックス効果はなかったと考えられる。



グラフ３　被験者の数と心拍数の変化

被験者の声

・実験により、「見させられた」といった緊張感があった。

・映像を見た際の周りの環境に気を取られてしまった。

・変化が不自然、わかりづらい。

これらを改善するために２つ目の実験をする

2.3 実験３

１.前回と同様の変換した数値を基に「Canva」よりも映像変化がなめらかに変化するような「CapCut」を用いて画像の明るさを-50 から 50 まで変化させ、動画を作成した。

２．それぞれの動画をつなげ、ひとつの動画とした。

３．その動画を同様の手順で附高生ら計 34 人に見てもらった。

１．椅子に座って１分間リラックスしてもらう。

２．心拍数を測る。

３．作成した動画を見てもらった。

４．動画を見た直後にもう一度、心拍数を測る。

その際、人気の少ない時間帯に実験をした。

また、映像を前回のような暗い星空の画像ではなく、「水面」、「木々」の二種類を採用した。

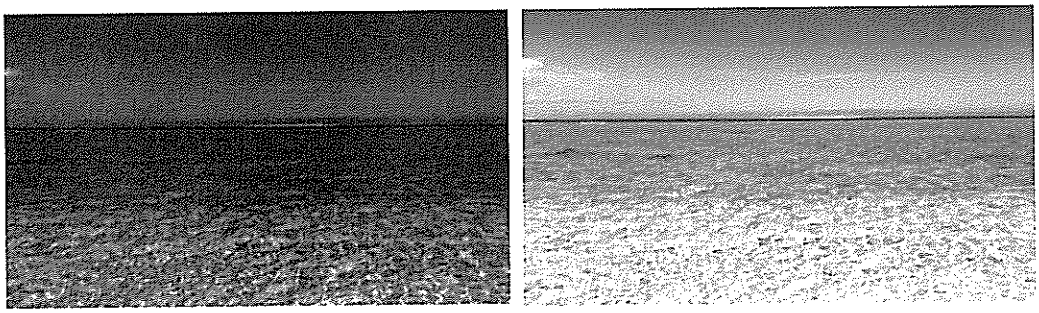


図４　実際の海の動画の変化

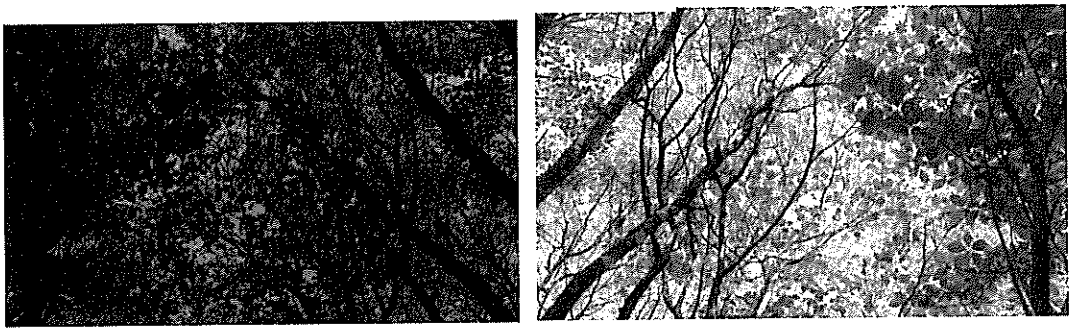


図５　実際の木々動画の変化

3.2 実験２の結果

心拍数が上がった人数：６人

心拍数に変化のない人数(－１～１)：９人

心拍数が下がった人数：19 人

→少し映像による変化が見られた。

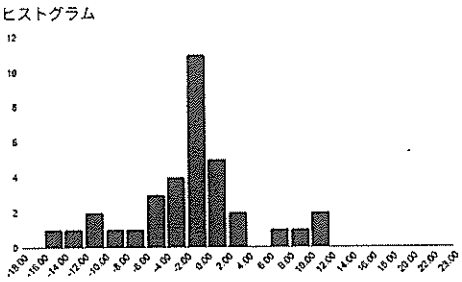
被験者の声

・前のカクカクした変化が消えていてよかった。

・画像がきれい。

・眠たい、催眠術みたい。

・VR ゴーグルみたいにすればもっとわかりやすいかも。



グラフ４　被験者の数と心拍数の変化２回目

表１　一回目と二回目の実験の心拍数の変化

	一回目	二回目
平均	0.12	-3.2
中央値	1	-2
最頻値	1	-2

４．考察／結論

１回目と２回目の実験結果より、環境や動画の質をあげるとリラックスしたと考えている人が多くなったことから、収集したデータ自体は1/fゆらぎを持つと考えられる。１回目の実験結果より、周りの環境がよくない、動画の質がよくないといった、妨げるものが多いとより緊張した感が出てしまう。また、睡眠時に使う時と実験として行う時では環境や時間帯が異なるという点もよい結果がでなかった理由だと考えた。２回目の実験結果より、海の様子や木々の変化を見ていたとしても環境やまわりの視界が実際の様子とは異なるため、違和感を覚える人が多かったようである。まとめると、1/fゆらぎを忠実に動画や映像へ再現できないということ、環境と映像が異なるため、没入感がなく体験しづらいことなどにより、明確なデータが得られなかったのではと考えた。

５．今後の課題

現段階では1/fゆらぎを少し感じられる動画しか作ることができなかった。そのため、今後はこの動画を透明なフィルター上へ作り変え、最終的にはプラネタリウムにする。また、自然に存在している1/fゆらぎを見てもらった際との心拍数の変化の差も調べる。そして、いかに映像に入り込むことができるのかを調査する。

６．参考文献

Panasonic オンラインストア　扇風機の特徴(2023年9月3日更新)
https://panasonic.jp/fan/features.html#section02
朝日新聞　日本人は「睡眠不足」　女性の4割が睡眠6時間未満　先進国で最下位
https://www.asahi.com/articles/ASR916HG9R91UTIL033
BIOTOPIA
「森林セラピーの楽しみ方」　“1/ｆゆらぎ”の癒し編　「1/ｆゆらぎ」がもたらす癒し効果
https://www.biotopia.jp/library-tag/1-%EF%BD%86%E3%82%86%E3%82%89%E3%81%8E/
GAVA ストレスセンター　ギャバが心拍数に及ぼすリラックス効果
https://www.gabastress.jp/effect/02-2