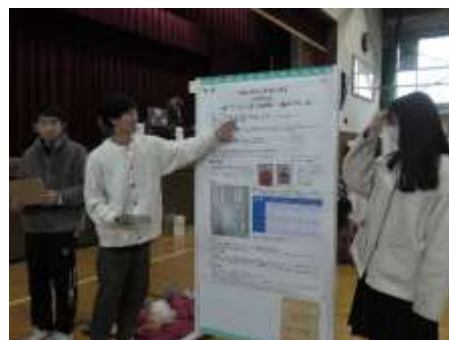


令和5年度 自然科学 生徒課題研究 論文集



兵庫県立姫路東高等学校

兵庫県立姫路東高校の課題研究【自然科学分野】について

1 理数探究基礎（1年次）1単位

1年次では、前期（4月～7月）に「ミニ探究」で、探究の基本的な流れを体験する模擬探究を行う。クラスごとにセーリングカー、風車、紙飛行機という大きな題材を与え、研究計画や仮説の立て方、検証、考察の方法をその都度ガイダンスを行いながら実施する。前期発表会（7月）では、模造紙に手書きのポスターを作成し、発表を行う。

後期（9月～3月）は夏季休業中に個人で考えてきたテーマを持ち寄り、似たテーマどうしでグループをつくり、研究を行う。テーマは自由だが、一度生徒が出してきたテーマを担当教員間で共有、検討する「課題研究検討会」を実施し、テーマのブラッシュアップを図る。短い期間だがどのグループも検証実験、結果の分析、考察を行い、後期の発表会（1月）ではポスター発表を行う。後期発表会の結果、選抜班が2月に本校が主催する Girl's Expo with Science Ethics でも発表を行う。

2 理数探究・科学倫理（2年次理系）2単位

2年次では、理系の生徒が自然科学についての探究活動を3年次の前期まで継続して実施する。個人で考えてきたテーマを持ち寄り、似たテーマどうしでグループをつくり研究を行う。研究テーマについては、研究計画立案とプレ検証を行ったうえで、テーマと計画に無理がないかなどを担当教員で検討する「課題研究検討会」を実施する。テーマが確定したら検証と結果の分析を繰り返し行う。

自然科学のテーマが確定すれば、そのテーマと表裏一体に存在する倫理的課題をテーマとして設定し、同時並行で科学倫理分野の研究も進める。（令和5年度 科学倫理 生徒課題研究 論文集参照）

後期発表会ではポスターで中間発表を行い、3年次の「探究発展」へとつなげる。後期発表会の結果、選抜班が2月に本校が主催する Girl's Expo with Science Ethics でも発表を行う。

3 探究発展（3年次）1単位

3年次では、2年次からのテーマを継続して探究活動を行い、前期発表会で最後のポスター発表を行う。発表後は論文を執筆し、探究活動の総括をする。

【参考】自然科学をテーマとした課題研究の実施

		4月	7月	12月	1月	2月	7月	8月
1年次 生徒		ミニ探究	前期発表会	課題研究	後期発表会 優秀班選抜	GESE (※) 発表 論文提出	/	
2年次 生徒	理系	自然科学 課題研究			後期発表会 優秀班選抜	GESE (※) 発表	前期発表会 論文提出	
		科学倫理 課題研究			発表会 優秀班選抜	GESE (※) 発表 論文提出		
								3年次

※ GESE : Girl's Expo with Science Ethics

目 次

< 3 年次理系生徒の自然科学課題研究のまとめとポスター >

ダイラタント流体の固さが変化する条件	1
ドロプレーニング現象が起こる条件	4
風が紙飛行機に及ぼす滞空時間の影響	7
頑丈な橋になる条件とは	10
糸電話の糸に介す物質同士の間隔と伝わる音の関係	13
糸電話で 1 度に音を伝えられる最大人数	16
混合物の結晶の析出	19
剥がしやすさと温度や日数の関係	22
繰り返し利用できるテープを作る	25
安全な絵の具を作ろう	28
どんな声が最も瞬間的な筋力を高めるのか	31
微生物による発電とその効率化	34
波紋の形について	37
水で膨らむビーズと溶液の関係	40
柔軟剤の濃度と速乾性の関係	43
食品添加物を使用しない防腐方法	46
食品の劣化と pH 値の変化の関係	49
チョークの粉から白いチョークを作る	52
ヘレシヨウセルに用いる水溶液の粘度と現れる境界の関係性	55
ヘレシヨウセルの板の間隔と現れる模様との関係	58
紙の種類とインクのしみ方	61
建築物の縦横の比の関係性に明らかな偏りはない	64
肯定的な言葉と否定的な言葉のスポーツの影響	67
紙飛行機の素材と飛行距離の関係	70
パラシュートの素材による滞空時間の変化	73
渦の発生条件を調べる	76
効率のいい換気のしかた	79
水切りの最適な投げ方	82
跳ねる回数が多くなる水切り石の重さと表面積の比	85
ペーパーグライダーの主翼面積による滞空時間の変化	88
多角柱の角の数と耐えられる重量の関係	91
防音をするために最も適した材質は?	94
色彩と食欲の関係について デジタル ver	97
視覚による体感時間の変化	100
ゴム鉄砲との距離と角度	103

粒の大きさと液状化の関係	106
振動の回数とひび割れの関係	109
泥のひび割れの間隔と振動の与え方の関係性	112
泥に含まれる溶液の種類と乾燥後のひび割れの関係	115
コインの密度と水中で描く軌道の関係の比較	118
1円玉落とし～コインの入射角度と描く軌道の関係～	121
振動で発電しよう	124
水溶液の密度と削れやすさの関係	127

<1年次生徒の課題研究のまとめとポスター>

LEDの光がブロッコリースプラウトの成長に対して与える影響について	130
水は落ちるときに何故ねじれるのか	132
リモコンの赤外線透過の条件	134
濡れた紙をきれいに乾かす方法	136
風船の破裂音が小さくなるのはどのようなときか	138
新しい顔文字を作り出す	140
いろいろな水溶液に指をつけた時の指のシワの変化	142
植物の色素と爪の染まり方	144
音楽が与える作業効率への影響について	146
硝酸銀水溶液と微量のハイターの反応途中に出てくる褐色の沈殿について	148
セイリングカーと帆の高さの関係	150
姫路を満喫できる観光プランの作成	152
光合成量の多い植物とは	154
色のついたシャボン玉をつくろう	156
ボールペンのグリップの形状と滑りやすさの関係について	158
ハクサイにおける枚数ごとの縦と横、面積の関係	160
ダイラタント流体に混ぜる液体のpHの値を下げることによる流体の硬度の変化	162
Bluetoothによる機器間の接続の関係性	164
リンゴにおけるおいしさと保存方法の関係	166
タマネギを切ったときに出る涙を減らす方法について	168
温度変化による雪の結晶のでき方について	170
滑り台を最も速く滑る姿勢	172
虹の再現方法について	174
納豆から頑丈な糸を作りたい	176
豆苗の再生	178
最も部屋を保温できるカーテンの素材は何か	180
重い物を楽に運ぶ方法	182
蒸留に適した容器について	184

フィルターの汚れが風通しにどう影響するのか？	186
割り箸をきれいに割る方法	188
スマホのバッテリーが減る条件	190
自転車の体勢と速度の関係	192
ドライヤーをあてる角度と髪の毛のキューティクルの開き方の関係性	194
溶けにくい氷はどんな氷？	196
歩く時の速さと腕の角度の関係について	198
印象に残りやすい文字の色	200
割れにくいシャボン玉について	202
色彩と血圧の関係	204
負担の少ない座り方	206
「行けたら行く」と答えた人の中で実際に約束を守る人の割合とは	208
おいしそうな写真の撮り方	210
色と水の温度の関係	212
効率のいい学習方法	214
いいパフォーマンスを発揮できるウォーミングアップの強度	216
ガムを噛むことで集中力は上がるのか	218
クロロフィルによる緑茶の変化	220
洗剤なしで汚れた布をきれいにする方法	222
ボールが飛びやすい角度を調べる	224
走る時間帯とタイムの関係	226
日本人にとってローマ字入力に適したキーボードの配列について	228
酸化セリウムと日焼け止めの関係について	230
ウォーミングアップがパフォーマンスに与える影響とは	232
川の流れるが遅くなる川の障害物と設置する位置	234
音の高さと障害物による音の大きさの関係について	236
風の影響による紙飛行機の飛距離の変化	238
期待値から求める人生ゲームの攻略法について	240
歩幅による心拍数の違い	242
身近なものでカビの増殖を防ぐには	244
洗濯物のドライヤーでの効率的な乾かし方	246
酸化チタンはどれだけ紫外線をカットできるか	248
アリの行動に関する要因	250
水を浴びて運動することによる運動効率の変化	252
運動場に適した土を調べる	254
一番安定するハニカム構造の大きさ	256
何色で書かれた単語が暗記しやすいのか	258
石鹼の濃度による汚れの落ち方	260

溶けにくい氷を作る	262
水を使わずに水温を早く下げる方法	264
ホワイトボードを綺麗に消す方法	266
楽な椅子の座り方	268
消しカスからオリジナル消しゴムを作る	270

＜2年次理系生徒の自然科学課題研究のポスター＞

食品に発生するカビとわさびの関係	272
水の上を走れる？～ダイラタンシーを使って～	273
糖の種類とゼリーの固さ	274
水中シャボン玉を作る最適な条件	275
お散歩しながら発電しよう！	276
葉脈の規則性	277
ゴム風船を長持ちさせる方法とは	278
竹とんぼの滞空時間とウィングレットの関係	279
植物の色素と肥料の関係	280
植物の生育と土壌の関係	281
ブレファリスマの巨大化と密度の関係性について	282
ブロッコリースプラウトの成長に適する水の種類	283
油をよく吸収する素材とは	284
クラドニ図形の周波数による形状の変化	285
小型塩湖の作成	286
脱・パリパリ教科書	287
玉ねぎの皮からより効果の高い日焼け止めをつくるには	288
手の平の上でシャボン玉を弾ませるには	289
ボトルフリップの成功率を上げるには	290
マイクロ水力発電の効率の良い水車	291
くるくるコイン募金箱の角度別のコインの転がり落ちるまでの時間	292
シャーペンの芯の折れる条件	293
四つ葉のクローバーを作る方法	294
チャット GPT の弱点	295
ハム、粘らせたい。	296
スポーツドリンクを凍らせた後、味を均一に味わいたい	297
背負ったリュックを軽く感じさせるには	298
声の大きさと発揮できる力の大きさの関係について	299
錆がつく環境と測定法	300
書字スリップが起こりやすい条件	301
ゲームで素数を知ろう！	302

ミルククラウンをいろいろな液体で作る	303
ボールの回転と軌道の変化の検証	304
シャボン玉の持続時間と砂糖の量との関係値について	305
心拍数とスポーツパフォーマンスの関係	306
音楽がスポーツに及ぼす影響	307
身近なもので吸音材を作ろう	308
辛い物を抑える飲み物	309
生分解性プラスチックに最適なものは何か	310
ブーメランの縦横比と最高到達距離の関係	311
ストループテストの応用	312
安全な色鉛筆を作ろう	313
水の状態と土砂の浸食の関係性について	314
過冷却でできる結晶の形	315
溶液の濃度による表面張力の変化	316
雨に濡れにくい傘の差し方	317

<科学部の自然科学研究論文とポスター>

外部磁力による磁性流体のスパイク形成の条件 (その2)	318
刺座配列を示すサボテン種に共通な螺旋方程式と種固有の変数 (その2)	329
片利共生する軟体動物の腎囊表面の形状による 蠕虫型ニハイチュウの棲み分け (その2)	340
マグマ分化末期の熱水残液の循環 一角閃石から発見した波状累帯構造を基に	346

ダイラタント流体の固さが変化する条件

3 年次理系生徒

キーワード

ダイラタンシー現象・・・特定の流体に見られる急激な衝撃が加えられた際に一時的に固まる現象
 ダイラタント流体・・・ダイラタンシー現象が起きる流体

1. 研究の動機と目的

私たちがこのテーマについて実験しようと思った動機は、ダイラタンシー現象を初めて知った時に日常であり目にすることのないこの現象に興味を持ったからだ。私たちはこの実験でダイラタント流体の固さが変化する要因の一つに、粒子のサイズの違いがあると考え、研究Ⅰを行った。この研究を行う中で、ダイラタント流体を冬に一晩放置すると流体が固くなることがあった。その原因を気温による水温の変化と考え、研究Ⅱを行った。本研究では以上の2つの観点を通して、ダイラタント流体の固さが変化する条件を明らかにすることを目的とする。

研究Ⅰ

2. 仮説Ⅰ

片栗粉で作ったダイラタント流体にほかの粒子を混ぜることで、粒子の配列が変わり、固さが変化するという仮説を立てた。

3. 方法Ⅰ

(1)①～③の比率でダイラタント流体を作る

- ①片栗粉 50g+水 50g
- ②片栗粉 50g+砂 15g+水 50g
- ③片栗粉 50g+炭酸カルシウム 15g+水 50g

(2)右図のような実験装置を組み、それぞれのダイラタント流体に高さ 30cm から金属球を落とし、金属球が流体に着いてから沈みきるまでの時間を測定する。この実験では沈みきるまでの時間が長いほど固いとみなした。



4. 結果Ⅰ

結果は以下の表の通りである。

(図1 実験器具)

表1 粒子の大きさとダイラタント流体の固さの関係

種類	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
①片栗粉のみ[秒]	0.041	0.042	0.041	0.042	0.042	0.042
②片栗粉+砂[秒]	0.025	0.026	0.025	0.031	0.028	0.027
③片栗粉+炭酸カルシウム[秒]	0.015	0.016	0.013	0.012	0.022	0.016

5. 考察Ⅰ

二種類の物質を混ぜたダイラタント流体は柔らかくなった。光学顕微鏡を用いて観察すると粒子の大きさは砂>片栗粉>炭酸カルシウムである。これより、2種類の粒子を混ぜることで、片方の粒子の配列にもう片方の粒子が入り込んで、ダイラタント流体内の粒子の配列が変わることによって、衝撃を加えられたときに粒子がうまく移動できず、固まりにくくなったのではないかと考えられる。

研究Ⅱ

6. 仮説Ⅱ

片栗粉の水温を低くすると片栗粉が固くなると仮説を立てた。

7. 方法Ⅱ

- ①水 50g と片栗粉 70g を混ぜ、ダイラタント流体を作成する。
- ②ダイラタント流体を湯煎、もしくは氷水で冷却し、温度を調節する。
- ③研究①と同じ手法で固さを計測する。

8. 結果Ⅱ

結果は以下の表の通りである。

表2 ダイラタント流体の液温と固さの関係

水温	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
①10℃[秒]	0.13	0.13	0.016	0.23	0.08	0.12
②20℃[秒]	0.50	0.60	1.1	0.38	0.49	0.61
③30℃[秒]	0.38	0.25	0.60	0.55	0.75	0.51
④40℃[秒]	0.25	0.24	0.13	0.45	0.22	0.26

9. 考察Ⅱ

20℃の時に一番時間が長かったのが固いということが分かった。40℃のとき柔らかくなったのは片栗粉のデンプンが糊化したことによってダイラタンシー現象を妨害したのではないかと考えた。片栗粉は加熱されると水を吸収し、粘り気が出る。実験の際も50℃に調整しようとした際、片栗粉が変性してしまい、50℃で実験を行うことはできなかった。また、その時ダイラタント現象は観測されなくなった。

10. 今後の課題

今回の実験では、10℃よりも20℃の時の方が固くなったため、気温の低い冬にダイラタント流体が固くなった原因を明らかにすることができなかった。今後は湿度や、水と片栗粉を混合してから時間によっての変化を調べていきたい。

11. 参考文献

- 1) KOBE WATER LABO : ダイラタンシーって何? 神戸市水道局
(2021/02/25 公開) (2023/11/18 閲覧) <https://kobe-wb.jp/kids/archive/dilatancy/>
- 2) ダイラタンシー流体の強度測定とその応用 熊崎隆斗 森悠太郎
(2022/03/25 公開) (2022/11/18 閲覧)
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc3/31905.pdf>
- 3) ダイラタンシー現象 加藤 由暉 高嶋 凜人 (2018/01/06 公開) (2022/11/18 閲覧)
http://www.koshi-h.ed.jp/wp-content/uploads/2018/01/H29_06_dilatancy.pdf
- 4) 千里浜におけるダイラタンシー 竹下 満里奈
<https://library.kanazawa-u.ac.jp/wp-content/uploads/2018/09/362.pdf>

12. 謝辞

本研究をすすめるにあたって、姫路東高校教諭の田淵先生には有益な助言を頂いている。ここに記して謝辞を表す。

ダイラタント流体が固さが変化する条件

3年次理系生徒

キーワード ダイラタンシー現象¹⁾³⁾⁴⁾、ダイラタント流体

1.研究の動機と目的

私たちがこのテーマについて実験しようと思った動機は、ダイラタンシー現象を初めて知った時に日常であまり目にする事のないこの現象に興味を持ったからだ。私たちは、「ダイラタンシー現象と粒子の大きさ」という観点で、仮説①を立て、ダイラタント流体を作るときに水に混ぜる物質の粒の大きさとダイラタンシー現象の起こり方の違いを調べた。この研究を行う中で、ダイラタント流体を冬に一晩放置すると流体が固くなった。このことから、私たちはダイラタント流体の固さは温度によって変わるのではないかと考え、仮説②を立てた。



図1 実験装置

2.仮説①

片栗粉で作ったダイラタント流体にほかの粒子を混ぜることで、粒子の配列が変わり、固さが変化するのはないか。

3.方法①

- (1)①～③の比率でダイラタント流体を作る。
 ①片栗粉70g+水50g
 ②片栗粉55g+砂15g+水50g
 ③片栗粉55g+炭酸カルシウム15g+水50g
- (2)図1のような実験装置を組み、それぞれのダイラタント流体に高さ30cmから金属球を落とし、金属球が流体に着いてから沈みきるまでの時間を測定する。この実験では沈みきるまでの時間が長いほど固いとみなした。

4.結果①

結果は表1のとおりである。

表1 ダイラタント流体の材料の比率の違いによる硬さの変化

種類	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
①片栗粉70g[秒]	0.041	0.042	0.041	0.042	0.042	0.042
②片栗粉55g+砂15g[秒]	0.025	0.026	0.025	0.031	0.028	0.027
③片栗粉55g+炭酸カルシウム15g[秒]	0.015	0.016	0.013	0.012	0.022	0.016

5.考察①

二種類の物質を混ぜたダイラタント流体は柔らかくなった。粒子の大きさは砂>片栗粉>炭酸カルシウムである(図2図3参照。なお炭酸カルシウムは光学顕微鏡では粒子のサイズは観測できなかったが、他の粒子に比べて充分に小さい)特に炭酸カルシウムはその傾向が強い。炭酸カルシウムは片栗粉よりも粒子が小さいため片栗粉粒子同士の間に入り込んでダイラタント流体内の粒子の配列が変わることによって、衝撃を加えられたときに粒子がうまく移動できず、固まりにくくなったのではないかと考えられる。

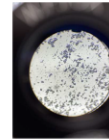


図2 倍率100倍で観測した片栗粉

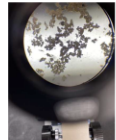


図3 倍率100倍で観測した砂

6.仮説②

温度が低くなるほどダイラタント流体が固くなるのではないか。

7.方法②

- (1)片栗粉70gと水50gをダイラタント流体を作る。²⁾
 (2)ダイラタント流体を湯煎もしくは氷水で冷却し温度を①～④のように調節する。
 ①10°C ②20°C ③30°C ④40°C
 (3)図1のような実験装置を組み、それぞれのダイラタント流体に高さ30cmから金属球を落とし、金属球が流体に着いてから沈みきるまでの時間を測定する。この実験では沈みきるまでの時間が長いほど固いとみなした。

8.結果②

結果は1のとおりである。

表2 水温とダイラタント流体の固さの関係

種類	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
①10°C	0.125	0.132	0.016	0.230	0.080	0.1166
②20°C	0.500	0.600	1.100	0.375	0.491	0.6132
③30°C	0.375	0.250	0.600	0.551	0.750	0.5052
④40°C	0.252	0.241	0.132	0.450	0.221	0.2592

9.考察②

20°Cの時に一番時間が長かったのが固いということが分かった。40°Cにして固さが柔らかくなったのは片栗粉のデンプンが糊化したことによってダイラタンシー現象を妨害したのではないかと考えた。片栗粉は加熱されると水を吸収し、粘り気が出る。実験の際も50°Cに調整しようとした際、片栗粉が変性してしまい、50°Cで実験を行うことはできなかった。また、その時ダイラタント現象は発生しなくなった。このことから、温度により、片栗粉の一部が糊化し、粘り気によってダイラタンシー現象が起きづらくなったと考えられる。

10.今後の課題

今回の実験では、日によってダイラタント流体の固さが異なっていた原因を明らかにすることがなぜ日によって固さが変化するのかがわからなかった。今後は湿度や、水と片栗粉を混合してから時間によっての変化を調べていきたい。また、なぜ水温の違いが固さの違いにつながったかの原理を調べる必要がある。

11.参考文献

- 1)神戸市水道局 (2021/02/25公開) KOBE WATER LABO: ダイラタンシーって何? (2023/11/18閲覧) <https://kobe-wb.jp/kids/archive/dilatancy/>
- 2)熊崎隆斗 森悠太郎 (2022/03/25公開) ダイラタンシー流体の強度測定とその応用 (2022/11/18閲覧) <https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H31ssh/sc3/31905.pdf>
- 3)加藤由暉 高嶋 凛人 (2018/01/06公開) ダイラタンシー現象 (2022/11/18閲覧) http://www.koshi-h.ed.jp/wp-content/uploads/2018/01/H29_06_dilatancy.pdf
- 4) 竹下 満里奈 千里浜におけるダイラタンシー (2022/11/18閲覧) <https://library.kanazawa-u.ac.jp/wp-content/uploads/2018/09/362.pdf>

ハイドロプレーニング現象が起こる条件

3年次理系生徒

キーワード説明

ハイドロプレーニング現象

・・・濡れた路面を高速で走行した際にタイヤと路面との間に水膜ができることによって浮いた状態になり、ハンドルやブレーキがコントロールできなくなる現象

1. 研究の目的と動機

雨の日や雪の日の事故の要因となるハイドロプレーニング現象^{1, 2)}が起こる条件に興味を持ち、その条件を明らかにしようと考えたため。

2. 仮説

ハイドロプレーニング現象には砂と水との比率、タイヤの隙間に入る砂の大きさが関係しているのではないかと考えた。

【仮説1】水より砂の方比率が大きくなれば、ハイドロプレーニング現象が起きにくくなる。

【仮説2】砂の大きさが小さくなれば、ハイドロプレーニング現象が起きにくくなる。

3. 実験

校庭の砂でふるいにかけた砂を「砂小」(図1)それ以外の砂を「砂大」(図2)とする。

また、車の代わりにミニカーを利用して実験を行った。

砂小を使った実験を実験1、砂大を使った実験を実験2とする。砂と水の質量の比を(400:0)、(400:100)、(400:110)、(400:120)、(400:130)と変えて砂と水を混合して地面を作る。その上にミニカーを走らせて静止距離と横ずれを記録する。

4. 結果

【仮説1】図3より、砂400g、水100gつまり砂と水の質量の比が4:1の時、横ずれの範囲が最も大きく、静止距離も最も長いことがわかる。次に、砂400g、水0gの時の静止距離の範囲が大きく、横ずれについては水の比率が変わっても大きな変化は見られない。

【仮説2】砂小と砂大における砂400gに対して水100gの時の静止距離と横ずれの関係を図4に示す。図4より、横ずれも静止距離も砂大のほうが大きいことがわかる。また、その他の比率についても同様の結果が得られた。

5. 考察

【仮説1】の検証結果より、砂と水の比率が4:1の時に一番ハイドロプレーニング現象が起きやすく、水がない時に一番ハイドロプレーニング現象が起きにくいことが分かった。水がない時には、タイヤと地面との隙間に水がそもそも入り込むことがないのでハイドロプレーニング現象が起きなかったと考えられる。砂と水の比率が4:1の時に一番ハイドロプレーニング現象が起きたのは車のサイズが小さく、水の抵抗が大きくなってしまい車が減速したなどの、ハイドロプレーニング現象とはまた別の問題が起きたことによる結果だと考察する。

【仮説2】の検証結果より、砂のサイズが大きくなればハイドロプレーニング現象が起きやすくなり、砂のサイズが小さければハイドロプレーニング現象が起きにくくなると考えられる。この検証結

果より【仮説2】は正しいと考察する。

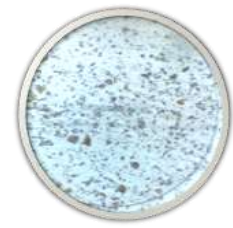
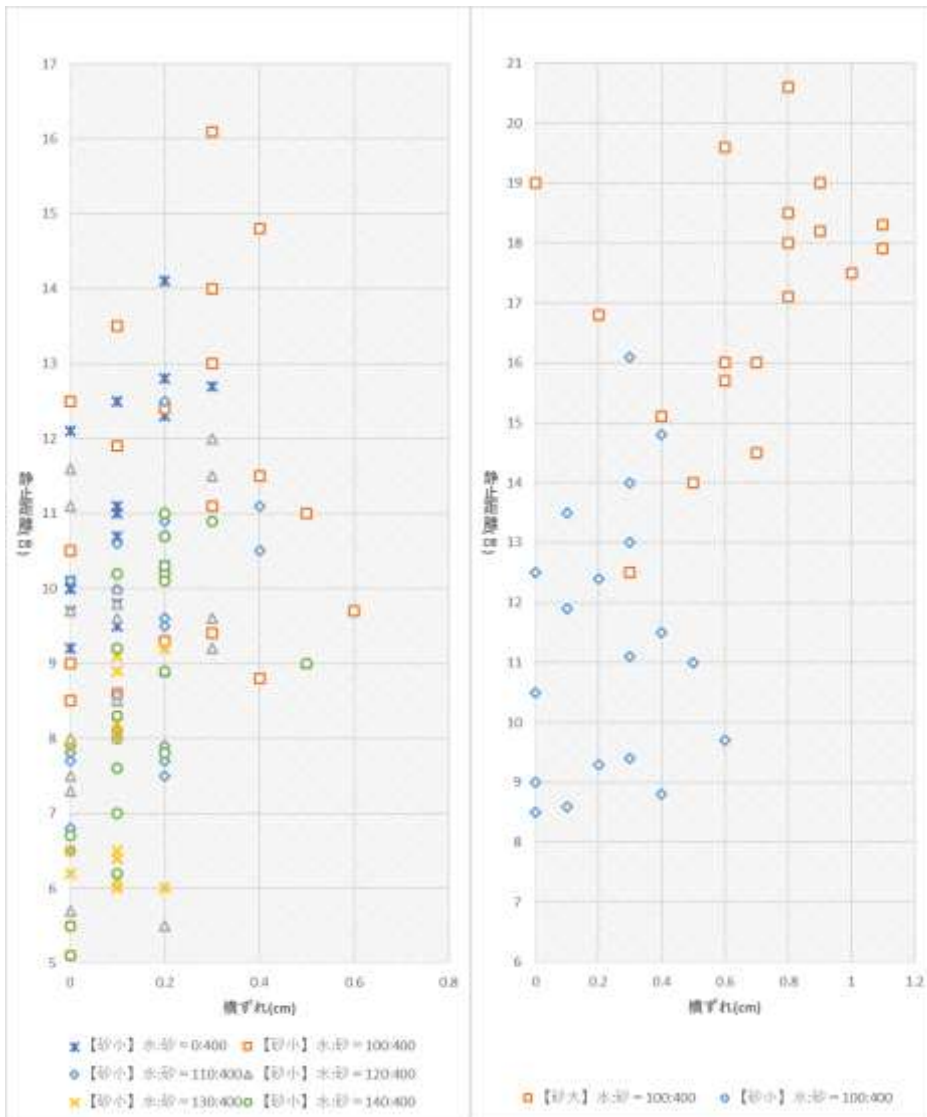


図3



図4

6. 今後の課題

今回の実験では、砂の粒の大きさを2段階にしか分けることが出来なかった。水の割合、砂の粒の大きさ以外に変えられる要素を考え、違うアプローチの実験もしていきたい。例えば、小麦粉やコーンスターチなど粒子の異なる材料を使うとハイドロプレーニング現象の起こりやすさはどう変わるのか。こうした実験を生かしてハイドロプレーニング現象が起きにくい道路を考えていきたい。

7. 参考文献

1) DUNLOP ハイドロプレーニング現象について

https://tyre.dunlop.co.jp/tyre/products/tyrecheck/trouble_hydro.html

2) カーナリズム 【ハイドロプレーニング現象】どんな現象？対処法を知ろう！

<https://www.jms-car.com/ask/faq/173.html>

8. 謝辞

この実験をするにあたって田淵先生には多くの助言をいただいた。ここに謝辞を表す。

ハイドロプレーニング現象が起こる条件

3 年次理系生徒

1 動機・目的

雨の日や雪の日の事故の要因となるハイドロプレーニング現象^{1,2)}が発生する条件に興味を持ち、その条件を明らかにしようと考えた。

2 仮説

ハイドロプレーニング現象には砂と水との比率、タイヤの隙間に入る砂の大きさが関係しているのではないかと考えた。

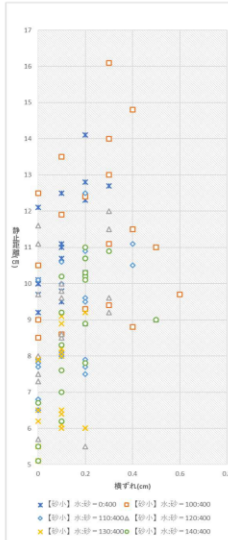
【仮説1】水より砂の方が比率が大きくなれば、ハイドロプレーニング現象が起きにくくなる。

【仮説2】砂の大きさが小さくなれば、ハイドロプレーニング現象が起きにくくなる。

3 実験・考察

【実験1】仮説1の検証

校庭の砂をふるいにかけ、ふるいを通過した砂を砂小とする。砂小400gに水0g、100g、110g、120g、130gをそれぞれ混合し、地面を作る。傾斜を作って車の代わりにミニカーを走らせ、静止距離と横ずれを記録する。静止距離や横ずれが大きいほどハイドロプレーニング現象が起きているとみなす。

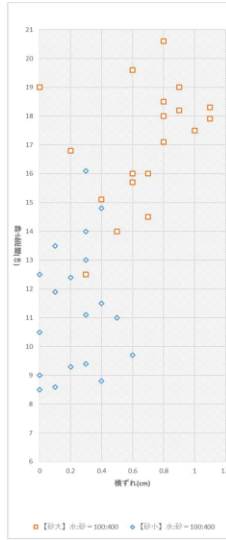


【結果1と考察1】

実験の結果を図1に示す。砂400g、水100gつまり砂と水の質量の比が4:1の時、横ずれの範囲が最も大きく、静止距離も最も長いことがわかる。次に、砂40g、水0gの時の静止距離の範囲が大きく、横ずれについては水の比率が変わっても大きな変化は見られない。以上より、砂と水の質量の比が4:1の時、最もスリップが起こりやすいと考えた。

【実験2-1】仮説2の検証

校庭の砂をふるいにかけ、ふるいに残った砂を砂大とする。実験1と同様の水と砂の比で実験を行い、実験1の結果と比較した。



【結果2】

砂小と砂大における砂400gに対して水100gの時の静止距離と横ずれの関係を図2に示す。図2より、横ずれも静止距離も砂大のほうが大きいことがわかる。また、その他の比率についても同様の結果が得られた。

図2 砂小と砂大における砂:水=4:1の時の静止距離と横ずれ

図1 砂小で水の質量を変えた時の静止距離と横ずれの関係

【実験2-2】砂の大きさを測定

砂の大きさや形を調べるために、砂小と砂大それぞれを顕微鏡を用いて測定した。

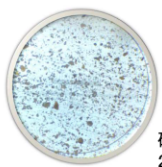


図3 顕微鏡で見た砂小
砂小は接眼ミクロメーター3目盛り分なので、(A)より、 $23.076(\mu\text{m}) \times 3(\text{目盛り}) = 69.228\mu\text{m}$

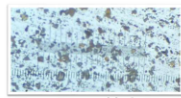


図4 図3の拡大図

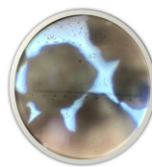


図5 顕微鏡で見た砂大

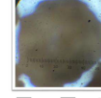


図6 図5の拡大図

砂大は接眼ミクロメーター65目盛り分なので、(A)より、 $23.076(\mu\text{m}) \times 65(\text{目盛り}) = 1499.94(\mu\text{m})$

【考察2】

静止距離も横ずれも砂大を用いた時のほうが大きかった。実験結果より、粒子サイズによってハイドロプレーニング現象の起こる比率が変わり、静止距離も横ずれも範囲が砂小よりも砂大の方が大きいことから、砂の粒が大きいほどスリップが起こりやすいと考えた。また、砂小では、砂の大きさが小さいので砂と砂の間隔が大きくなり、水が入り込んでも流れてしまうが、砂大では砂の大きさが大きいので砂と砂の間に水が入り込みやすくなりやすいためよりハイドロプレーニング現象が起こりやすいと考える。

4 参考文献

- 1) DUNLOP (2018年6月1日)「ハイドロプレーニング現象について」
youtube 0:00~0:54 https://tyre.dunlop.co.jp/tyre/products/tyrecheck/trouble_hydro.html
- 2) カーナリズム (2020年6月3日)「【ハイドロプレーニング現象】どんな現象? 対処法を知ろう!」Webより
<https://www.jms-car.com/ask/faq/173.html>

風が紙飛行機に及ぼす滞空時間の影響

3年次理系生徒

キーワード

揚力:飛行機の翼によって生じ、機体を押し上げるように、上向きに働く力

仰角:水平面から上にあるものを見る視線と、水平面がなす角

1. 研究の動機と目的

スキージャンプが向かい風を受けることで滞空時間が長くなることを知り、飛行物体と風との関係に興味を持った。紙飛行機を用いて、風が飛行物体に及ぼす滞空時間への影響について調べる。

2. 仮説

①風(向き・強さ)と紙飛行機の滞空時間の関係

スキージャンプは揚力が働くので向かい風の方が有利である。そのような点からスキージャンプと同様に紙飛行機にも揚力が働くと考え、向かい風の方が滞空時間が長いと考えた。

②紙飛行機の迎え角と滞空時間の関係

飛行機の迎え角を調べると、飛行時の翼の迎え角は通常0~15度ということが分かったので、紙飛行機も同様に迎え角が15度の時一番滞空時間が長いと考えた。

3. 方法

実験①風(向き・強さ)と紙飛行機の滞空時間の関係について調べる。

風(向き・強さ)の条件を①無風の時、②弱い追い風の時、③強い追い風の時、④弱い向かい風の時、⑤強い向かい風の際の5種類に分ける。5つの条件の風を扇風機で再現し、全て10回ずつ発射台を用いて飛ばし、平均値をとる。

実験②紙飛行機を飛ばす際の迎え角と紙飛行機の滞空時間の関係について調べる。

風(向き・強さ)を実験①の⑤の条件下に設定し、地面を水平基準として発射台の角度を0度、10度、20度、30度、40度と変えて紙飛行機を10回ずつ飛ばし、平均値をとる。

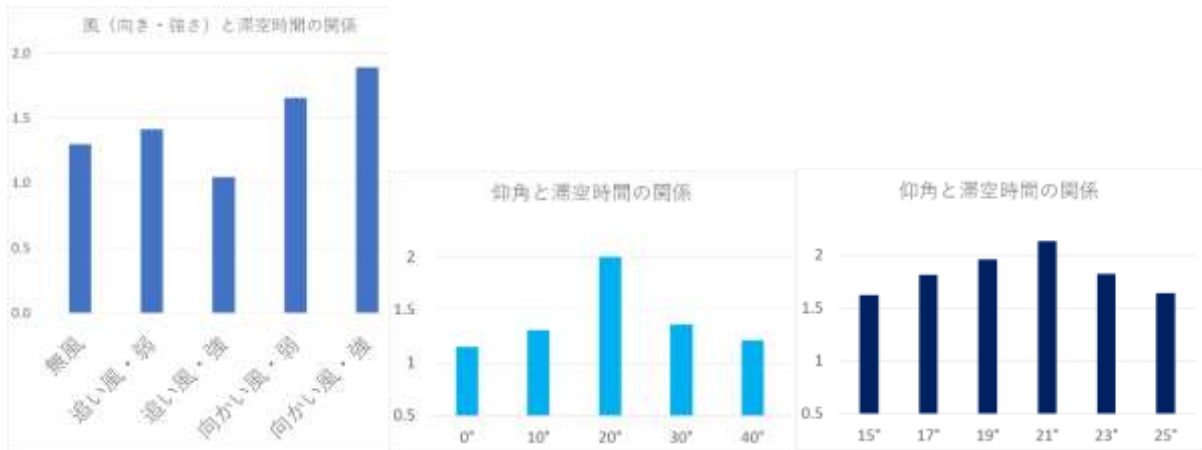
実験②' 上記で求めた最も滞空時間が長い角度の前後5度を2度刻みに区切り、その迎え角で紙飛行機を10回ずつ飛ばし、平均値をとる。

4. 結果

実験①向かい風のほうが無風や追い風の時と比べてよく飛び、その中でも特に強い向かい風の時が最も滞空時間が長くなるという結果が得られた。

実験②では20度が最も滞空時間が長かった。

実験②'では21度まで滞空時間は段々と長くなっていき、21度が最も長くなり、それからは角度が大きくなるにつれ滞空時間は徐々に短くなっていった。



5. 考察

実験①スキージャンプと同様に紙飛行機の場合でも向かい風の時、滞空時間が長くなった。そのことから紙飛行機には揚力が働いており、紙飛行機自体と地面が成す角が迎え角であることがわかる。向かい風の場合、空気抵抗が大きいためスピードは遅くなるが、揚力によってなかなか地面につかない。

実験②迎え角の大きさと揚力の大きさは、ある一定の角度まではほとんど比例関係にあることがわかっている。今回は20度付近までは、迎え角が大きくなるにつれて紙飛行機の滞空時間は長くなった。しかし21度を超えると、紙飛行機の上面の空気上で剥離が起り、揚力が極端に小さくなったので紙飛行機の滞空時間は短くなったと考えられる。

6. 今後の課題

今回の実験方法では、滞空時間を計る際、計り始めるタイミングなどがきちんとそろっていないだったので次行う際は改善して行う。実験の試行回数が少なくデータとしては不十分だったのでもっと増やす。また扇風機を用いると渦巻いてしまい、周囲の空気を巻き込んでしまうという問題点がある。そこで扇風機の周りを筒状に覆いまっすぐな風を送る風洞実験にする。

7. 参考文献

- 1) ケンチー(2022). 「スキージャンプはなぜ向かい風が有利なのか? 【おもしろい流体力学】 | ケンチーブログ」 https://kenchi-blog.com/ski_jump/
- 2) 渡邊友利恵、田邊美怜(2016). 「紙飛行機」 <https://mcm-www.jwu.ac.jp/~physm/buturi16/kamihi-kouki/kamihikouki2.html>
- 3) 丹波純. 「丹波博士の 工作・実験 紙飛行機教室」 <http://www.tamba-jun.com/genri/genri.html>
- 4) クロタノブタカ(2020). 「ハングライダーとは? 飛ぶ仕組みや初心者も楽しめる体験場所までご紹介! | kurashi-no」 <https://kurashi-no.jp/I0031650>
- 5) ひげおじさんの「おうち実験」ラボ(2021). 「飛行機はなぜ飛ぶか? ~ 「迎え角」と「コアンダ効果」 | ひげおじさんの「おうち実験」ラボ」 <https://higeojisan-lab.com/plane-fly-coanda-angle-of-attack/>

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって杉本先生、安藤先生には有益な助言をいただきました。ここに謝意を表します。

風が紙飛行機に及ぼす滞空時間の影響

3年次理系生徒

キーワード 揚力 迎え角

迎え角 気体中の物体（主に翼）が、流れに対してどれだけ傾いているかという角度

揚力

物体が移動しているときに、空気抵抗を受けることによってかかる上向きの力。空気抵抗が大きいかほど揚力は大きくなる。

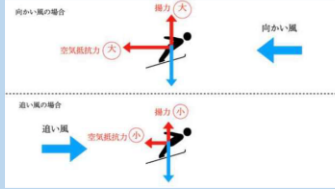


図1 揚力と風の関係について

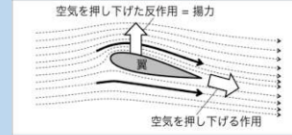


図2 揚力について

研究の動機と目的

スキージャンプが向かい風を受けることで滞空時間が長くなることを知り、飛行物体と風との関係に興味を持った。

仮説

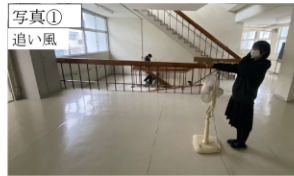
スキージャンプは揚力が働くので向かい風の方が有利である。そのような点からスキージャンプと同様に紙飛行機にも揚力が働くと考え、向かい風の方が滞空時間が長いと考えた。

実験①

風(向き・強さ)と紙飛行機の滞空時間の関係について調べる。

- ①無風のとき
- ②弱い追い風のとき
- ③強い追い風のとき
- ④弱い向かい風のとき
- ⑤強い向かい風のとき

の5種類の風の強さを扇風機で再現し、全て10回ずつ発射台を用いて飛ばし、平均値をとる。



写真① 向かい風



写真② 追い風

結果①

向かい風のほうが無風や追い風の時と比べてよく飛び、その中でも特に強い向かい風の時が最も滞空時間が長くなるという結果が得られた。(グラフ①)

考察①

スキージャンプと同様に紙飛行機の場合でも向かい風の時、滞空時間が長くなった。そのことから紙飛行機には揚力が働いており、紙飛行機自体と地面が成す角が迎え角であることがわかる。向かい風の場合空気抵抗が大きいためスピードは遅くなるが、揚力によってなかなか地面につかない。

実験②

紙飛行機を飛ばす際の迎え角と紙飛行機の滞空時間の関係について調べる。実験①の条件下で、地面を水平基準とし発射台の角度を0度、10度、20度、30度、40度と変えて紙飛行機を10回ずつ飛ばし、平均値をとる。

写真③



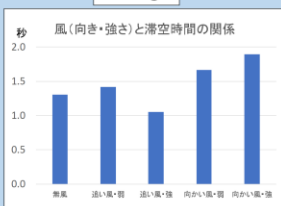
実験②'

上記で求めた最も滞空時間が長い角度付近の角度について再度実験を行う。

結果②

実験②では20度が最も滞空時間が長かった。(グラフ②)
実験②'では21度が最も滞空時間が長くなるという結果が得られた。(グラフ②')

グラフ①



グラフ②



グラフ②'

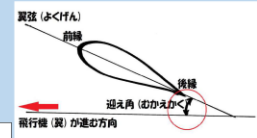
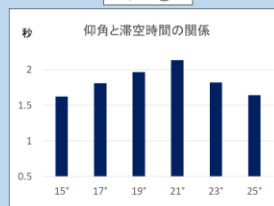


図3 迎え角について

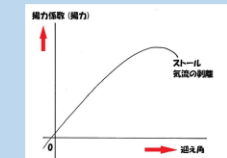


図4 迎え角と揚力の相関関係

考察②

図4のように迎え角の大きさと揚力の大きさはほとんど比例関係にあることがわかっていく。そのため、20度付近までは、迎え角が大きくなるにつれて紙飛行機の滞空時間は長くなる。しかし一定の角度すなわち今回は21度を超えると、紙飛行機の上面の空気上で剥離が起り、力が極端に小さくなったので紙飛行機の滞空時間は短くなったと考えられる。

今後の課題

時間の測定方法が正確だとは言えなかったので改善する。実験の回数が少ないので増やす。

参考文献

- https://kenchi-blog.com/ski_iump (スキージャンプと風の関係)
- <https://mcm-www.iwu.ac.jp/~physm/buturi16/kamihikouki/kamihikouki2.htm> (紙飛行機の揚力)
- <http://www.tamba-jun.com/genri/genri.htm> (紙飛行機が飛ぶ仕組み)
- <https://kurashi-no.jp/1003165> (ハングライダーが飛ぶ仕組み)
- <https://higeojisan-lab.com/plane-fly-coanda-angle-of-attack/> (飛行機はなぜ飛ぶか? ~「迎え角」と「コアンダ効果」)

頑丈な橋になる条件とは

3年次理系生徒

キーワード

トラス... 部材の節点を自由に回転する支点として三角形を基本にして組んだ構造。

1. 研究の動機と目的

私たちは、日常生活で利用している橋がどのような構造によって重さに耐えているのか興味を持った。そこで、重さに耐えられるほど頑丈であると定義し、橋に用いられている構造である「トラス構造」において頑丈になる条件を調べることを目的とし、実験を行った。

2. 仮説

- ①橋を支える軸の数が多いほど頑丈である。
- ②頑丈な橋の特徴的な構造を多く入れると頑丈になる。

3. 方法

加工がしやすい pasta を用いて橋を作成し、以下の2つの実験を行った。

- 実験1：1. pasta を束ねて接着し、トラス・ハウトラス・ワーレントラス・ダブルワーレントラス・鉛直材付ワーレントラス・Kトラス・ボルチモアトラスの7種類の橋を作る。
2. 2つの椅子の間に橋を架け、中央部分に糸をかけて糸と橋の間に板を挟み、バケツを通す。
3. 水を重りとして50ml ずつ加えていく。
4. 壊れた時点の水が何ml であるかを比較し、最も頑丈な

構造を調べる。

実験2：ボルチモアトラスの特徴的な構造である、(図1)のような三角形の1つの頂点から底辺に下した軸による構造をそれぞれ全て(図2)、真ん中(図3)、両端(図4)にいれ、実験1と同様の方法で実験を行い頑丈さを比較する。



(図1)



(図2) 全て



(図3) 真ん中



(図4) 両端

4. 結果

実験1：作成した7種類の橋の中で、橋を支える軸の数が最も多い構造である「ボルチモアトラス構造」が最も頑丈であった。実験結果より、軸の数が少ない構造の橋ほど重さに耐えられず壊れやすかったため、橋を支える軸の数が多量のほど頑丈であるという事が分かった。(表1)

実験2：全て→3200ml 真ん中→1000ml 両端→1600ml

このように、全て、両端、真ん中の順に頑丈であった。実験結果より、入れる構造の数が多量ほど頑丈であるという事が分かった。また、橋が壊れる様子を動画で撮って橋の壊れ方に違いがあるのかどうか調べたが、橋の壊れ方はすべての構造において、重さのかかりやすい真ん中の部分からひび割れて壊れていき、橋によって壊れ方に違いは見られなかった。

ハウトラス	1150ml	鉛直材付ワーレントラス	2250ml
ワーレントラス	2250ml	Kトラス	2700ml
ダブルワーレントラス	900ml	ボルチモアトラス	3200ml

(表1)

5. 考察

実験1：ボルチモアトラスの構造の一部である(図1)のような三角形の1つの頂点から底辺に下した軸による構造が橋の頑丈さにつながっていると考えられる。

実験2：真ん中に入れた時と両端に入れた時を比べると、入れた構造の数は同じであるが両端に入れる方が真ん中に入れるよりも頑丈であった。これは、真ん中に入れた時は橋にかかる重さを真ん中のみで支えることになり1箇所に負荷がかかってしまうが、両端に入れた時は橋にかかる重さを真ん中と両端の3箇所で支えているので橋にかかる負荷が均等に分散されていたからだと考察した。

6. 今後の課題

今回の研究の反省点として、ダブルワーレントラスを作成する際に軸を重ねて作成してしまい、ほかの橋と条件を揃えることが出来なかった点、橋の作成に時間がかかってしまい実験の回数が少なかった点があげられる。今回はボルチモアトラスにおいて丈夫になる条件を考えたが、他のトラス構造においても同じような条件で丈夫になるのかどうかや、さらに丈夫な構造にするための条件を調べたりしてみたかった。

7. 参考文献

1) 国立大学 55 工学系学部. (2019). 「面白科学実験室」 <https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/190913.php> 2022年6月22日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、杉本先生、安藤先生には多大なる協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

頑丈な橋になる条件とは

3年次理系生徒

キーワード

トラス...構造形式の1つで、部材の節点を自由に回転する支点として三角形を基本にして組んだ構造。



図1 トラス構造

動機と目的

私たちは、日常生活で利用している橋がどのような構造で重さに耐えているのか興味を持ったため、重さに耐えられるほど頑丈であると定義し、橋に用いられている構造である「トラス構造」において頑丈になる条件を調べることにした。

実験1

- 〈仮説〉 橋を支える軸の数が多ほど頑丈である。
- 〈方法〉 加工がしやすいため pasta を用いて実験を行う。
 1. pasta を束ねて接着し、橋を7種類作る。
 2. 椅子を2つ準備して橋を架ける
 3. 中央部分に糸をかけて糸と橋の間に板を挟み、バケツを通して結ぶ
 4. 水をおもりとして50mlずつ加えていく。
 5. 橋が重さに耐えられなくなり壊れた時点の水が何mlであるかを比較し、最も頑丈な構造を調べる

図3 実験の様子



- 〈結果〉 「ボルチモアトラス」が7種類のトラス構造の中で最も頑丈であることが分かった。(グラフ1)
- 〈考察〉 ボルチモアトラスの構造の一部である(図4)のような三角形の1つの頂点から底辺に下した軸による構造が橋の頑丈さにつながっていると考え。

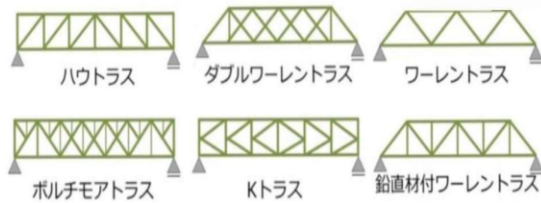
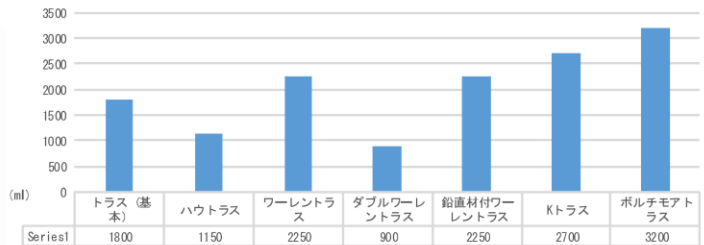


図2 実験に用いたトラス構造の種類



グラフ1 7種類のトラス構造の強度

実験2

- 〈仮説〉 (図4)の構造を多く入れるほど頑丈である。
- 〈方法〉 (図4)の構造をそれぞれ全て、真ん中、両端に入れ、実験1と同様の方法で行い頑丈さを比較する。
- 〈結果〉 真ん中のみ→1000ml 両端のみ→1600ml 全て→3000ml
このように、全て、両端のみ、真ん中の順に頑丈であった。
橋の壊れ方は全ての構造で変わらなかった。
- 〈考察〉 実験結果より、入れる構造の数が多ほど頑丈であるということが分かった。さらに、真ん中に入れた時は橋にかかる重さを真ん中のみで支えることになり1箇所に負荷がかかるが、両端に入れた時は橋にかかる重さを真ん中と両端の3箇所で支えるのでかかる負荷が均等に分散されるため、入れる構造の数は同じであるが両端に入れる方が真ん中に入れるよりも頑丈であったのだと考える。

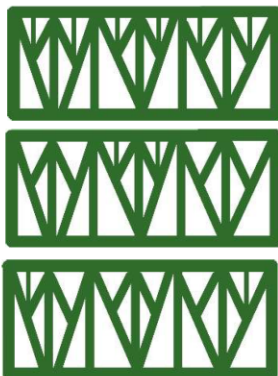


図4
◀全て

図5
◀真ん中

図6
◀両端



図4 ボルチモアトラスの三角形の部分



図5 実際にボルチモアトラス構造を用いて建設された一ノ戸川橋梁(福島県)

今後の課題

今回はボルチモアトラスにおいて丈夫になる条件を考えたが、他のトラス構造においても同じような条件で丈夫になるのかどうかや、さらに丈夫な構造にするための条件を調べていきたい。

参考文献

- ・ 国立大学55工学系学部.(2019). 「おもしろ科学実験室」
<https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/190913.php> 2022年6月22日

糸電話の糸に介す物質同士の間隔と伝わる音の関係

3年次理系生徒

キーワード

糸電話: コップ内の空気、コップの底面、糸、反対側のコップの底面、コップ内の空気の順に振動が伝わり、遠くの人声を聞くことができるもの

耳小骨: あぶみ骨、きぬた骨、つち骨から成り、外耳からの音を増幅して内耳に伝える

1. 研究の動機と目的

糸電話の糸の複数の場所に物質を介し、その間隔を変えることで音の大きさは変わるのかが気になり研究を始めた。

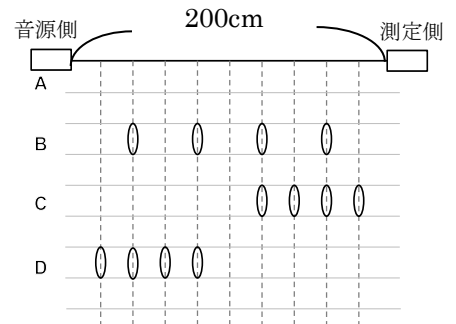
2. 仮説

糸に介す物質同士の間隔を変えても音の大きさは変化しない。

3. 方法

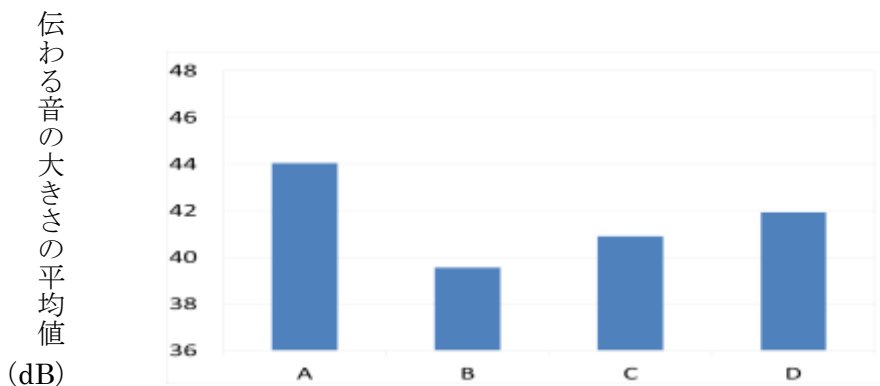
まず長さ 200cm のたこ糸と紙コップで糸電話を 4 つ作る。

1 つ目は糸に何もつけず(A)、2 つ目は糸に 40 cm おきに(B)、3 つ目は音源側から 20 cm おきに(C)、4 つ目は測定器側から 20 cm おきに(D)それぞれクリップを 4 個つける(図 1)。これらの糸電話の両端のコップをスタンドで固定し、片方のコップ内に測定器片方のコップ内に音源を設置し、4 種類それぞれ 1 分間に伝わる音の大きさを 21 回ずつ測定し、その平均を求めた。



(図 1)実験装置図

4. 結果



(図 2)クリップ同士の間隔と伝わる音の大きさの関係

(表 1) 21 回の実験結果

回数	A	B	C	D	回数	A	B	C	D
1	45.2	35.2	38.9	44.5	12	48.8	40.4	40.7	44.4
2	47.6	43.5	39.8	43.1	13	47	35.4	43.1	39.9
3	48.3	41.9	41.9	44	14	45.3	37.1	42.3	37.7
4	44.8	39.5	37.4	44.8	15	41.4	42.1	36.5	38.5
5	45.3	38	38.5	44.3	16	40.8	38.4	39.7	39.9
6	44.9	37.9	42.4	45.1	17	39.8	39.1	42.1	37.2
7	45.8	42.8	40	44.3	18	38.2	38.2	49.5	47.2
8	44.3	41.4	41.2	43	19	38.5	38.2	41.9	38
9	46	40.1	41.7	44.9	20	40.9	37.6	39.1	39.5
10	46.9	45.8	42.4	44.4	21	39.4	38.3	37.6	37.2
11	45.8	40	42.5	39.7	平均	44	39.6	40.9	41.9

グラフの横軸はクリップの配置、縦軸は実験で求めた音の大きさを表している。図 2 のとおり伝わる音の大きさは大きい順に ADCB となり、変化が見られた。

5. 考察

① A は振動を妨げるクリップがないため一番音が大きくなる。2 番目に大きい D はクリップが集まる音源側で振動は減少するが、何もない領域に入ると、これ以上音が小さくなくなると判断した。C は音源から出た振動が空気の抵抗などで弱まってからクリップがある領域に入るので、音が小さくなる。B では空気の抵抗を受けてはクリップにあたりということを繰り返しているため、最も音が小さくなった。

② ・最初の音の大きさを 100 とする

・クリップ 1 個で音の大きさが半分になる

・2 cm で音の大きさが 1 増える

これらの条件で計算してみると音の大きさは大きい順に ADBC となったため、

「距離に比例して音が増幅する」「音の大きさに比例してクリップが妨げる音も大きくなる」の二つの条件が合わさって結果のようになったと考えられる。

6. 今後の課題

②の考察では「音の増幅」があげられた。耳小骨は伝わってきた音を増幅させることができるため、耳小骨とも関連付けて考えたい。

7. 引用文献

1) 木下純(2010). 「ガラスの豆知識 | 窓ガラス (複層ガラス) のことなら AGC の Glass Plaza」.

https://www.asahiglassplaza.net/knowledge/rg_knowledge/vol09/ 2022 年 6 月 17 日

2) 愛知物理サークル(2012). . http://www2.hamajima.co.jp/ikiikiwakuwaku/record/r_2012_02_18/newpage2.htm 2022 年 6 月 17 日

8. 謝辞

本研究を行うにあたり、後藤先生、池田先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

糸電話の糸に介す物質同士の間隔と伝わる音の関係

3 年次理系生徒

キーワード： 糸電話

糸電話の仕組み

コップ内で声を出すと音の振動が

コップ内の空気→コップの底面→糸→コップの底面→コップ内の空気
という順に伝わる。

糸をつまむと振動が逃げて、伝わる音の大きさが小さくなる。⁽¹⁾⁽²⁾

動機・目的

糸に介す物質同士の間隔を変えると音の大きさは変化するのかということが気になり研究を始めた。

仮説

糸に介す物質同士の間隔を変えても音の大きさは変化しない。

実験方法

- 1 コップに音源、もう片方に測定器を設置する
- 2 糸に様々な間隔でクリップを挟む
- 3 それぞれ1分間測定し伝わる音の大きさの平均値を求める

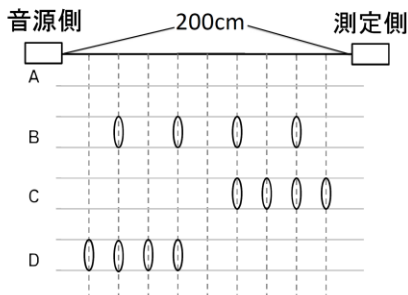


図1 実験装置図

- A. 糸全体に等間隔に挟んだもの
- B. 測定器側に等間隔に挟んだもの
- C. 音源側に等間隔に挟んだもの
- D. 何もつけていないもの

結果

糸全体に等間隔に挟んだもの、測定器側に等間隔に挟んだもの、音源側に等間隔に挟んだもの、何もつけていないものの順に音は大きくなっていった。

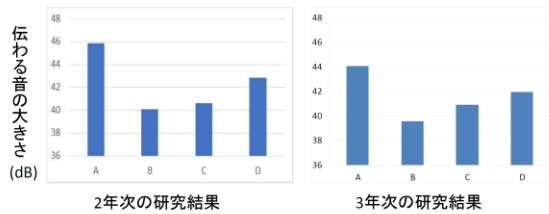


図2. クリップ同士の間隔と伝わる音の大きさの関係

考察

<前回>

- ・距離に比例して音が増幅する。
- ・音の大きさに比例してクリップが妨げる音も大きくなる。
- ・最初の音の大きさを100とする
クリップ1個で音の大きさが半分になる
2cmで音の大きさが1増える

<今回>

- ・距離によって音の大きさが変化する。
- ・音の大きさによってクリップが妨げる音の割合が変化しない。

今後の課題

2年次の探究活動で、本研究の考察の一つとして「音の増幅」があげられた。耳小骨は伝わってきた音を増幅させることができるため、耳小骨とも関連付けて考えたい。

参考文献

- (1) AGC 音の伝達 (2010). AGC Glass Plaza (asahiglassplaza.net) 2022年6月17日
- (2) 愛知工業高校 糸電話における音の伝わり方 (2012).
https://www2.hamajima.co.jp/ikiikiwakuwaku/record/r_2012_02_18/newpage2.htm
2022年6月17日

糸電話で1度に音を伝えられる最大人数

3年次理系生徒

キーワード

糸電話：音声を糸やワイヤーなどの振動に変換して伝達し、再び音声に変換することによって音声で通話を行うための道具。

1. 研究の動機と目的

糸電話は通常2人でおこなうものとされているが、現在のスマートフォンのように3人以上で会話できるのかについて興味を持った。そこで、1つの糸電話で通話できる最大人数を明らかにしたいと考え、このテーマを設定した。

2. 仮説

生徒研究後期発表会までの実験における仮説：先行研究の結果より、最大10人まで会話できる。

三年次からの実験における仮説：糸を直線状に張った時、最大10人まで会話できる。

3. 方法

a. 生徒研究後期発表会までの実験

- ・本研究では糸電話で会話できる状態を音声聞き取れる状態であると予め定義しておく。なお、聞き取れる音声は糸電話を用いないと聞こえないことを確認している。
- ・タコ糸を用い、1対の糸電話を軸としてその軸とタコ糸でつながっている紙コップを1つずつ増やしていった。
- ・「糸を放射状に張る」(写真1)、「糸を直線状に近づけて張る」(写真2)の2つの形態に分けて実験を行った。
- ・音声は、事前に収録した音声を用いて、スマートフォンの最大音量から小ボタンを5回押した音の大きさである。
- ・実験は風がない場所で行い、風による糸の振動がないことを確認して行った。



写真1. 放射線状



写真2. 直線状

b. 三年次からの実験



写真3. 実験の様子

- ・生徒研究後期発表会までの実験の方法に加えて、スマートフォンのアプリを用いて音量を計測し、数値でデータをとった。
- ・糸を直線状に張った時に焦点を当てた実験を行った。(写真3)

4. 結果

a. 表 1. 人数と糸の形状について

人数	放射線状	直線状
3人	聞こえた	聞こえた
4人	聞こえた	聞こえた
5人	聞こえた	聞こえた
6人	聞こえた	聞こえた
7人	聞こえた	聞こえた
8人	聞こえた	聞こえた
9人	聞こえた	聞こえた
10人	聞こえた	聞こえた

糸を放射線状に張るよりも、糸を直線状に張った時の方がはっきりと聞き取ることができた。

しかし、結果は数値を用いた明確な記録ではなく、感覚的で確かなものであったため、方法を変えて実験を行った。

b. 表 2. 5人までの放射線状と直線状の実験結果

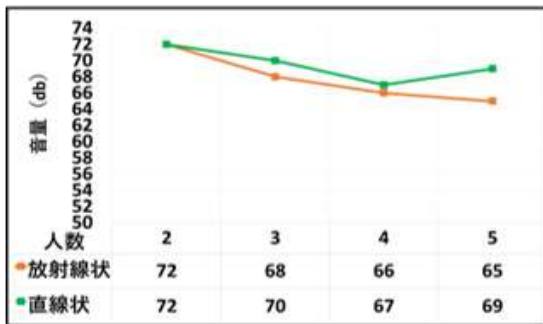
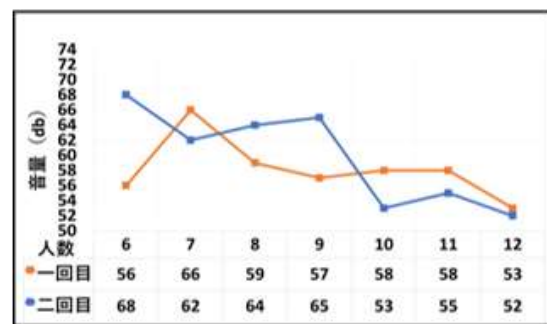


表 3. 直線状での実験結果



紙コップを通さずに測った音の大きさは、一回目：46db、二回目：47dbである。

表 2 より、直線状に糸を張った時の方がいかなる時も音量がより大きく聞こえたことから、糸を放射線状に張った時よりも聞こえやすいことがわかった。6人目以降は糸を直線状に張った時の糸電話の形態に焦点を当てた実験を行い、表 3 のような結果が得られた。表 3 から、環境による原因、多少の誤差はあるものの人数が増えていくにつれてだんだん音量が小さくなっていることが分かる。

5. 考察

実験より、音は、振動が伝わる道筋にある分岐している角度が小さい方が伝わりやすいということが推測できる。このことから糸電話で一度に声を伝えられる最大人数を計測したいときに適している糸の張り方はできるだけ直線状に近い形状であると推定できる。また、分岐点が増えたことで、振動を届ける場所が増え、振動が分散し、1つの紙コップに届く振動数が減ったために、人数が増えていくにつれて音量が小さくなっていったと考えられる。

6. 今後の課題

今後は人数を増やし、紙コップを通さずに計測した音量と変わらなくなるまで実験を行いたいと考えている。また、実験の回数を増やして平均をとり、よりデータに正確性を持たせたい。

7. 参考文献

- 1) 多田 帆乃果(2017) 千葉市総合展覧会科学部門 平成 29 年度 科学論文集「音の模様と糸電話」 <https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoikushido/documents/016otonomoyoutoitodennwa.pdf> 2022 年 5 月 13 日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、池田先生、後藤先生には貴重なご意見やご指摘をいただきました。この場を借りて、お礼申し上げます。

糸電話で1度に声を伝えられる最大人数

3年次理系生徒

キーワード

糸電話：音声に係ワイヤーなどの振動に変換して伝達し、再び音声に変換することによって音声で通信を行うための道具。

写真

●材料



・たこ糸 ・紙コップ

研究の動機と目的

糸電話は現在のスマートフォンのように3人以上で会話ができるのかについて興味を持った。そこで、1つの糸電話で通話できる最大人数を明らかにするためにこのテーマを設定した。

生徒研究後発表会までの実験

- ①先行研究から1度に最大10人まで会話できるという仮説を立てた。
- ②糸電話の形態が異なれば明らかにしたい事柄も異なるのではないかと。
- ③糸電話を「糸を放射線状に張る」「糸を直線状に近づけて張る」の2つの形態に分け、実験を行った。
- ④10人に音が伝わった。また、糸を直線状に張った時の方がはっきりと聞こえた。

しかし!!

結果は、数値を用いた明確な記録ではなく、感覚的で不確かなものだった!!



※放射線状

※直線状

本当に糸を直線状に張った時の方がはっきり音が聞こえるのか確かめるために、2種類の糸の張り方で、それぞれ3人で会話する時の音の大きさをスマートフォンを用いて計測する。

音がよりしっかり伝わる糸の張り方が判明する。よりしっかり音が伝わる方が、糸電話で1度に声を伝えられる最大人数を調べる状態に適しているとみなし、実験に用いていく。

3年次からの探究活動

仮説

先行研究の結果より、糸を放射状に張った時、1度に最大10人まで会話できる。

方法

- ・本研究では糸電話で会話できる状態を音声聞き取れる状態であると予め定義しておく。
- ・なお、聞き取れる音声は糸電話を用いなくとも聞こえないことを確認している。
- ・タコ糸を用い、1対の糸電話を軸としてその軸とタコ糸でつながっている紙コップを1つずつ増やしていった。
- ・「糸を放射状に張る」「糸を直線状に近づけて張る」の2つの形態に分けて実験を行った。
- ・音声は、事前に収録した音声を用いて、スマートフォンの最大音量から小ボタンを5回押した音の大きさである。
- ・実験は風がない場所で行い、風による糸の振動がないことを確認して行った。

実験の様子



結果

表1 5人までの放射線状と直線状の実験結果

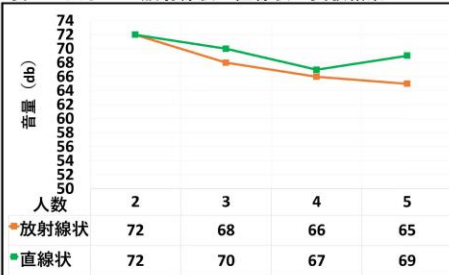
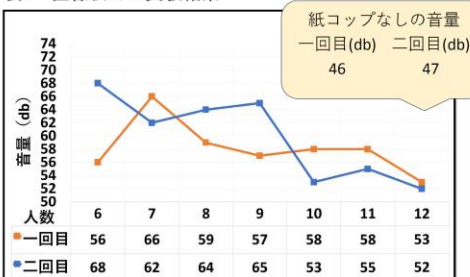


表1の実験結果から、直線状の方が音が聞こえやすいことが分かった。ここから、直線状の形態のみで実験を行った。表2の実験結果より、環境による誤差はあるものの、人数が増えていくにつれて音量が小さくなっていることがわかる。

考察

実験より、音は、振動が伝わる道筋にある分岐している角度が小さい方が伝わりやすいということが推測できる。このことから糸電話で一度に声を伝えられる最大人数を計測したいときに適している糸の張り方はできるだけ直線状に近い形状であると推定できる。また、分岐点が増えたことで、振動を届ける場所が増え、振動が分散し、一つの紙コップに届く振動数が減ったために、人数が増えていくにつれて音量が小さくなっていったと考えられる。

表2 直線状での実験結果



今後の課題

今後は、人数を増やし、紙コップを通さずに計測した音量と変わらないまで実験を行いたいと考えている。また、実験の回数を増やして、平均をとり、よりデータに正確性を持たせることをしていきたい。

参考文献

千葉市総合展覧会 (2017年)「音の模様と糸電話」
<https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoikushido/documents/016otonomoyoutoitodennwa.pdf>
 (2022年5月13日)

混合物の結晶の析出

3年次理系生徒

キーワード 再結晶 溶解度 イオン置換

1. 研究の動機と目的

再結晶によって生じる結晶には、決まった形があることが知られているが、2種類の塩の混合水溶液の場合にはどのような形の結晶が析出するかはあまり明らかにされていない。そこで、ミョウバンと塩化ナトリウムの混合水溶液から得られる結晶の形およびその形に形成される理由の解明を目的とし、研究を進めた。

2. 仮説1：結晶の形状と組成の解析

2種類の物質を同時に析出させた時、きれいな結晶はできず、それぞれの結晶が合わさったいびつな形の結晶ができるのではないかと考えた。

3. 実験1

ミョウバン、塩化ナトリウムの溶解度を基準(表1)にして、これらを溶解させた溶液A, B, C各3サンプルずつを放置して水を蒸発させて、成長させていく。¹⁾ これによって完成した結晶を混合結晶 A, B, C とし、これらの結晶を測定した体積と質量を用いてそれぞれの物質の物質量を求め、それぞれの結晶の組成を求める。²⁾

表1 溶液A, B, Cに各物質を溶かした量

	溶解度 [g/水100g] (20°C)	溶液A	溶液B	溶液C
ミョウバン[g]	14.8	14.8	7.4	14.8
塩化ナトリウム[g]	35.0	17.5	35.0	35.0

4. 結果1

大きく成長した結晶の形状は、(図1)のように、ミョウバンの結晶の周囲に塩化ナトリウムの結晶が付着しているような形になった。また、組成を求めた結果、複数のサンプルで、ミョウバンや塩化ナトリウムの物質量が負になっていた。(表2 着色部分)



図1 完成した混合結晶

表2 実験①の結果(抜粋)

観点	単位	混合結晶C		
		1	2	3
質量	g	4.00	8.88	21.77
体積	cm ³	1.62	4.46	13.00
物質量(ミ)	mol	-0.01	0.01	0.11
物質量(塩)	mol	0.10	0.09	-0.10

5. 仮説2：含まれるイオンの確認

混合結晶の正八面体部分に含まれる、ミョウバン由来であるカリウムイオンがナトリウムイオンに置換されているのではないかと考えた。また、混合結晶の正八面体部分に、アルミニウムイオンが含まれているのではないかと考えた。

6. 実験2

実験1で作った混合結晶の正八面体部分を削り、この水溶液に白金線を浸し、炎色反応を確認した。またこの水溶液にアンモニア水溶液を滴下して、反応を確認した。³⁾

7. 結果2

炎色反応は黄色い炎を示したため混合結晶の正八面体の部分に本来 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ に含まれていないはずのナトリウムが含まれていると判断できる。(図2)

また、アンモニア水溶液を加えると水酸化アルミニウムの白色沈殿が生成したため混合結晶の正八面体の部分にアルミニウムイオンが含まれていると判断できる。(図3)



図2 実験②の結果
(左： $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ の結晶)
(右：混合結晶)



図3 実験③の結果

8. 考察

混合結晶の正八面体部分にナトリウムイオンとアルミニウムイオンが含まれていたため、ミョウバンである $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ のカリウムイオンがナトリウムイオンに置き換わり $\text{AlNa}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の結晶になっている可能性が考えられる。

9. 今後の課題

今後は、一連の実験で判明した結果が、正しいことを明らかにするために、より正確性の高い、イオン選択性電極⁴⁾などの機械を用いた分析を行うことが必要であると考えます。

10. 参考文献

- 1) さいたま市健康科学研究センター(2015) 「サイエンスナビ ミョウバン結晶を育てよう」.
<https://www.city.saitama.jp/sciencenavi/taiken/002/p039723.html> 2022年9月24日
- 2) 日本機械学会 流体工学部門(2011) 「流体工学部門：流れの読み物：楽しい流れの実験教室：体積の測定」.
https://www.jsme-fed.org/experiment/2011_12/001.html 2022年12月8日
- 3) 「【高校化学】「水酸化アルミニウムの性質」 | 映像授業のTry IT (トライイット)」.
<https://www.try-it.jp/chapters-9578/sections-9652/lessons-9673/point-2/> 2023年5月13日
- 4) 「LAQUA イオン測定の基礎」.
<https://www.horiba.com/jpn/water-quality/support/electrochemistry/the-basis-of-ion/> 2023年5月26日

11. 謝辞

田淵先生には、多くの助言とご指導いただきました。ここに謝意を表します。

混合物の結晶の析出

3 年次理系生徒

キーワード:再結晶 溶解度 イオン置換

研究の動機と目的

再結晶によって生じる結晶には、決まった形があることが知られているが、2種類の塩の混合水溶液の場合にはどのような形の結晶が析出するかはあまり明らかにされていない。そこで、ミョウバンと塩化ナトリウムの混合水溶液から得られる結晶の形およびその形に形成される理由の解明を目的とし、研究を進めた。

仮説①

2種類の物質を同時に析出させた時、きれいな結晶はできず、それぞれの結晶が合わさったいびつな形の結晶ができるのではないかと考えた。



表1 溶液A,B,Cに各物質を溶かした量

	溶解度 [g/水100g] (20°C)	溶液A	溶液B	溶液C
ミョウバン[g]	14.8	14.8	7.4	14.8
塩化ナトリウム[g]	35.0	17.5	35.0	35.0

実験①

ミョウバン、塩化ナトリウムの溶解度を基準(表1)にして、これらを溶解させた溶液A,B,C各3サンプルずつを放置して水を蒸発させて、成長させていく。¹⁾これによって完成した結晶を混合結晶A,B,Cとし、これらの結晶を測定した体積と質量を用いてそれぞれの物質の物質量を求め、それぞれの結晶の組成を求める。²⁾

図1 完成した結晶
(上:混合結晶A-2,
下:混合結晶C-3)

表2 実験①の結果(抜粋)

観点	単位	混合結晶C		
		1	2	3
質量	g	4.00	8.88	21.77
体積	cm ³	1.62	4.46	13.00
物質量(ミ)	mol	-0.01	0.01	0.11
物質量(塩)	mol	0.10	0.09	-0.10

➡大きく成長した結晶の形状は、図1のように、ミョウバンの結晶の周囲に塩化ナトリウムの結晶が付着しているような形になった。

また、組成を求めた結果、複数のサンプルで、ミョウバンや塩化ナトリウムの物質量が負になっていた。(表2 着色部分)

よって、右の(例)のように、イオンの置換が起こって異なる結晶になっている可能性が考えられる。



仮説②

混合結晶の正八面体部分に含まれる、ミョウバン由来であるカリウムイオンがナトリウムイオンに置換されているのではないかと考えた。

実験②

実験①で作った混合結晶の正八面体部分を削り、この水溶液に白金線を浸し、炎色反応を確認した。(図2)

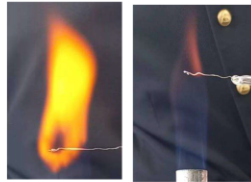


図2 実験②の結果
(左:混合結晶C-3)
(右:AlK(SO₄)₂の結晶)

➡混合結晶の正八面体部分に、本来AlK(SO₄)₂には含まれていないはずのナトリウムが含まれていると判断できる。

仮説③

混合結晶の正八面体部分に、アルミニウムイオンが含まれているのではないかと考えた。

実験③

実験①で作った混合結晶の正八面体部分を削り、この水溶液にアンモニア水溶液を滴下して、反応を確認した。³⁾(図3)

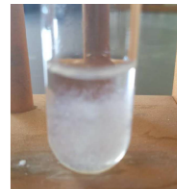


図3 実験③の結果
(混合結晶C-3)

➡水酸化アルミニウムの白色沈殿が生成した。

➡混合結晶の正八面体部分に、アルミニウムイオンが含まれていると判断できる。³⁾

今後の展望

今後は、一連の実験で判明した結果が、正しいことを明らかにするために、より正確性の高い、イオン選択性電極⁴⁾などの機械を用いた分析を行うことが必要であると考えます。

参考文献

1)サイエンスナビ ミョウバン結晶を育てよう
<https://www.city.saitama.jp/sciencenavi/taiken/002/p039723.html> 2022年9月24日
 2)日本機械学会 流体工学部門 体積の測定
<https://www.jsme-fed.org/> 2022年12月8日
 3) Try-iT 5分でわかる!水酸化アルミニウムの性質
<https://www.try-it.jp/chapters-9578/sections-9652/lessons-9673/point-2/> 2023年5月13日
 4) LAQUA イオン測定的基础
<https://www.horiba.com/jpn/water-quality/support/electrochemistry/the-basis-of-ion/> 2023年5月26日

剥がしやすさと温度や日数の関係

3年次理系生徒

キーワード

- ・色彩ヘルパー…色の濃さを R (赤)、B (青)、G (緑) の数値で表すアプリケーション

1. 研究の目的と動機

普段シールを使っている中で、何度も貼りなおすと接着力が弱くなったり、シールを剥がしたときに、紙にシールの跡が残ってしまったりすることがあったので、シールの接着力とシールをきれいに剥がすにはどのようにすればよいのかを知るために、シールを貼ってから剥がすまでの日数と温度によってシールの接着力がどのように変化するかを調べてみたいと思った。

2. 仮説

接着力は、温度が高いほど大きくなり、日数が長いほど大きくなる。

3. 方法

接着力と温度の関係を明らかにするために、お湯を用いて温度を上げる実験と、冷凍庫を用いて温度を下げる実験の2つを行った。温度を上げる実験では、まず、ビニール袋にお湯を入れ、紙に貼ったシールの上に5分間置き、シールの温度を上げた。次に、5分経ったらシールを剥がし、その紙の上に朱色のチョークの粉を振りかけて落とし、どのくらい粉が残るのか調べた。なお、チョークの粉が多く紙に残り、色彩ヘルパーで調べた R の数値が大きいほど紙に残った粘着物質が多く剥がしにくいとみなした。これを、お湯の温度を 30℃、40℃、50℃、60℃、70℃、80℃に変えて、繰り返し行った。

温度を下げる実験では、紙にシールを貼ってから冷凍庫に1日置いたものを A、貼ってから常温に3ヶ月置いて冷凍庫に1日置いたものを B、貼ってから常温に1日置いたものを C、貼ってから常温に3ヶ月と1日置いたものを D とし(図1)、これらの A から D の条件のシールを剥がし、きれいに剥がれたか、剥がれにくかったかを調べた。それぞれの条件でシールを3枚ずつ貼り、これを3回繰り返した。

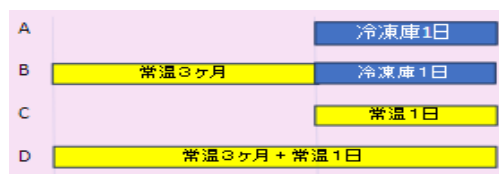


図1 温度を下げた時の条件

4. 結果

シールの温度を上げた時は、RBG の R の数値が 50℃、40℃、30℃、60℃、70℃、80℃の順に大きくなった。50℃では、アイボリー（黄みの薄い灰色）となり、RBG の R の数値が最も小さかったため、紙に残った粘着物質が少ないとみなした。80℃では、ネールピンク（薄い黄赤）となり、RBG の R の数値が最も大きく、紙に残った粘着物質が多いとみなした。このことから、温度を上げた時、温度によって変化は見られたが、その関係性は分からなかった。

シールの温度を下げた時は、Aでは少し紙が破れたことがあったが、9枚中2枚のシールがきれいに剥がれた。Bではシールを剥がした時、紙が破れやすかった。C,Dでは、9枚中1枚のシールがきれいに剥がれた。

表1 シールを貼る温度によって変化するシールを剥がした後の紙の状態

	1回目	2回目	3回目
A	○	△	×
B	×	×	△
C	○	○	○
D	○	○	△

○：シールがきれいに剥がれた

△：シールを剥がした部分の紙が少し破れた

×：シールをはがした部分の紙が半分以上破れた

5. 考察

温度を下げる実験のAとBを比較すると、冷凍庫に入れる前に貼ってから常温で置く時間が長いほど、シールが剥がしにくくなることがわかった。BとDを比較すると、貼ってから剥がすまでの期間が長い場合、その期間が同じでも、冷凍庫に入れることでシールが剥がしにくくなることがわかった。AとCを比較すると、貼ってからの日数が短いシールを比べた時、温度であまり違いが見られないことがわかった。CとDを比較すると、常温でシールを貼った時を比べた時、シールを貼ってからの日数でそこまで違いは見られないことがわかった。以上より、冷凍庫に入れること、シールを貼ってからの日数が長いことという2つの条件が満たされている時にシールは剥がしにくくなる考えた。

6. 今後の課題

実験数が少なかったので、実験数を増やす必要がある。また、ほかの種類シールで実験すると今回とは違った結果になるかもしれない。

7. 参考文献

- 1) 原田奈々子(2023)「シールはがしの裏ワザ家にあるものでベタつきをするんと綺麗に」.
<https://curama.jp/house/magazine/802/> 2023年6月23日
- 2) 共同技研化学株式会社 (2018)「粘着と接着の違い」.
https://www.neion.co.jp/fag/adhesive_type.html 2022年12月16日
- 3) fuku-channel (2019)「粘着テープを冷却すると粘着力が低下します」.
https://fuku-channel.com/psa_in_cold_condition 2023年6月23日
- 4) Nitto denko (2023)「つく仕組み粘着テープはなぜつくのでしょうか」.
<https://www.nitto.com/jp/ja/tapemuseum/science/adhesion01/html> 2022年12月16日
- 5) 共同技研化学 (2018)「粘着テープについて」.
<https://www.kgk-tape.co.jp/adhensivetape-090724d.pbf> 2022年12月23日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって関先生、田淵先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

剥がしやすさと温度や日数の関係

3年次理系生徒

研究の目的と動機

普段シールを使っている中で、何度も貼り直すと接着力が弱くなったり、シールを剥がしたときに、紙にシールの跡が残ってしまったりすることがあったので、シールを貼ってから剥がすまでの日数と温度によってシールの接着力がどのように変化するかを調べてみたいと思った。

仮説

＜接着力が大きくなる条件＞
温度が高いほど大きくなり、日数が長いほど大きくなると思った。

方法

- ・温度を上げた時
- 1、ビニール袋にお湯を入れ、紙に貼ったシールの上に5分間置き、シールの温度を上げる。
- 2、5分間経ったらシールを剥がし、その紙の上に朱色のチョークの粉をかける。
- 3、色彩ヘルパーというアプリケーションを用い、RBGのR(赤)の数値を調べ、紙に残った朱色のチョークの粉がどのくらい濃い赤色なのか調べる。チョークの粉が多く紙に残り、Rの数値が大きいほど紙に残った粘着物質が多く、剥がしにくいとみなす。
- 4、お湯の温度を30℃、40℃、50℃、60℃、70℃、80℃に変えて、1～3の操作を繰り返し行った。

- ・温度を下げた時
- A:貼ってから冷凍庫に1日置く
- B:貼ってから常温に3ヶ月置いて冷凍庫に1日置く
- C:貼ってから常温に1日置く
- D:貼ってから常温に3ヶ月+1日置く

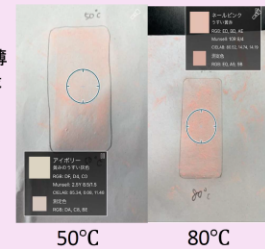
次のA～Dの条件のシールを剥がし、きれいに剥がれたか、剥がれにくかったかを調べる。

A		冷凍庫1日
B	常温3ヶ月	冷凍庫1日
C		常温1日
D	常温3ヶ月+常温1日	

結果

温度を上げた時

- ・50℃では、アイボリー(黄みの薄い灰色)となりRBGのRの数値が最も小さかった。
- ・80℃では、ネールピンク(薄い黄赤)となり、RBGのRの数値が最も大きかった。

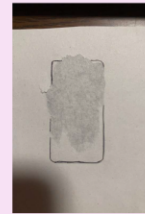


温度を上げた時、温度によって変化は見られたが、関係性はわからなかった。

温度を下げた時

表1 期間と温度を変化させた際の剥がれやすさ

	4月9日	5月6日	5月8日
A	○	△	○
B	×	×	△
C	○	○	○
D	○	○	△



- シールがきれいに剥がれた
- △ シールを剥がした部分の紙が少し破れた
- × シールを剥がした部分の紙が半分以上破れた

- ・Aでは、少し紙が破れたことがあったがほとんどのシールがきれいに剥がれた。
- ・Bでは、シールを剥がした時、紙が破れやすかった。
- ・C、Dでは、ほとんどのシールはきれいに剥がれた。

考察

＜実験結果の比較からわかること＞

- AB:常温でシールを貼ってからの日数が長いほど、冷凍庫にシールを入れた時にシールが剥がしにくくなった。
- BD:冷凍庫に入れることでシールが剥がしにくくなった。
- AC:貼ってからの日数が短いシールでは、温度であまり違いは見られない。
- CD:常温でシールを貼ると、シールを貼ってからの日数であまり違いは見られない。

以上より冷凍庫に入れること、シールを貼ってからの日数が長いことという2つの条件が満たされている時、シールは剥がしにくくなると考えられる。

今後の課題

- ・実験数が少なかったため、実験数を増やす必要がある
- ・他の種類のシールで実験すると、今回とは違った結果になるかもしれない

参考文献

- 1)原田奈々子 (2023) 「シール剥がしの裏ワザ | 家にあるものでベタつきをすんときれいに」 <https://curama.jp/house/magazine/80/>
2023年6月23日
- 2)共同技研化学株式会社 (2018) 「粘着と接着の違い」 https://www.neion.co.jp/faq/adhesive_type.html
2022年12月16日
- 3)fuku-channel (2019) 「粘着テープを冷却すると粘着力が低下します」 https://fuku-channel.com/psa_in_cold_condition
2023年6月23日
- 4)Nitto denko (2023) 「つく仕組み粘着テープはなぜ「つく」のでしょうか」 <https://www.nitto.com/jp/ja/tapemuseum/science/adhesion01.html>
2022年12月16日
- 5)共同技研化学 (2018) 「粘着テープについて」 <https://www.kgk-tape.co.jp/adhesivetape-090724d.pbf>
2022年12月23日

繰り返し利用できるテープを作る

3 年次理系生徒

キーワード

- ・OPP テープ・・・二軸延伸ポリプロピレン (oriented polypropylene) という素材でできたテープ。縦軸と横軸を引っ張り透明にしたもの¹⁾。
- ・二軸延伸・・・物体、とくに板状、膜状のものを縦および横の2方向に延伸すること。

1. 研究の動機と目的

付箋を何度も貼った際に剥がれてしまったり、ポスターを壁に貼って張りなおした際に、もう一度貼ったら剥がれやすくなったりしたのを見て、繰り返し使用しても粘着力が落ちないようにしたいと思ったため。

2. 仮説

- 仮説 1) 貼って剥がす回数が増えると、粘着力が低下する。
- 仮説 2) テープの種類によって、基材と粘着剤の剥がれやすさに差がある。
- 仮説 3) 粘着力の量が同じでも、粘着面の形状が崩れると粘着力が低下する。

3. 方法

上記の仮説を検証するために3つの実験を行った。またこのとき「剥がすのに必要な力が小さいことを、粘着力が小さい。」と定義した。

- 仮説 1) まず、3種類のテープ(表1)の粘着面を顕微鏡で観察する。次に、机に各テープを貼って剥がす。貼って剥がす操作を繰り返し、1回目、50回目、100回目に剥がす際に必要な力をばねばかりで測定する。また、同時に実験前、1回、50回、100回行った後の粘着面を顕微鏡で観察する。
- 仮説 2) まず、5種類のテープ(表2)を互いに貼り付け、剥がす。その粘着面の変化を顕微鏡で観察し、剥がした時に、粘着剤が基材から剥がれていないかどうか確認する。
- 仮説 3) まず、5種類のテープ(表2)の粘着面の形状をまち針で表面に線が入る程度に傷つけ、粘着力をばねばかりで計測する。その後、粘着面に何もしていないテープとの粘着力を比較し、粘着力の低下率(低下した粘着力 [N] ÷元のテープの粘着力 [N] ×100) [%] を求める。

4. 結果

仮説 1) 仮説 1 を検証した実験の結果を表 1 に示す。

表 1 剥がすのに必要な力

	1 回	50 回	100 回
養生テープ	4.0N	1.5N	1.0N
OPP テープ	1.5N	1.2N	0.5N
ガムテープ	3.5N	2.0N	1.5N

貼って剥がす前の粘着面の形状は、養生テープは規則的、OPP テープは粘着剤が球形で散らばっており、ガムテープは凹凸があり粘着剤が球状で不規則に密集しているという特徴がみられた。貼って剥がした後にはどのテープも粘着面の形状は崩れたが、養生テープが最も粘着面の形状の変化が少なかった。

仮説 2) 仮説 2 を検証した実験の結果を表 2 に示す。なお、剥がした際に基材から粘着剤が剥がれなかったものを○、剥がれてもう一方のテープに付着したものを×とする。

表 2 張り合わせたテープの種類別の結果

	養生テープ	ガムテープ	ゴムテープ	OPP テープ	セロハンテープ
養生テープ		○		○	
ガムテープ	×		○		
ゴムテープ		×			×
OPP テープ	×				
セロハンテープ			○		

なお、表の空欄は、テープ同士のサイズによる差で正確な数値が得られなかったことを示す。

仮説3) 仮説2を検証した実験の結果を表3に示す。

表3 テープの種類別の粘着力の結果と低下率

	何もしていないとき [N]	粘着面に傷をつけたとき [N]	低下率 [%]
養生テープ	5.0	4.5	10.0
ガムテープ	9.0	3.8	57.7
ゴムテープ	6.4	5.7	10.9
OPPテープ	計測不可	9.0	—
セロハンテープ	4.0	1.0	75.0

粘着力の低下率は、養生テープが10.0%、ゴムテープが10.9%で、粘着力が低下しづらかった。セロハンテープは75.0%で、粘着力が大幅に低下した。また、OPPテープは何もしていないときの粘着力が20N以上で計測することができなかった。

5. 考察

仮説1) 粘着面の形状が崩れ、粘着力が低下したことから、粘着剤が基材から剥がれたことによって粘着力が低下したと考えられる。また、養生テープが最も形状を保ったが、ガムテープが最も粘着力が低下しづらかったため、粘着力の低下には粘着剤の種類も関係するのではないかと考えられる。

仮説2) 実験結果から養生テープが最も粘着剤が基材から剥がれにくいテープだと分かった。OPPテープやガムテープは球状の粘着剤がそのまま付着しているが、養生テープには格子状の繊維が規則的に存在しており、水滴のような形の粘着剤がそれらに囲まれるように付着しているため粘着剤の形状が維持されやすいのではないかと考えられる。全ての実験より、粘着面の構造は、一度崩れてしまうと粘着力が大幅に低下するため、粘着面の構造が崩れづらいテープほど粘着力が維持されると考えられる。

仮説3) 養生テープとゴムテープの粘着力が低下しづらかったことから、養生テープ、ゴムテープの基材と粘着剤が、ほかのテープに比べて構造に関係なく、粘着力が保持されやすいと考えられる。また、OPPテープやガムテープは最初に粘着力は大きい低下率も高いため、張り付けた面に粘着剤が付着し、粘着力が低下すると考えられる。

6. 今後の課題

今回の実験結果をもとに、繰り返し使用した際に最も粘着力が落ちにくい粘着剤と基材の組み合わせを見つけ出すことによって、繰り返し利用できるテープを作成したいと考えている。

7. 参考文献

- 1) SANIPAK 「二軸延伸ポリプロピレンとは? | ポリ袋・ゴミ袋のサニパック」. [https:// www. sanipak. jp/faq/words/opp. html](https://www.sanipak.jp/faq/words/opp.html) 2022年6月24日
- 2) 日東電工CSシステム(2020)「テープがつかない、はがれる!原因と対策製品 ①「近づける」編 - コラム - 日東電工CSシステム テープおまかせナビ」. [https://tape-omakase-navi. com/ column/post-761/](https://tape-omakase-navi.com/column/post-761/) 2022年5月27日
- 3) 日東電工CSシステム(2020)「テープがつかない、はがれる!原因と対策製品 ②「なじむ」編 - コラム - 日東電工CSシステム テープおまかせナビ」. [https://tape-omakase-navi. com/ colu mn/post-783/](https://tape-omakase-navi.com/column/post-783/) 2022年5月27日
- 4) 株式会社トッパンインフォメディア「タックラベルの粘着剤/糊(種類・特長)|ラベルの基礎知識」. [https://www. toppan-im. co. jp/print/print05](https://www.toppan-im.co.jp/print/print05) 2022年6月3日
- 5) 株式会社タカミコーポレーション「粘着力について」. [https://www. star-click. ne. jp/e-tape/ c6. htm](https://www.star-click.ne.jp/e-tape/c6.htm) 2022年9月9日

8. 謝辞

本論文の作成にあたり、担当教員の田渕先生、関先生には有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表する。

繰り返し使えるテープを作る

3 年次理系生徒

・OPPテープ・・・二軸延伸ポリプロピレン(oriented polypropylene)¹⁾という素材でできたテープ。縦軸と横軸を引っ張り透明にしたもの。

動機と目的

付箋を何度も貼った際にはがれてしまうのを見て、繰り返し使用しても粘着力が落ちないようにしたいと思ったため。

仮説1: 粘着面の形状が崩れることによって粘着力が低下するのではないかと。

実験1

貼って剥がす回数による粘着力、粘着面の形状の変化を調べる。

「剥がすのに必要な力が小さいことを、粘着力が小さい」とする。

1 3種類のテープ(表1)の粘着面を顕微鏡で観察する。

2 机(生物教室の実験用机)に各テープを貼って剥がす。

3 2の操作を繰り返し、1回目、50回目、100回目に剥がす際に必要な力をばねばかりで測定する。また、実験前、1回、50回、100回行った後の粘着面を顕微鏡で観察する。

結果: 貼って剥がす前の粘着面の形状は、養生テープは規則的、OPPテープは粘着剤が球形で散らばっている、ガムテープは凹凸があり粘着剤が球状で不規則に密集しているという特徴がみられた。貼って剥がした後は、どのテープも粘着面の形状は崩れたが、養生テープが最も粘着面の形状の変化が少なかった。

考察: 粘着面の形状が崩れ、粘着力が低下したことから、粘着剤が基材から剥がれたことによって粘着力が低下したと考えられる。また、養生テープが最も形状を保ったが、ガムテープが最も粘着力が低下しづらかったため、粘着力の低下には粘着剤の種類も関係するのではないかと考えられる。

表1 剥がすのに必要な力

	1回	50回	100回
養生テープ	4.0N	1.5N	1.0N
OPPテープ	1.5N	1.2N	0.5N
ガムテープ	3.5N	2.0N	1.5N

仮説2: テープの種類によって、基材と粘着剤の剥がれやすさに差があるのではないかと。

実験2

実験1の3種類に、ゴムテープとセロハンテープを加えた計5種類のうち、最も粘着剤が基材から剥がれにくいテープを調べる。

1 下記に示す5種類のテープ(表2)を互いに貼り付け、剥がす。

2 粘着面の変化を顕微鏡で観察する。⇒剥がした時に、粘着剤が基材から剥がれていないかどうか確認する。

結果: 他のテープと養生テープでは、養生テープの粘着面側に他のテープの粘着剤が付いていた。

表2 張り合わせたテープの種類別の結果(例: 養生テープにガムテープの粘着剤が付着した。※部分)

	養生テープ	ガムテープ	ゴムテープ	OPPテープ	セロハンテープ
養生テープ		○※		○	
ガムテープ	×		○		
ゴムテープ		×			×
OPPテープ	×				
セロハンテープ			○		

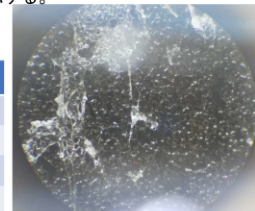


図7 ゴムテープに付着したガムテープ

考察: 実験結果から養生テープが最も粘着剤が基材から剥がれにくいテープだと分かった。OPPテープやガムテープは球状の粘着剤がそのまま付着しているが、養生テープには格子状の繊維が規則的に存在しており、水滴のような形の粘着剤がそれらに囲まれるように付着しているため粘着剤の形状が維持されやすいのではないかと。

仮説3: 粘着剤の量が同じでも、粘着面の形状が崩れると粘着力が低下するのではないかと。

実験3

実験1, 2で使用した5種類のテープのうち、粘着面の形状を変化させたときに最も粘着力が低下しないテープを調べる。

1 上記のテープの粘着面の形状をまち針で表面に線が入る程度に傷つけ、粘着力をばねばかりで計測する。

2 粘着面に何もしていないテープとの粘着力を比較し、粘着力の低下率(低下した粘着力[N]÷元のテープの粘着力[N]×100)を求める。

→粘着力の低下率が最も小さいテープを探す。

結果: 粘着力の低下率は養生テープが10.0%、ゴムテープが10.9%で粘着力が低下しづらかった。

セロハンテープは75.0%で粘着力が大幅に低下した。

また、OPPテープは何もしていないときの粘着力が20N以上で計測することができなかった。

表3 テープの種類別の粘着力の結果と低下率

	何もしていないとき[N]	粘着面に傷をつけたとき[N]	低下率[%]
養生テープ	5.0	4.5	10.0
ガムテープ	9.0	3.8	57.7
ゴムテープ	6.4	5.7	10.9
OPPテープ	計測不可	9.0	—
セロハンテープ	4.0	1.0	75.0

考察: 養生テープとゴムテープの粘着力が低下しづらかったことから、養生テープ、ゴムテープの基材と粘着剤が、他のテープに比べて構造に関係なく粘着力が保持されると考える。またOPPテープやガムテープは最初の粘着力は大きいが低下率も大きいため、貼り付けた面に粘着剤が付着しやすく、粘着力が低下しやすいと考えられる。

今後の展望

今後はそれぞれのテープの原材料を調べたり、さらにテープの種類を増やして実験を行ったりして、基材と粘着剤の成分を比較し、粘着剤が基材から剥がれづらく、粘着力が低下しづらい組み合わせを見つけることによって、何度も繰り返し利用できるテープを作りたいと考えている。

参考文献

- 1) 二軸延伸ポリプロピレンとは (<https://www.sanipak.jp/faq/words/opp.html> <https://www.notosiki.co.jp/blog/item/howto-oppape/>) 2022年6月24日
- 2) テープおまかせナビ (<https://tape-omakase-navi.com/column/post-761/>) 2022年5月27日
- 3) テープおまかせナビ (<https://tape-omakase-navi.com/column/post-783/>) 2022年5月27日
- 4) 株式会社トッパンインフォメディア (<https://www.toppan-im.co.jp/print/print05/>) 2022年6月3日
- 5) e-tape (<https://www.star-click.ne.jp/e-tape/c6.htm>) 2022年9月9日

安全な絵の具を作ろう

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

- ・ 班員の弟が市販の絵の具を誤飲してしまったことを受け、食べても害の無い安全な絵の具を作ろうと思った。
- ・ SDGs で環境への配慮という観点から食材の端材を使い、作る楽しみを伝えることを目的とした。

2. 仮説

- ・ 素材の色が濃いものは色が出やすい。
- ・ 種や皮が薄いものは塗りやすい。
- ・ たくさんの色の種類の絵の具を作ることができる。

3. 方法

- ① 色がよく出そうな食材の廃棄する部分を乳鉢に入れすり潰す。
- ② キッチンペーパーでこして残留物を取り除く。
- ③ 水と小麦粉を適量入れ、実際の絵の具と同じように紙に塗りやすい硬さにする。
- ④ 実際に紙に塗ってみて塗りやすさと発色の良さを見る。

4. 結果

表1：絵の具の発色と塗りやすさの関係

	ホウレンソウ	ブロッコリー	ブルーベリー	ニンジン	パプリカ	コーヒー	シソ	トウモロコシ	トマト
発色	○	○	○	○	○	○	△	△	○
塗りやすさ	○	○	○	○	○	○	○	○	△
色	緑 (olive #80800)	緑 (yellow green #9acd32)	紫 (indigo #4b0082)	オレンジ (sandy brown #f4a460)	オレンジ (orange #ffa500)	茶 (sandy brown#8b451 3)	緑 (tan #d2b48c)	黄 (khaki #f0e68c)	赤 (dark salmon #e9967a)
	カイワレ大根	パイナップル	ミカン	マンゴー	モロヘイヤ	レタス	ナス	キウイ	バナナ
発色	○	○	○	×	×	×	×	×	×
塗りやすさ	△	△	△	×	×	×	×	×	×
色	緑 (palegoldenrod #eee8aa)	黄 (ivory #fffff0)	オレンジ (moccasin #ffe4b5)	黄 (blanchedalmond #ffe4c4)	緑 (olive #808000)	白 (darkkhaki #bdb76b)	白 (oldlace #fdf5e6)	白 (line #faf0e6)	白 (oldlace #fdf5e6)

発色

○→濃く色がついた ×→付いているかわからないくらい薄い △→少し色がつく

塗りやすさ

○→塗りやすい ×→皮や種が邪魔で塗りにくい △→塗りやすくも塗りにくくもない

判定基準

実際に作った絵の具を紙に塗ってみて市販の絵の具と発色、塗りやすさの差を比較した。



ニンジン トマト レタス マンゴー バナナ パイナップル ブルーベリー

図1：実際に塗ってみた色合い

5. 考察

発色：基本的には緑黄色野菜がいい。しかし、素材の性質によって結果は変わってくる。

塗りやすさ：発色が良くなかったもののほとんどは塗りにくい。

色持ち：発色と塗りやすさを兼ね備えたものは色持ちも良かった。

発色、塗りやすさに共通して言えることはすりつぶし切れなかった残留物が多いほど結果が良くない。

6. 今後の課題

塗りにくかったもの、発色が良くなかったものを絵の具として活用できるように改善したい。

また、野菜の端材を活用することでSDGsにつながるフードロス削減を進めていきたい。

7. 参考文献

1) ためかモブログ (2021) 「野菜や果物を使った絵の具の作り方」

<https://tamekamo.com/2021/07/18/how-to-vegetablepa> 2022年9月22日

2) 食オタマガジン (2016) 「野菜で絵の具を作ってみよう」

https://www.shokuotamagazine.com/shokuotanote_yasaipaint 2022年9月22日

3) ぎゅってweb(2021) 「野菜や果物を使って絵の具づくり

<https://gyutte.jp/blog/302246> 2022年9月22日

8. 謝辞

本研究を行うにあたり後藤文男先生、関理恵子先生には有益な助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

安全な絵の具を作ろう

3年次理系生徒

1.研究の動機と目的

- ・班員の弟が市販の絵の具を誤飲してしまったことを受け、食べても害の無い安全な絵の具を作ろうと思い研究した。
- ・SDGsで環境に配慮するという観点から食材の端材を使い、作る楽しさを伝えることを目的とする。

2.仮説

- ・素材の色が濃いものは色が出やすい。
- ・種や皮が薄いものは塗りやすい。
- ・たくさんの色の種類の絵の具を作ることができる。

3.方法

- ①色がよく出そうな食材の廃棄する部分を乳鉢に入れすり潰す。
- ②キッチンペーパーでこして残留物を取り除く。
- ③水と小麦粉を適量入れ、実際の絵の具と同じように紙に塗りやすい硬さにする。
- ④実際に紙に塗ってみて塗りやすさと発色を見る。

4.結果

表1 絵の具の発色と塗りやすさの関係

	ホウレンソウ	ブロッコリー	ブルーベリー	ニンジン	パプリカ	コーヒー	シソ	トウモロコシ	トマト
発色	○	○	○	○	○	○	△	△	○
塗りやすさ	○	○	○	○	○	○	○	○	△
色	緑 (olive #80800)	緑 (yellow green (indigo #9acd32)	紫 (indigo #4b0082)	オレンジ (sandy brown #f4a460)	オレンジ (orange #ffa500)	茶 (sandy brown #8b4513)	緑 (tan #d2b48c)	黄 (khaki #f0e68c)	赤 (dark salmon #e9967a)
	カイワレ ダイコン	パイナップ ル	ミカン	マンゴー	モロヘイヤ	レタス	ナス	キウイ	バナナ
発色	○	○	○	×	×	×	×	×	×
塗りやすさ	△	△	△	×	×	×	×	×	×
色	緑 (palegold enrod #eee8aa)	黄 (ivory #fffff0)	オレンジ (moccasi n#ffe4b5)	黄 (blanceda lmond #ffebcd)	緑 (olive #808000)	白 (darkkhak i#bdb76b)	白 (oldlace #fdf5e6)	白 (line #faf0e6)	白 (oldlace #fdf5e6)



図1：実験の様子

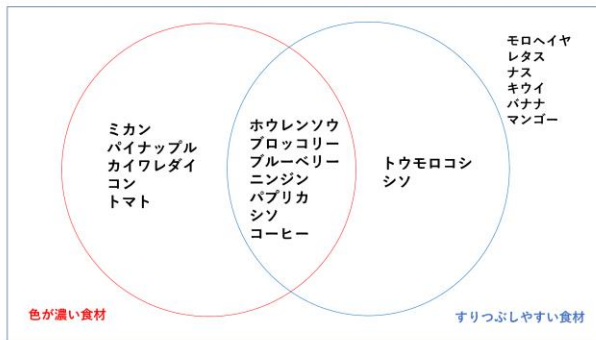


図2：発色と塗りやすさを兼ね備えている食材

5.考察

発色：基本的には緑黄色野菜が良かった。

しかし、素材の性質によって結果は変わってくる。

塗りやすさ：発色が良くなかったものほとんどは塗りにくかった。

色持ち：発色と塗りやすさを兼ね備えたものは色持ちも良かった。

発色、塗りやすさに共通して、すりつぶし切れなかった残留物が多いほど結果が良くない傾向があった。

6.今後の課題

塗りにくかったもの、発色が良くなかったものを絵の具として活用できるように改善したい。

また、野菜の端材を活用することでSDGsに繋がるフードロス削減を進めていきたい。

7.参考文献

- 1)ためかもブログ、(2021)。「野菜や果物を使った絵の具の作り方」<https://tamekamo.com/2021/07/18/how-to-vegetablepa> 2022年9月22日
- 2)食オタマガジン、(2016)。「野菜で絵の具を作ってみよう」https://www.shokuotamagazine.com/shokuotanote_yasaipaint 2022年9月22日
- 3)ぎゅってweb、(2021)。「野菜や果物を使って絵の具づくり」<https://gyutte.jp/blog/302246> 2022年9月22日

発色
○塗りやすい
×付いているか分からないくらい薄い
△少し色が付く

塗りやすさ
○塗りやすい
×皮や種が邪魔で塗りにくい
△塗りやすくも塗りにくくもない

判定基準

実際に作った絵の具を紙に塗ってみて市販の絵の具と発色、塗りやすさの差を比較した。



図3：実際に塗ってみた色合い

どんな声が最も瞬間的な筋力を高めるのか

3年次理系生徒

キーワード

- ・レッグカールマシン¹⁾・・・太ももの裏側を鍛えるトレーニングマシン
- ・シャウト効果²⁾・・・大きな声を出すことにより、中枢神経による抑制が外れ、筋出力が高まる現象

1. 研究の動機と目的

「にゃー」という声を出しながら前屈をすると記録が伸びる³⁾ことから、それ以外の運動ではどのような声が出ると効果が出るのか気になったため研究を行った。どのような声を出したときに最も筋力を高めるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 仮説

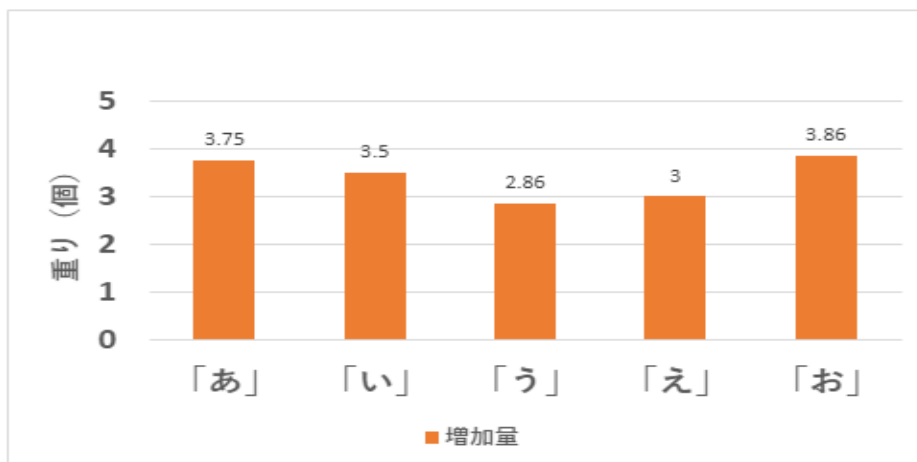
参考文献³⁾で示されている事例をもとに、母音が「あ」のときに、発声しやすく、記録を更新しやすいと考え、最も筋力を高められるのではないかと仮説を立てた。

3. 方法

レッグカールマシンを用いて実験を行った。班員5人がそれぞれ「声を出していない時の記録」を測った後に、複数回母音を声に出しながらそれぞれ記録を測り、その伸び率を計算する。この実験を行うことで、母音の中ではどの音の時に一番記録が伸びるのかを計算する。前回の実験の反省を活かし、班員ごとに実験を行う母音の順番を変えることで疲労が実験結果に与える影響を軽減させた。また、騒音計アプリという音の大きさを計測するアプリケーションを用いることにより声の大きさという条件をできる限り揃えた。

4. 結果

図 1. 声の種類と増加量の平均 1個=2kg



「お」の音を発生した時の増加量が一番大きかった。

5. 考察

この実験の結果から、母音の中で最も筋力の伸び率平均が高くなるの音は「お」とであると考察する。また、この結果は、私たちの仮定や参考文献⁴⁾に示されている「え」とは異なるものであった。

6. 今後の課題

今回の実験では、太ももの裏側の筋肉を鍛える器具のみを使用して行った。そのため測定できたのは限られた部位での筋力の伸び率だけである。よって今後は実験に他の部位の筋肉を鍛える器具を使用し、どんな声を出すのが最適かを調べていきたい。

7. 参考文献

- 1) レッグカールのメリットやデメリット 正しい使い方とは？ (2022) MORITO ウルトラ B-MAKE
<https://kimitsu-iron.jp/media/legcurl/2022年12月18日>
- 2) 声を出すと力が増す (2019) 市報のだ3月15日号
<https://www.city.noda.chiba.jp/kurashi/fukushi/hoken/1017562/1022093.html>
2022年12月18日
- 3) 「にゃー」と言いながら前屈すると身体がもっと柔らかくなるワケ (2014) しんコロ
『しんコロメールマガジン「しゃべるねこを飼う男」』
<https://www.mag2.com/p/news/18322> 2022年12月19日
- 4) 母音の種類によるシャウト効果の検証 (2016) 酒井章吾、石橋敏朗、浦辺幸夫 日本理学療法士協会
https://www.jstage.jst.go.jp/article/cjpt/2015/0/2015_0609/_article/-char/ja/
2022年12月19日
- 5) ジム初心者におすすめの筋トレマシンはどれ？ありがちなNGフォームと対処法をトレーナーが解説 (2021) MELOS <https://melos.media/training/47971/> 2022年12月20日

どんな声が最も瞬間的な筋力を高めるのか

3年次理系生徒

キーワード

- ・レッグカールマシン¹⁾・・・太ももの裏側を鍛えるトレーニングマシン。
- ・シャウト効果²⁾・・・大きな声を出すことにより、中枢神経による抑制が減り筋出力が高まる現象。

1. 研究の動機と目的

動機 「にゃー」という声を出しながら前屈をすると記録が伸びる³⁾ことから、それ以外の運動ではどのような声が出ると効果が出るのか気になったため。

目的 どのような声を出したときに一番筋力が上がるのか調べる。

2. 仮説

自然に出すことのできる声で記録を更新しやすいのではないかと考え、母音が「あ」のときに最も筋力を高められるのではないかと考えた。

3. 方法

レッグカールマシンを用いて実験を行った。班員5人がそれぞれ「声を出していない時の記録」を測った後に、合計2回母音を声に出しながらそれぞれ記録を測り、その伸び率を計算する。この実験を行うことで、母音の中ではどの音の時に一番記録が伸びるのかを計算する。前回の実験の反省を活かし、班員ごとに実験を行う母音の順番を変えることで疲労が実験結果に与える影響を減らした。また、騒音計アプリを用いることにより声の大きさという条件を揃えた。

4. 結果

「お」が一番おもりの増加量が大きかった。

声の種類	増加量の平均(個)
あ	3.75
い	3.50
う	2.86
え	3.00
お	3.86

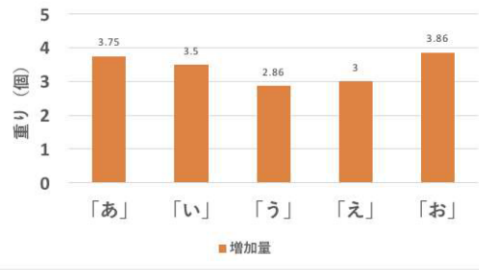


図1. 声の種類と増加量の平均

5. 考察

この実験の結果から、母音の中で最も筋力の伸び率平均が高くなるのは「お」と考察する。またこの結果は、私たちの仮定や参考文献⁴⁾に異なるものであった。

6. 今後の課題

今回の実験では、太ももの裏側の筋肉を鍛える器具のみを使用して行った。そのため測定できたのは限られた部位での筋力の伸び率だけである。よって今後は実験に他の部位の筋肉を鍛える器具を使用し、どんな声を出すのが最適かを調べていきたい。

7. 参考文献

- 1) レッグカールのメリットやデメリット 正しい使い方とは? (2022) MORITO ウルトラB-MAKE
<https://kimitsu-iron.jp/media/legcurl/> 2022年12月18日
- 2) 声を出すと力が増す (2019) 市報のだ3月15日号
<https://www.city.noda.chiba.jp/kurashi/fukushi/hoken/1017562/1022093.html> 2022年12月18日
- 3) 「にゃー」と言いながら前屈すると身体がもっと柔らかくなるワケ (2014) しんコロ
 『しんコロメールマガジン「しゃべるねこを飼う男」』
<https://www.mag2.com/p/news/18322> 2022年12月19日
- 4) 母音の種類によるシャウト効果の検証 (2016) 酒井章吾、石橋敏朗、浦辺幸夫 日本理学療法士協会
https://www.jstage.jst.go.jp/article/cjpt/2015/0/2015_0609/_article/-char/ja/
 2022年12月19日
- 5) ジム初心者におすすめの筋トレマシンはどれ? ありがちなNGフォームと対処法をトレーナーが解説 (2021) MELOS <https://melos.media/training/47971/> 2022年12月20日

微生物による発電とその効率化

3年次理系生徒

用語説明

微生物燃料電池 (Microbial fuel cell; MFC) : 微生物を利用して有機物 (燃料) を電気エネルギーに変換する装置である

ヘドロ : 河川や沼、池や湖、海などの底に沈殿した有機物などを多く含む泥。底質の構成物の一種で河川底質を構成する場合もある。

1. 研究の動機と目的

微生物からの発電によって、電力を生み出し、スマートフォンやパソコンに電力を提供できないかと思ったから。

2. 仮説

ヘドロの採取場所によって発電量が変わる。

時間が経てば経つほど発電量が減る。

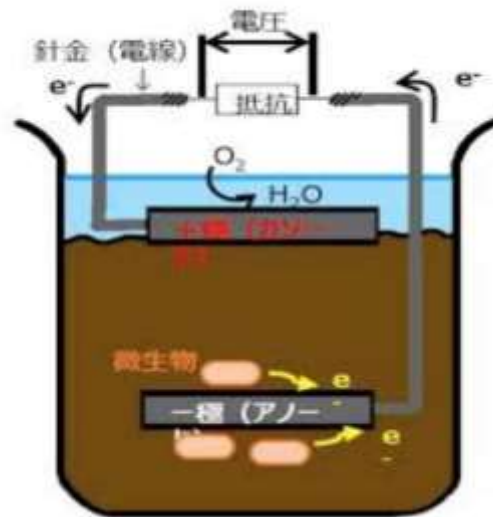
触媒を食塩水に変えることで電気伝導率が上がり、発電量が増える。

3. 方法

微生物燃料電池を作成し(図1) (図2)、仮説にのっとり条件を変更しながら実験を進める。



(図1) 実際の装置

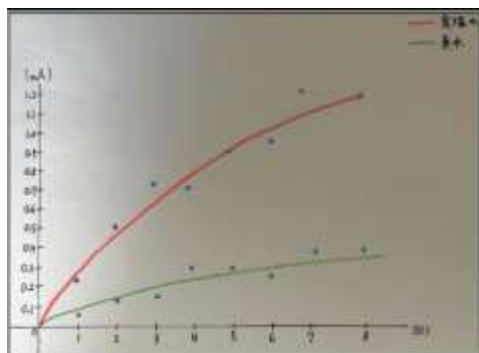


(図2) 微生物燃料電池の模式図³⁾

1. ヘドロの採取場所を学校の溝や近くのお堀
2. 実験装置の放置時間を1時間から1週間
3. 触媒を真水から食塩水を含ませたもの

4. 結果

実験結果として、1に関しては学校の溝で採取したヘドロは全く発電せず、学校周辺のお堀のヘドロを使うことでより多く発電した。2に関しては、仮説に反し、時間が経つほど発電量が増えた。3に関しては、1週間の実験で結果的な発電量が約4倍まで大幅に増加した（図3）。



（図3）真水と食塩水の発電量の比較

5. 考察

これまでの実験から微生物燃料電池の発電量を増やすには、お堀の底から採取したヘドロ、そのヘドロを静置する時間の長さ、触媒の電解性の高さが必要だった。そのうち、お堀のヘドロは空気に触れていない状態であったため、有機物が分解されず残っており発電量が増えたと考えられる。時間とともに発電量が増えた明確な根拠は、得られなかったが微生物の種類も関係しているのではないかと考える。

6. 今後の課題

今回の実験では、時間がたつにつれて、発電量が増加するというはっきりとした要因を得ることができなかったため、その点において研究を進めていきたい。

7. 参考文献

- 1) 滋賀県立八幡工業高等学校 科学研究部(2020). 「実践！検証！サイエンス 八幡堀のヘドロを資源に！ 微生物燃料電池開発への挑戦」. リバネス出版 someone, vol. 59, 14-15.
- 2) 株式会社 SGS ジャパン マイクロバイオチームリーダー. (2012). 「微生物の増殖を予測する無料ソフトの活用方法 | フーズチャンネル」. <https://www.foods-ch.com/sp/tokushu/anzen/1398419207426/>
- 3) 東京薬科大学 生命科学部 生命エネルギー工学研究室. 「Bioenergy Lab」. <https://www.ls.toyaku.ac.jp/~bioenergy1/>

微生物による発電とその効率化

3 年次理系生徒

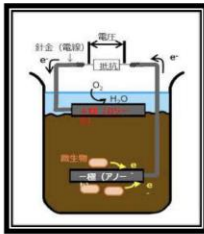
1. 研究の動機と目的

・微生物からの発電によって、電力を生み出し、スマートフォンやパソコンに電力を提供できないかと思ったから。

3. 方法

※微生物燃料電池を作成し、仮説にのっとり条件を変更しながら実験を進める。

1. ヘドロの採取場所を学校の溝や近くのお堀
2. 実験装置の放置時間を1時間から1週間
3. 触媒を真水から食塩を含ませたもの



微生物燃料電池のモデル図



実際の装置

2. 仮説

1. ヘドロの採取場所によって発電量が変わる。
2. 時間が経てば経つほど発電量が減る。
3. 触媒を食塩水に変えることで電気伝導率が上がり、発電量が増える。

※微生物燃料電池(Microbial fuel cell; MFC)とは、**微生物**を利用して**有機物(燃料)**を**電気エネルギー**に変換する装置である

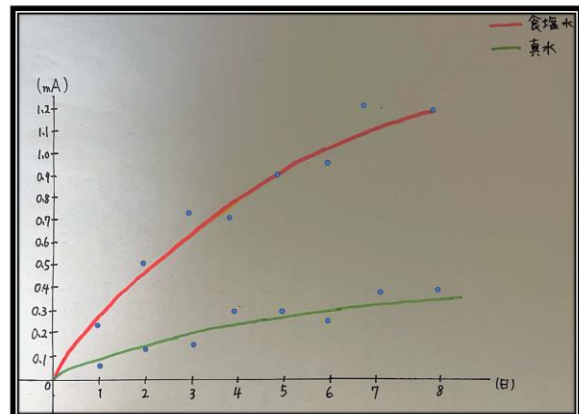
ヘドロ：**河川**や**沼**、**池**や**湖**、**海**などの底に**沈殿**した**有機物**などを多く含む**泥**。底質の構成物の一種で河川底質を構成する場合もある。

4. 結果

実験結果として、1に関しては、学校の溝で採取したヘドロでは全く発電せず、学校周辺のお堀のヘドロを使うことでより多く発電した。

2に関しては、仮説に反し、時間が経つほど発電量が増えた。

3に関しては、1週間の実験で結果的な発電量が約4倍まで大幅に増加した。



真水と食塩水の発電量の比較

5. 考察

これまでの実験から微生物燃料電池の発電量を増やすには、お堀の底から採取したヘドロ、そのヘドロを静置する時間の長さ、触媒の電解性の高さが必要だった。そのうち、お堀のヘドロは空気に触れていない状態であったため、有機物が分解されず残っており発電量が増えたと考えられる。時間とともに発電量が増えた明確な根拠は、得られなかったが微生物の種類も関係しているのではないかと考える。

5. 参考文献

- (1) someone vol.59 リバネス出版
- (2) フーズチャンネル「微生物の繁殖を予測する無料ソフトの活用方法」
- (3) 東京薬科大学 生命エネルギー工学研究室 Bioenergy Lab

波紋の形について

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

雨が降っているときの池の様子やプールで飛び込んだ後の水面を見ていると、波紋の形は円ばかりで、他の形に変化しないのか疑問に思いこの研究をすることにした。波紋の形は落とす物体によって違いが生じるのか実験し確認する。

2. 仮説

- ・落とす物体の形を変えると波紋の形に違いが生じる。
- ・落とす物体の質量を変えると波紋の形に違いが生じる。
- ・落とす物体の物質を変えると波紋の形に違いが生じる。

3. 方法

- (1) 粘土の質量は3gと5gの2種類、形は球、立方体、三角柱の3種類を作り、計6種類の粘土を50cmの高さから深さ5cmの水に落とす。そのとき発生した波紋を観察する。(写真1)(写真2)



写真1

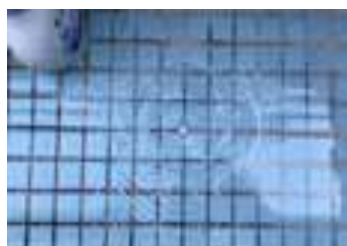


写真2

- (2) 球形の粘土を10gと20gの2種類、ビー玉の質量を10gと20gの2種類、計4種類の物体を1mの高さから深さ30cmの水に落とす。そのとき発生した波紋を観察する。(写真3)(写真4)



写真3



写真4

4. 結果

- ・球を落とした時、同心円状に波紋が広がっていった。
- ・三角柱を落とした時、球の時と同じで同心円状に波紋が広がっていき、立方体を落とした時も、球の時と同じで同心円状に波紋が広がっていった。
- ・質量が大きいほど波紋の広がる速さは速く、粘土もビー玉も発生した波紋に差はなかった。

3g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
四角柱	×	×	×	×	×
三角柱	×	×	×	×	×
球	×	×	×	×	×

表1 深さ5cmで3gの物体を落とした時

5g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
四角柱	×	×	×	×	×
三角柱	×	×	×	×	×
球	×	×	×	×	×

表2 深さ5cmで5gの物体を落とした時

10g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
球	×	×	×	×	×
ビー玉	×	×	×	×	×

表3 深さ30cmで10gの物体を落とした時
変化が確認できた⇒○

20g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
球	×	×	×	×	×
ビー玉	×	×	×	×	×

表4 深さ30cmで20gの物体を落とした時
変化が確認できなかった⇒×

5. 考察

- ・円と異なる波紋を発生させるには、液体を水以外のものにする必要があるのではないか。
- ・物体を自由落下させて落とすのではなくさらに早いスピードで落とす、真上からではなく異なる角度から物体を落とすなど、新しい方法を追加して実験することが必要なのではないか。
- ・今よりも物体が大きな質量でないと顕著に変化が現れないのではないか。
- ・三角柱の三角面と立方体の面を水面に対して平行に落とすことができず、変化が現れなかったのではないか。

6. 今後の課題

- ・より面積の大きい容器で実験を行い、波紋がなくなる端まで見て変化がないか確認する。
- ・三角柱の三角面と立方体の面を水面に対して平行に落として、波紋に変化がないか確認する。
- ・水に様々な溶質を溶かした場合、波紋の形に変化があるのか確認する。

7. 参考文献

- 1) 自科学観察コンクール <https://www.shizecon.net>
- 2) おしえてくまたろうはかせ！ <http://www.science-with-mama.com/prev/kumataro/156/index.html>

8. 謝辞

この実験をするにあたって糸谷先生と池田先生には多くの助言をいただきました。ここに謝意を表します。

波紋の形について

3年次理系生徒

動機

波紋の形は円ばかりで他の形に変化しないのかと疑問に思ったから。

目的

波紋の形は落とす物体によって違いが生じるのか実験し確認する。

仮説

- 落とす物体の形が変わると波紋の形に違いが生じる。
- 落とす物体の質量を変えると波紋の形に違いが生じる。
- 落とす物体の物質を変えると波紋の形に違いが生じる。



図1 使用した粘土

実験方法

1. 粘土の質量は3gと5gの2種類、形は球、立方体、三角柱の3種類(図1)を作り、計6種類の粘土を50cmの高さから深さ5cmの水に落とす。そのとき発生した波紋を観察する。
2. 球形の粘土を10gと20gの2種類、ビー玉の質量を10gと20gの2種類、計4種類の物体を1mの高さから深さ30cmの水に落とす。そのとき発生した波紋を観察する。

実験結果

球を落とした時、同心円状に波紋が広がっていった。(図2)
 三角柱を落とした時、球の時と同じで同心円状に波紋が広がっていった。
 立方体を落とした時、球の時と同じで同心円状に波紋が広がっていった。
 質量が大きいほど波紋の広がる速さは速かった。
 粘土もビー玉も発生した波紋に差はなかった。

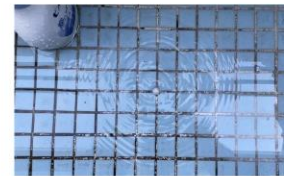


図2 発生した波紋

表1 深さ5cmで3gの物体を落とした時

3g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
四角柱	×	×	×	×	×
三角柱	×	×	×	×	×
球	×	×	×	×	×

表2 深さ5cmで5gの物体を落とした時

5g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
四角柱	×	×	×	×	×
三角柱	×	×	×	×	×
球	×	×	×	×	×

表3 深さ30cmで10gの物体を落とした時

10g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
球	×	×	×	×	×
ビー玉	×	×	×	×	×

表4 深さ30cmで20g物体を落とした時

20g	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
球	×	×	×	×	×
ビー玉	×	×	×	×	×

変化が確認できた⇒○

変化が確認できなかった⇒×

考察

- ・粘土とビー玉では密度と硬さしか変わらず、円と異なる波紋を発生させるには他の要因が必要なのではないか。
- ・より大きな質量でないと顕著に変化が現れないのではないか。
- ・三角柱の三角面と立方体の面を水面に対して平行に落とすことができず、変化が現れなかったのではないか。

今後の展望

- ・より面積の大きい容器で実験を行い、波紋がなくなる端まで見て変化がないか確認する。
- ・三角柱の三角面と立方体の面を水面に対して平行に落として、波紋に変化がないか確認する。

参考文献

自然科学観察コンクール <https://www.shizecon.net>
 おしえて！くまろうはかせ <http://www.science-with-mama.com/prev/kumataro/156/index.html>

水で膨らむビーズと溶液の関係

3 年次理系生徒

キーワード

ポリアクリル酸ナトリウム¹⁾：網目状構造の中に多数の水分子を取り込んでゲル構造を作る。水分子の中に陽イオンが存在すると吸収力が著しく低下する。

1. 研究の動機と目的

私たちが幼いときに「ポリアクリル酸ナトリウム」でできた水で膨らむビーズ²⁾で遊んでいたことがあり、水以外の溶液で膨らませることができるのか興味を持ち、明らかにしたいと考えた。

2. 仮説

ビーズを様々な水溶液に入れて膨らませると、溶質のイオンの価数が大きいほどビーズが膨らみにくいのではないか。

3. 方法

- ① 浸透圧が同じになるように粒子のモル濃度が 0.01mol/L になるように調整した Na、K、Li、Ca、Cu、Sr、Ba、Co、Zn、Fe の塩化物水溶液をそれぞれつくった。
- ② それぞれの溶液に 3 つずつビーズを入れて 10 分おきに取り出して、電子天秤で質量を計測した。(図 1)
- ③ ②の操作を 40 分間繰り返した。また 1 週間後の質量も計測した。



(図 1) 実験の様子

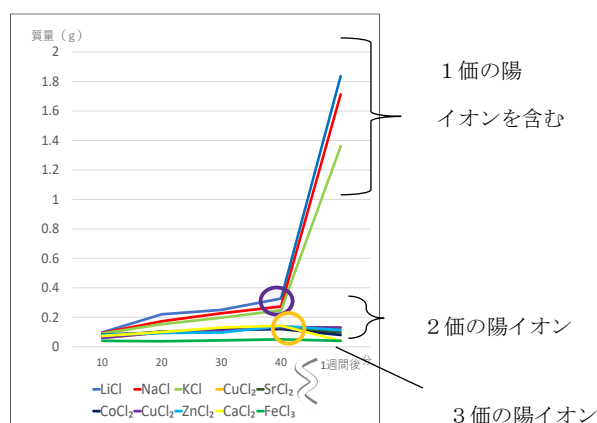
4. 結果

計測した時点でのビーズでのビーズの平均の質量を(表 1)と(図 2)に示す。※いずれも、もとのビーズの質量は 0.03g である。

(表 1) ビーズの質量の変化

	LiCl	NaCl	KCl	CaCl ₂	CuCl ₂
10分 [g]	0.09	0.09	0.10	0.07	0.06
20分 [g]	0.22	0.17	0.15	0.10	0.10
30分 [g]	0.25	0.23	0.20	0.13	0.11
40分 [g]	0.33	0.27	0.25	0.14	0.13
1週間後	1.84	1.71	1.36	0.04	0.13

	SrCl ₂	BaCl ₂	CoCl ₂	ZnCl ₂	FeCl ₃	蒸留水
10分 [g]	0.08	0.05	0.07	0.08	0.04	0.18
20分 [g]	0.10	0.10	0.10	0.09	0.04	0.34
30分 [g]	0.12	0.11	0.11	0.10	0.04	0.50
40分 [g]	0.13	0.11	0.12	0.14	0.05	0.64
1週間後	0.10	0.06	0.08	0.11	0.04	4.00



(図 2) 塩化物水溶液中のビーズの質量の変化

5. 考察

①価数別にみると、1 価 > 2 価 > 3 価の順に大きくなった。(図 2 中 } 部分)

このような結果になった理由として、次の 2 点が挙げられる。

(1) 電荷が大きいほど水を引きつけるため、ビーズの外側



(図 4) CuCl₂水溶液の中に入れたビーズ

(図5) でイオンが水を引きつけ、ビーズ内に入る水の量を減らしているのではないか。

(2) ビーズの表面が変色しているので(図4)、陽イオンがビーズ内に入っていることがわかる。陽イオンがビーズ内に入り込む際、価数の大きい方が、強くカルボキシ基と結びつくため、より詰まった網目状構造になる。(図6)

よって、水分子の入る隙間が狭くなり、水分子が入りにくくなると考えられる。



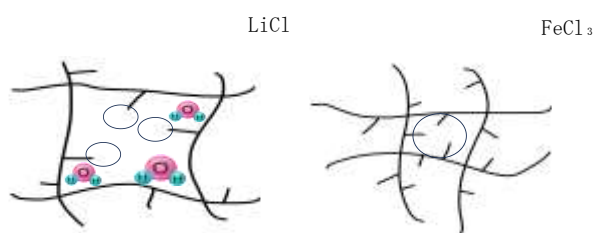
(図5) ビーズの各部分の名称

② 1価では $Li > Na > K$ の順に大きくなった。(図2中○部分)

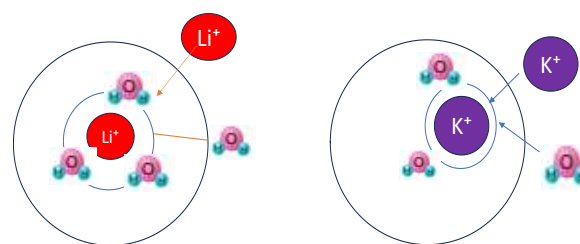
2価では $Zn, Ca > Cu, Sr > Co > Ba$ の順に大きくなった。(図2中○部分)

これは、イオン半径が小さい方がビーズの外殻から内殻まで浸透しやすく、そのイオンがビーズの内側から水分子を引きつけるからだと考えられる。(図4, 7)

また、同じ価数ではイオン半径の小さいイオンのほうが水分子を多く引きつけるため、より膨らんだと考えられる。



(図6) 陽イオンとカルボキシ基が結びつく様子
(左:LiCl,右:FeCl₃)



(図7) ビーズ内における水和イオンの内殻の中央への浸透のしやすさ (左:LiCl,右:KCl)

6. 今後の課題

実験中膨らませたビーズの中には表面がでこぼこしていたり(図4)、一部分だけ透明になりビーズから飛び出た形をしているものがあつた。その原因について調べていきたい。

7. 参考文献

- 1) Chem-Station. (2016). 「ポリアクリル酸ナトリウム」
station.com/molecule/2016/06/sodium-polyacrylate.html 2023年1月12日
- 2) ふよまるボール | 商品紹介. <http://lemon.gr.jp/goods/item.php?p=707463> 2022年8月1日
- 3) 理系ラボ. (2019). 「原子半径とイオン半径の大きさ」.
<https://rikeilabo.com/atomic-and-ion-radius> 2023年5月9日
- 4) ひつじの高分子化学ラボ. (2020). 「紙おむつと吸水性ポリマーの話」.
<https://chem-labo.com/polymers-around-us/water-absorbing-polymer/> 2023年6月21日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、関先生、田淵先生には有力な助言をいただき、研究を円滑に進めることができた。ここに記して謝意を示す。

水で膨らむビーズと溶液の関係

3 年次理系生徒

キーワード

ポリアクリル酸ナトリウム¹⁾：網目状構造の中に多数の水分子を取り込んでゲル構造を作る。
水分子の中に陽イオンが存在すると吸収力が著しく低下する。

1. 研究の動機と目的

私たちが幼いときに「ポリアクリル酸ナトリウム」でできた水で膨らむビーズ²⁾で遊んでいたことがあり、水以外の水溶液で膨らませることができるのか興味を持ち、明らかにしたいと考えた。

2. 仮説

ビーズを様々な水溶液に入れて膨らませると、溶質のイオンの価数が大きいほどビーズが膨らみにくいのではないか。

3. 方法

- ①浸透圧が同じになるように粒子のモル濃度が0.01mol/Lになるように調整した Na、K、Li、Ca、Cu、Sr、Ba、Co、Zn、Feの塩化物水溶液をそれぞれつくった。
- ②それぞれの溶液に3つずつビーズを入れて10分おきに取出して、電子天秤で質量を計測した。(図1)
- ③②の操作を40分間繰り返した。また1週間後の質量も計測した。



(図1) 実験の様子

4. 結果

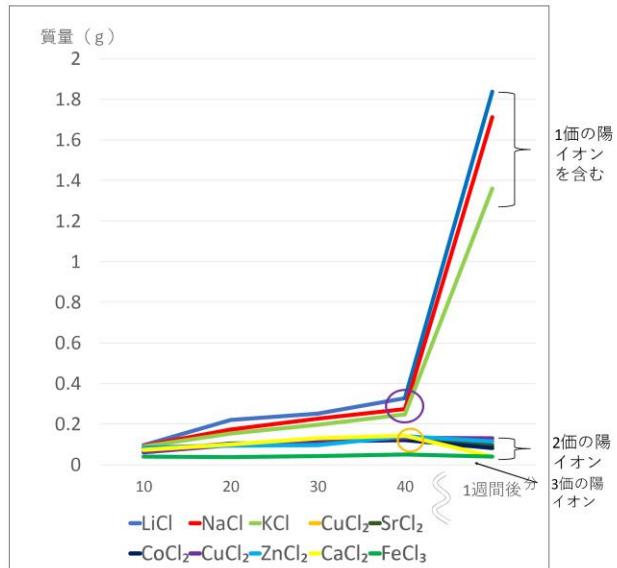
計測した時点でのビーズの平均の質量を(表1)と(図2)に示す。

※いずれも、もとのビーズの質量は0.03gである。

(表1) ビーズの質量の変化

分	g	LiCl	NaCl	KCl	CaCl ₂	CuCl ₂
10		0.09	0.09	0.10	0.07	0.06
20		0.22	0.17	0.15	0.10	0.10
30		0.25	0.23	0.20	0.13	0.11
40		0.33	0.27	0.25	0.14	0.13
1週間後		1.84	1.71	1.36	0.04	0.13

分	g	SrCl ₂	BaCl ₂	CoCl ₂	ZnCl ₂	FeCl ₃	蒸留水
10		0.08	0.05	0.07	0.08	0.04	0.18
20		0.10	0.10	0.10	0.09	0.04	0.34
30		0.12	0.11	0.11	0.10	0.04	0.50
40		0.13	0.11	0.12	0.14	0.05	0.64
1週間後		0.10	0.06	0.08	0.11	0.04	4.00



5. 考察

①価数別に見ると、1価>2価>3価の順に大きくなった。(図2中 } 部分) (図2) 塩化物水溶液中のビーズの質量の変化

→電荷が大きくなるほど、水を強く引き付けるため。

(1) ビーズの外側(図4)でイオンが水を引き付け、ビーズ内に入る水の量を減らしているため。

(2) 陽イオンがビーズ内に入り込む際、価数が大きい方が、強くカルボキシ基と結びつくため、より詰まった網目構造になる。(図5)

よって、水分子の入る隙間が狭くなり、水分子が入りにくくなる。

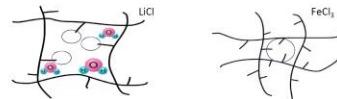


(図4) ビーズの各部分の名称

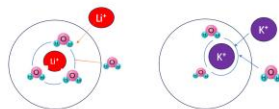
②1価ではLi>Na>Kの順に大きくなった。(図2中○部分)

2価ではZn, Ca>Cu, Sr>Co>Baの順に大きくなった。(図2中○部分)

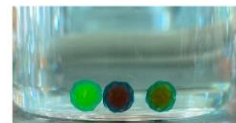
→イオン半径³⁾が小さい方がビーズの外殻から内殻まで浸透しやすく、そのイオンがビーズの内側から水分子を引きつけるのではない。(図6, 図7)



(図5) 陽イオンとカルボキシ基が結びつく様子(左:LiCl,右:FeCl₃)



(図6) ビーズ内における水和イオンの内殻の中央への浸透のしやすさ(左:LiCl,右:KCl)



(図7) CuCl₂水溶液に入れたビーズ

6. 参考文献

- 1) Chem-Station. (2016). 「ポリアクリル酸ナトリウム」
<https://www.chem-station.com/molecule/2016/06/sodium-polyacrylate.html> 2023年1月12日
- 2) ぶよまるボール | 商品紹介. <http://lemon.gr.jp/goods/item.php?p=707463> 2022年8月1日
- 3) 理系ラボ. (2019). 「原子半径とイオン半径の大きさ」. <https://rikeilabo.com/atomic-and-ion-radius> 2023年5月9日
- 4) ひつじの高分子化学ラボ. (2020). 「紙おむつと吸水性ポリマーの話」.
<https://chem-labo.com/polymers-around-us/water-absorbing-polymer/> 2023年6月21日

柔軟剤の濃度と速乾性の関係

3年次理系生徒

1. 動機と目的

市販の柔軟剤の速乾性が高いという謳い文句から柔軟剤が洗濯物の速乾性にどのような関係があるのか研究することにした。今回は、洗濯時に柔軟剤の濃度を変えて速乾性にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とした。

2. 参考文献¹⁾を出していた花王株式会社のお話

洗剤は親水基と親油基からできており、洗濯時に洗濯物の布表面にある水分子と親水基が弱い結合を作ることによって布が親油基でコーティングされる。この仕組みにより布の繊維が水を含みにくくなる結果、柔軟剤を使用しない時より速乾性が高くなる。

3. 仮説

柔軟剤の濃度を徐々に高くしていくにつれて速乾性も高くなっていくが、ある濃度に達するとそれ以降は変わらないという仮説を立てた。

4. 方法・結果

【検証1】

- ①15 cm×15 cmの大きさのタオルを用意し、洗濯する前の乾いた状態の重さを計る。
- ②1Lの水を容器に用意し、十分に水をタオルに含ませる。
- ③柔軟剤を②の容器に入れ、攪拌する。(参考文献(2)より、推奨されている柔軟剤の濃度0.3mL/Lを基準として、柔軟剤の濃度を変えて検証する。)
- ④タオルを水道水ですすぐ。
- ⑤洗濯機で7分間脱水する。
- ⑥洗濯前と洗濯後のタオルの質量の差を記録した。

表1. タオルの大きさ15 cm×15 cmのときの質量(g)

柔軟剤の量	0.3ml	0.4ml	0.5ml	なし
洗濯前	5.20	5.38	4.36	5.25
洗濯後	8.16	8.74	6.89	8.45
差	2.96	3.36	2.53	3.20

【検証2】

検証1で濃度による差があまり見られなかったのはタオルが小さすぎたからではないかと考え、タオルの大きさを30cm×70cmのものに変更し②～⑥と同様に検証を行った。0.3mlの柔軟剤を入れた場合と入れていない場合で検証する。

タオルの大きさ30cm×70cmのときの質量(g)

柔軟剤の有無	なし	あり
洗濯前	56.27	56.62
洗濯後	85.44	84.98
差	29.17	28.36

5. 考察

検証1で使用15cm×15cmではタオルが小さかったため洗濯前後での質量差すなわちタオルの含む水分量に差が出なかったと考えられる。そのためタオルの大きさを30cm×70cmに大きくして実験を試みた結果、柔軟剤を使用した方がタオルの含む水分量は少ないように見えるが差が小さい。よって柔軟剤が速乾性に影響を与えるとは言い難い。あるいは柔軟剤は脱水直後のタオルに含まれる水分量を減らすのではなく、乾燥時に水を蒸発させるスピードを上げる働きがある可能性があると考えられる。

6. 今後の課題

今後は、検証2で使用した大きさのタオルで濃度を変えて実験することと、試行回数を増やしてより結果を正確にしたい。また、乾燥にかかる時間を調べる方法を考えて柔軟剤による速乾性がどのように表れるか検証したい。

7. 参考文献

- 1) 「【成分・働き】柔軟仕上げ剤の成分と働きは？」 <https://www.kao.com/jp/qa/detail/16543/>
2021年6月
- 2) 「柔軟剤はどう使えばいいの？」 <https://soflan.lion.co.jp/soflan/lineup/tokuno/> 2021年6月

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、担当の森本先生、小橋先生には多くの助言をいただきました。この場でお礼申し上げます。

柔軟剤の濃度と速乾性の関係

3 年次理系生徒

研究の動機と目的

市販の柔軟剤の速乾性が高いという謳い文句から柔軟剤が洗濯物の速乾性にどのような関係があるのか研究することにした。今回は洗濯するときに柔軟剤の濃度を変え速乾性にどう影響を与えるかを明らかにすることを目的とした。

仮説

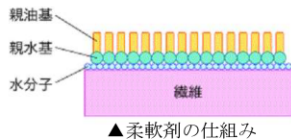
柔軟剤の濃度を徐々に高くしていくにつれて速乾性もあがっていくが、ある濃度を達するとそれ以降は変わらないしていくという仮説を立てた。

柔軟剤と速乾性の関係

【参考文献(1)を出していた花王株式会社の方の話】

- 柔軟剤は親水基と親油基から出来ている。
- 実際に洗濯時に柔軟剤を入れると洗濯物の繊維についている水分子と柔軟剤の親水基がくっつき、柔軟剤の親油基で繊維をコーティングしているようになる。
- このコーティングにより繊維が水分を含みにくくなることで柔軟剤を使用していない時よりも水分量が少なくなる。よって速乾性が上がることに繋がる。

⇒ タオルが含む水分量が少ない = 速乾性が上がる



検証方法

【検証1】

- ① 15cm×15cmの大きさのタオルを用意し洗濯する前の乾いた状態の重さを計る。
- ② 1Lの水を容器に用意し、十分に水をタオルに含ませる。
- ③ 柔軟剤②の容器に入れ、攪拌する。（参考文献(2)より推奨されている柔軟剤の濃度0.3mL/Lを基準として検証する。）
- ④ タオルを水道水ですすぐ。
- ⑤ 洗濯機で脱水する。
- ⑥ 洗濯前と洗濯後のタオルの重さの差をとる。

【検証2】

検証1で濃度による差があまり見られなかったのはタオルが小さすぎたのではと考えタオルを大きなものに変更し②～⑥と同様に検証を行った。

結果

柔軟剤の量	0.3ml	0.4ml	0.5ml	柔軟剤なし
洗濯前	5.20	5.38	4.36	5.25
洗濯後	8.16	8.74	6.89	8.45
差	2.96	3.36	2.53	3.20

▲(表1)0.3mlの柔軟剤を入れた時の結果

柔軟剤の有無	なし	あり
洗濯前	56.27	56.62
洗濯後	85.44	84.98
差	29.17	28.36

▲(表2)タオルを大きくした実験結果

考察

検証1で使用したタオル15cm×15cmではタオルが小さかったため洗濯前後での質量差すなわちタオルの含む水分量に差が出なかったと考えられる(表1)。そのためタオルの大きさを30cm×70cmに大きくして実験してみた結果(表2)、柔軟剤を使用した方がタオルの含む水分量は少ないように見えるが差が小さい。よって柔軟剤が速乾性に影響を与えろとは言い難い。このことより柔軟剤は脱水直後のタオルに含まれる水分量を減らすのではなく、乾燥時に水を蒸発させるスピードを上げる働きがある可能性があると考えられる。

参考文献

- (1) 柔軟剤と速乾性の関係性 <https://www.kao.com/jp/qa/detail/16543/>
- (2) 推奨される柔軟剤の使用量 <https://soflan.lion.co.jp/soflan/lineup/tokuno/>

食品添加物を使用しない防腐方法

3 年次理系生徒



図 1. pH 検査キット

1. 研究の動機と目的

食品添加物を直接加えず、腐敗を防ぐ方法はないかと気になったから。

2. 仮説

辛味成分が含まれる調味料には防腐効果がある。

3. 方法

チャック付きポリ袋の中に豆腐、防腐剤として、わさび(ハウス食品)、お酢(ミツカン)、醤油(ひがしマル)、からし(ハウス食品)を入れ、空気を含ませ、4日後に中の豆腐の pH を測定した。pH の測定には、pH が変化するタイミングを観察するために pH 検査キット (兵庫教育大学提供)を使用した(図 1)。

4. 結果

何も入れなかった豆腐は、わさび、お酢を同封した豆腐に比べて pH がよりアルカリに傾き、より腐敗が進んだと分かった。しかし、醤油とからしには腐敗を防ぐ効果あまり見られなかった。お酢は4日間観察して変化がなかった(表 1)。

5. 考察

① pH の変化が小さかったわさびとお酢について

わさびはシニグリンとアリルイソチオシアネート(揮発性がある)によって腐敗を防いだ¹⁾。

お酢は酢酸により pH が低下し、微生物が生息できない環境にすることで腐敗を防いだ²⁾。

② pH の変化が大きかったからしと醤油について

からしはわさびと同じくシニグリン、アリルイソチオシアネートが含まれているが、本がらしではなく水分がより多く含まれるねりからしを使用したため防腐効果があまり見られなかったと考えられる^{3), 4)}。

醤油は適度な塩分が含まれているため、大腸菌などの増殖を抑えたり、死滅させたりする効果があると考えられたが、防腐効果があるのは醤油と接触している部分でのみであるため空気中には効果がなかったと考えられる⁵⁾。

表 1. 豆腐と調味料を入れた容器内の pH 変化

日付		なし	わさび	お酢	醤油	からし
11/25	13:50 (開始)	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色
	16:50	薄緑				
11/26	1:50	薄青			薄青	
	7:20		薄緑			薄青
	11:50	青が広がる			青が広がる	
11/27	15:50					青緑
	22:20		緑が濃くなる			
	11/27 0:20	部分的に濃青	薄青		全体的に薄青	全体的に薄青
11/28	0:20				部分的に濃青緑	
	8:20	濃青が広がる				
	10:20				全体的に濃青緑	
	12:20					濃青が広がる
	14:50		薄青が広がる			
11/28	16:20	全体的に濃青			全体的に濃青	全体的に濃青
	21:20				濃青	濃青
11/29	1:20	濃青	薄青	緑	濃青	濃青

6. 今後の課題

同じ揮発性のあるわさびとからしの結果に大きな違いが出たので、結果の違いの原因について考えていきたい。

7. 参考文献

- 1) 東邦微生物病研究所(2014) 「微生物と pH」 <https://www.toholab.co.jp/info/archive/1512/> 2022年12月9日
- 2) 日本自然発酵「お酢の活用法」 <https://www.nshk.jp/vinegar/use.html> 2022年12月9日
- 3) 農林水産省(2021) 「からしやわさびにはかびなどを防ぐ成分がありますか。」 https://www.maff.go.jp/j/heya/kodomo_sodan/0108/10.html 2022年12月9日
- 4) BANJO「和からしの辛味」 <https://www.banjo.co.jp/experience/science> 2022年12月9日
- 5) 伊藤寛 童江明(1994) 「味噌、醤油の微生物」 「日本食品微生物学会雑誌」 11(3) 151-157 <https://www.jstage.jst.go.jp/pub/pdfpreview/jsfm1994> 2022年12月9日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、野内仁輝先生には有益な助言を頂いた。ここに謝意を表します。

食品添加物を使用しない防腐方法

3年次理系生徒

研究の動機

食品添加物を直接加えず、腐敗を防ぐ方法はないかと気になったから

方法

チャック付きポリ袋の中に、豆腐、防腐剤として、わさび（ハウス食品）、お酢（ミツカン）、醤油（ひがしマル）、からし（ハウス食品）を入れ、空気を含ませ、4日後に中の豆腐のpHを測定した（図1）。pHの測定には、pHが変化するタイミングを観察するためにpH試験キットを使用した（図2）。

結果（表1）

なにも入れなかった豆腐は、わさび、お酢を同封した豆腐に比べてpHがよりアルカリ性に傾き、より腐敗が進んだことがわかった（図3）。しかし、醤油とからしには腐敗を防ぐ効果があまり見られなかった。お酢は4日間観察して変化がなかった。

考察

pHの変化が小さかった要因

わさび：シニグリンとアリルイソチオシアネート（揮発性がある）によっても腐敗を防いだ

お酢：酢酸によりpHが低下し、微生物が生息できない環境にすることで腐敗を防いだ

pHの変化が大きかった要因

からし：わさびと同じくシニグリン、アリルイソチオシアネートが含まれているが、本がらしではなく水分がより多く含まれるねりからしを使用したため防腐効果があまり見られなかったと考えられる

醤油：適度な塩分が含まれているため、大腸菌などの増殖を抑えたり、死滅させたりする効果があると考えられたが、防腐効果があるのは醤油と接触している部分のみであるため空気中には効果がなかったと考えられる

仮説

辛味成分が含まれる調味料には防腐効果がある。

pH試験キット

提供：兵庫教育大学大学院
試験キットを溶液に暫く浸けた後、表面の余分な液を拭き取る。

【色の変化】強い酸性→橙色、弱い酸性→黄色、中性→緑色、弱いアルカリ性→青色
(pH検査キットは強いアルカリに弱いため測定できない。)

事前の実験で、なにも入れなかった豆腐を腐敗させると、弱いアルカリ性に傾いた。そこで、pH試験キットの色の変化の速度で、腐敗のしやすさを調べた。



図1. 実験方法

図2. pH検査キット

図3. 調味料なしの豆腐のpH
左:変化前 右:変化後

表1 豆腐と調味料を入れた容器内のpH変化

日付	なし	わさび	お酢	醤油	からし
11/25	13:50 (開始)	黄色	黄色	黄色	黄色
	16:50	黄色	黄色	黄色	黄色
11/26	1:50	黄色	黄色	黄色	黄色
	7:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	11:50	黄色	黄色	黄色	黄色
11/27	15:50	黄色	黄色	黄色	黄色
	22:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	11/27 0:20	黄色	黄色	黄色	黄色
11/28	0:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	8:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	10:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	12:20	黄色	黄色	黄色	黄色
11/29	14:50	黄色	黄色	黄色	黄色
	16:20	黄色	黄色	黄色	黄色
	21:20	黄色	黄色	黄色	黄色
11/29 1:20	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色

今後の課題

同じ揮発性のあるわさびとからしの結果に大きな違いが出たので、結果の違いの原因について考えていきたい。

参考文献

- 1) 東邦微生物病研究所 (2014) 「微生物とpH」 <https://www.toholab.co.jp/info/archive/1512/> 2022年12月9日
- 2) 日本自然発酵「お酢の活用法」 <https://www.nshk.jp/vinegar/use.html> 2022年12月9日
- 3) 農林水産省 (2021) 「からしやわさびには、かびなどを防ぐ成分がありますか。」 https://www.maff.go.jp/j/heya/kodomo_sodan/0108/10.html 2022年12月9日
- 4) BANJO 「和からしの辛味」 <https://www.banjo.co.jp/experience/science> 2022年12月9日
- 5) 伊藤寛 童江明 (1994) 「味噌、醤油の微生物」 「日本食品微生物学会雑誌」 11 (3) 151-157 https://www.istage.ist.go.jp/pub/pdfpreview/jsfm1994/11/3_11_3_151.jpg 2022年12月9日

食品の劣化と pH 値の変化の関係

3 年次理系生徒

[キーワード]

食品の劣化…食品をそのまま空気中に放置すると、腐敗したり、油焼けや変色を起こしたり、乾燥や吸湿など、様々な変質を起こして品質が低下し、食べられなくなること。

PH の変化³⁾…pH には 0～14 までの目盛りがあり、7 を中性（科学的中性点）といい純水が pH7 である。7 より大きなほどアルカリ性が強くなる。

1. 研究の動機と目的

食品の劣化を抑えるという目的の元、材料や保存方法によって変化があるのかを調べる。

2. 仮説

腐りにくいといわれている食材を添加して作ったもののほうが、何もいれなかったものに比べて腐敗がしにくい、つまり pH 値の変化が小さいと仮定した。また、冷蔵庫で保管したもののほうが、常温で保存したものよりも pH 値の変化が小さいと仮定した。

3. 実験の方法

腐りにくいといわれている純ココア、100%天然はちみつを使って、ココア入り、はちみつ入り、ココアとはちみつ入りのパンケーキを焼き、何もいれないパンケーキと比較し、継続的にそれらの pH を測定する。ただし、各パンケーキの分量は同じ、入れたココア、はちみつの量はそれぞれ小さじ 1/2 とする。

実験 1 では、容器に入れて冷蔵庫で保管した¹⁾。実験 2 では、アルミホイル、ラップで包んだものと、何にも包まないものを常温で保管した。

実験 1 では、各パンケーキ 15g と水 30ml を混ぜ合わせて乳鉢でつぶしたものを、実験 2 では、各パンケーキ 3.0g と水 2.0ml を混ぜ合わせて乳鉢でつぶしたものをそれぞれ pH 測定器で測定した²⁾。

4. 結果

実験 1 では、すべてのパンケーキの pH の値が大きくなった (図 1)。

実験 2 では、ココアとココア+はちみつの pH の値にはほとんど変化が見られず (図 3, 5)、何も入れていない (プレーン) パンケーキの pH の値は少し小さくなり (図 2)、はちみつの pH の値が最も小さくなった (図 4)。また、アルミホイルやラップで包んだパンケーキでは納豆臭がし、納豆のような粘り気もあった。ラップとアルミニウムで包んだはちみつ入りのパンケーキにはカビが多く発生した。

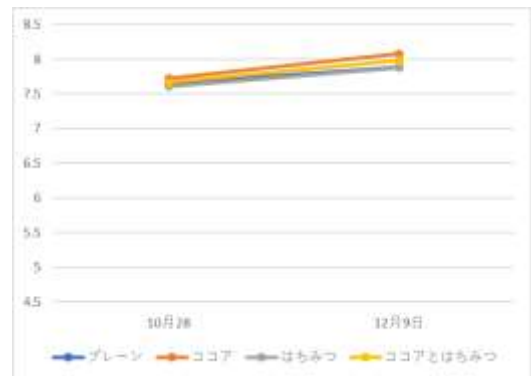


図 1. 【実験 1】材料による pH の変化

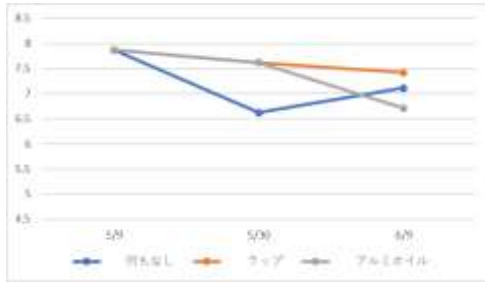


図2. 【実験2】プレーンのpH変化

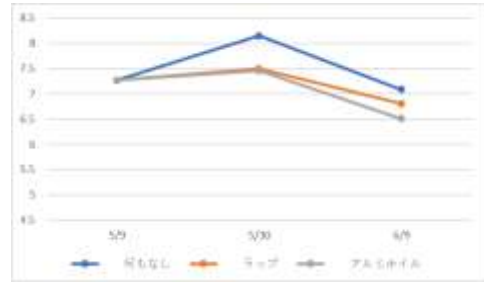


図3. 【実験2】ココアのpH変化

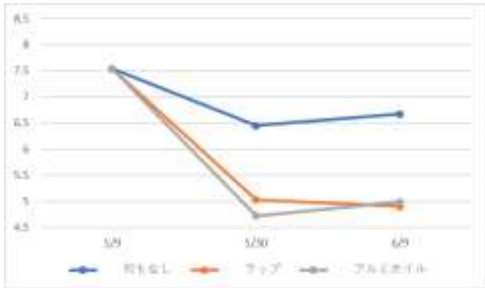


図4. 【実験2】はちみつのpH変化

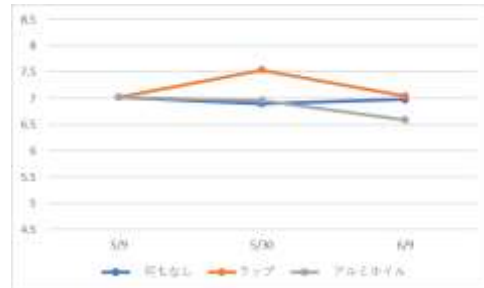


図5. 【実験2】ココアとはちみつのpH変化

5. 考察

実験1では、冷蔵庫で容器に入れて保存していたため、腐敗が進まなかったと考えられる。

実験2では、実験1と比べて温度と湿度が高い環境下で、細菌やカビが繁殖しやすい環境になったと考えられる。ココアを入れたパンケーキは、はちみつを入れたパンケーキや何も入れなかったパンケーキに比べpH値の変化がわずかに小さかったため、ココアには食品の劣化を防ぐ可能性がある。また、何も包んでいないパンケーキは乾燥している状態にあり、カビや細菌の繁殖が見られなかったため、カビや細菌の繁殖には水分量が大きく関係していると考えられる。

これらのことより現在、ココアを入れたパンケーキを冷蔵庫で保存するのが一番食品の劣化を防ぎ、食べられる状態を長く維持できる可能性がある。

6. 今後の課題

- ・ココアのどの成分が食品の劣化にどのような影響を及ぼしているのかをしらべる。
- ・今回の実験を通して、食品の劣化を抑えるためには、どの保存方法や材料が適しているかを考える。

7. 参考文献

- 1) J-Net21. (2004). 「第1回食品の痛みを防ぐための方法」.
<https://jnet21.smrj.go.jp/special/foods05/41.html#:~:text=%E9%A3%9F%E5%93%81%E3%81%AE%E5%14%89%E8%B3%A4%E3%81%A7%E6%9C%80%E3%82%82,%E6%96%B9%E6%B3%95%3%82%92%E3%81%48%E3%82%8B%E3%81%93%E3%81%8%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82/> 2023年6月6日
- 2) 株式会社東方微生物病研究所. (2014). 「微生物とpH」. <https://www.toholab.co.jp/info/archiv/e/1512/> 2023年6月6日
- 3) 株式会社アタゴ. (2003). 「pHとは」. <https://www.atago.net/japanese/new/products-ph-principle.Php/> 2023年5月2日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、野内仁輝先生、森川昇先生には多大なる助言をいただきました。ここに謝意を表します。

食品の劣化とpH値の変化の関係

3年次理系生徒

[キーワード]

食品の劣化…食品をそのまま空气中に放置すると、腐敗したり、油焼けや変色を起こしたり、乾燥や吸湿など、様々な変質を起こして品質が低下し、食べられなくなる。

pHの変化…pHには0～14までの目盛りがあり、7を中性（化学的中性点）といい、純水がpH7である。7より小さくなるほど酸性が強くなり、7より大きくなるほどアルカリ性が強くなる。

1.研究の動機と目的

食品の劣化を抑えるという目的の元、材料や保存方法によって変化があるのかを調べる。

2.仮説

腐りにくいといわれている食材を添加して作ったもののほうが、何もいれなかったものに比べて腐敗がしにくい、つまりpH値の変化が小さいと仮定した。また、冷蔵庫で保管したもののほうが、常温で保存したものよりもpH値の変化が小さいと仮定した。

3.実験の方法

腐りにくいといわれている純ココア、100%天然はちみつを使って、ココア入り、はちみつ入り、ココアとはちみつ入りのパンケーキを焼き、何もいれないパンケーキと比較し、継続的にそれらのpHを測定する。ただし各パンケーキの分量は同じ、入れたココア、はちみつの量はそれぞれ小さじ1/2とする。

実験1では、容器に入れて冷蔵庫で保管した。実験2では、アルミホイル、ラップで包んだものと、何にも包まないものを常温で保管した。（図2）

pH値は、実験1では、各パンケーキ15gと水30ml混ぜ合わせて乳鉢でつぶしたものを、実験2では、各パンケーキ3.0gと水2.0mlをpH測定器で測定した（図1）。

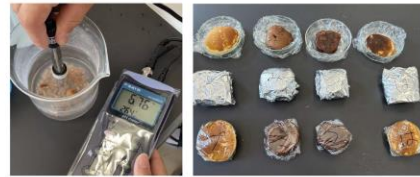


図1

図2

4.結果

実験1

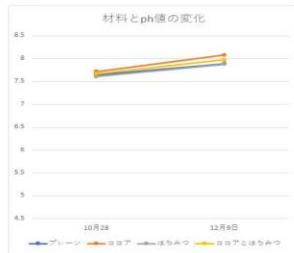


図3

実験1では、すべてのパンケーキのpHの値が大きくなった（図3）。

実験2では、ココアとココア+はちみつのpHの値にほとんど変化がみられず（図5, 7）、何も入れていないパンケーキのpHの値は少し小さくなり（図4）、はちみつのpHの値が最も小さくなった（図6）。また、アルミホイルやラップで包んだパンケーキでは納豆臭がし、納豆のような粘り気もあった。ラップとアルミニウムで包んだはちみつ入りのパンケーキにはカビが多く発生した。

実験2

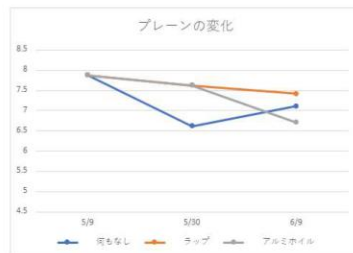


図4

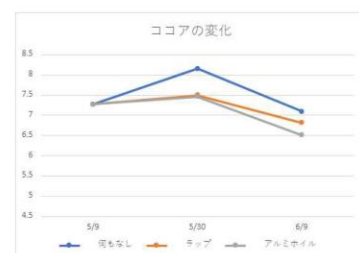


図5

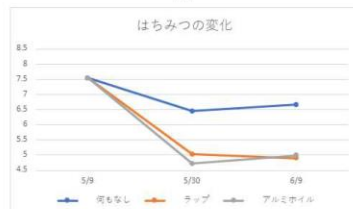


図6

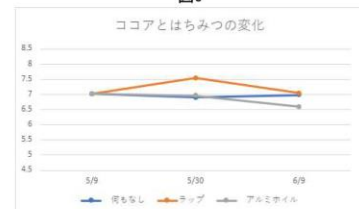


図7

5.考察

実験1では、冷蔵庫で容器に入れて保存していたため、腐敗があまり進まなかったと考えられる。

実験2では、冷蔵庫と比べて温度と湿度が高い環境であり、その温度と水分で細菌やカビが繁殖しやすい環境になったと考えられる。ココアを入れるとはちみつを入れたものなどと比べてpH値の変化がわずかに小さかったため、食品の劣化を防ぐ可能性があると考えた。また、何も包んでいないパンケーキでカビや細菌の繁殖が見られなかったことから、細菌やカビの繁殖には水分量も大きく関係していると考えられる。

6.今後の課題

- ・ココアのどの成分が食品の劣化にどんな影響を及ぼしているのかを調べる。
- ・今回の実験を通して、食品の劣化を抑えるためには、どの保存方法や材料が適しているのかを考える。

7.参考文献

- 1) J-Net21. (2004). 「第1回 食品の傷みを防ぐための基本」.
<https://j-net21.smrj.go.jp/special/foods05/41.html#:~:text=%E9%A3%9F%E5%93%81%E3%81%AE%E5%A4%89%E8%B3%AA%E3%81%A7%E6%9C%80%E3%82%82,%E6%96%B9%E6%B3%95%E3%82%92%E3%81%A8%E3%82%8B%E3%81%93%E3%81%A8%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82>
2023年6月6日
- 2) 株式会社東方微生物病研究所. (2014). 「微生物とpH」.
<https://www.toholab.co.jp/info/archive/1512/>
2023年6月6日
- 3) 株式会社アタゴ. (2003). 「pHとは」.
<https://www.atago.net/japanese/new/products-ph-principle.php>
2023年5月2日

チョークの粉から白いチョークを作る

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

黒板掃除をしているとき、黒板の溝に多くのクリーム色の粉があり、そのまま捨てるのはもったいないと考え、一番使用する白いチョークを作ろうと考えた。目的としては、チョークの粉から再生チョークを作り、SDGsの12個目の目標「つくる責任 つかう責任」を達成することである。

2. 仮説

チョークの粉を白くするためには漂白剤が効果的であると考え。なかでも、アルカリ性漂白剤は日常生活の中で落ちにくい汚れなども落とせることよりこの実験においても一番効果を発揮すると考える。

【実験1】

3. 方法

- ① 黒板の溝や黒板クリーナーにあるチョークの粉を集める。
- ② チョークの粉と身近にあるものの中で漂白作用があると思われるアルカリ性漂白剤、酸性漂白剤、アルコール消毒液、水の4つの物質を質量比3対1で混ぜる。
- ③ ラップで包み、3週間日光に当たる場所で乾燥させる。
- ④ 乾いたことを確認し、黒板に書いて白さを調べる。

4. 結果

実験の結果は、水を混ぜたチョークとアルコールを混ぜたチョークは色に変化がなく、クリーム色（図1の右）のままだった。そして、酸性漂白剤を混ぜたチョークは白色ではなく、象牙色（図1の左）となった。アルカリ性漂白剤を混ぜたチョークは胡粉色（図1の中央）になった。よって、アルカリ性漂白剤を混ぜたチョークが今回の実験の中で最も白に近い色のチョークになったが、白色にはできなかった。



(図1)



5. 考察

アルカリ性漂白剤は酸性漂白剤より漂白作用が強いため、今回の実験では酸性漂白剤を混ぜたチョークよりアルカリ漂白剤を混ぜたチョークの方がより白くなったのだと考えられる。あるいは、酸性よりアルカリ性の方がチョークの色素成分を無色化しやすいため、より白いチョークに近づいたと考える。

【実験2】

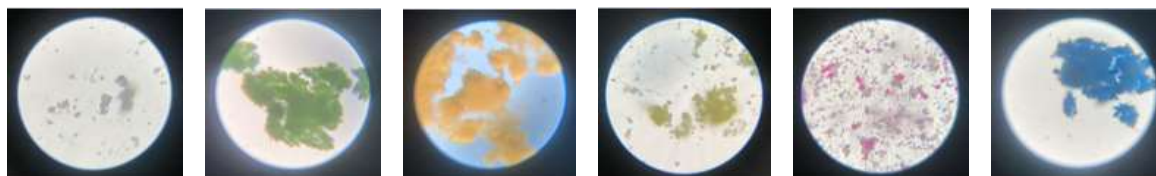
実験②では、実験①で漂白作用のあるものに混ぜてみたが、思うように白くならなかったため、チョークの粉を顕微鏡で観察することにした。

3. 方法

各色のチョークを細かく砕き、顕微鏡で観察する。

4. 結果

単色のチョークはその色のついたチョークが白いチョークに混ざっていることが見える。そしてクリーム色のチョークの粉は白、黄、赤などの色のついたチョークの粉が混ざってクリーム色に見えていたことが分かった。



白 (チョーク) 緑 (チョーク) クリーム色 (チョークの粉) 黄 (チョーク) 赤 (チョーク) 青 (チョーク)

5. 考察

実験①のように脱色する方法で白いチョークにすることは難しいという結論に至った。

6. 今後の課題

色付きチョークと白色チョークを分ける方法や色付きチョークを白く染色する方法が考えられる。

7. 参考文献

1) こどもエコクラブ (チョークの再生方法)

<http://www.j-ecoclub.jp/ecoreport/detail.php?id=11454>

2) アルカリ性漂白剤と酸性漂白剤の特徴

<https://www.gunze.jp/kigocochi/article/1k202001-01/>

3) チョークの再生実験

<https://www.osaka-c.ed.jp/blog/ikuno/ssh-news/2012/02/15-132526.html>

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、森本先生、小橋先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

チョークの粉から白いチョークを作る

3年次理系生徒

【研究の動機と目的】

黒板掃除をしている時、黒板の溝に多くのクリーム色の粉があり、そのまま捨てるのはもったいないと考え、1番使用する白いチョークを作ろうと考えた。

目的としてはチョークの粉から再生チョークを作り、SDGsの12個目の目標「つくる責任 つかう責任」を達成することである。

実験①

<仮説>

チョークの粉を白くするためには漂白剤が効果的である。

アルカリ性漂白剤は日常生活の中で落ちにくい汚れなども落とせるのでこの実験においても一番効果を発揮する。

<方法>

- ① 黒板の溝や黒板クリーナーにあるチョークの粉を集める。
- ② チョークの粉と身近にあるもので漂白作用があると思われるアルカリ性漂白剤、酸性漂白剤、アルコール消毒液、水の4つの物質を質量比3対1で混ぜる。
- ③ ラップで包み、3週間日光に当たる場所で乾燥させる。
- ④ 乾いたことを確認し、黒板に書いて白さを調べる。

<結果>

実験の結果は、水を混ぜたチョークとアルコールを混ぜたチョークは変化がなく、クリーム色のままだった。

そして、酸性漂白剤を混ぜたチョークは白色ではなく、象牙色となった。

アルカリ性漂白剤を混ぜたチョークは胡粉色になった。

よって、アルカリ性漂白剤を混ぜたチョークが今回の実験の中で最も白に近い色のチョークになったが、白色にはできなかった。

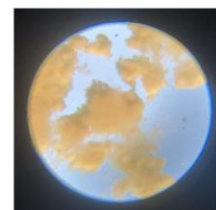
実験②

<動機>

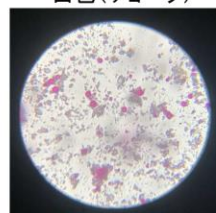
実験①で漂白作用のあるものに混ぜてみたが、白くならないので、チョークの粉を顕微鏡で観察することにした。



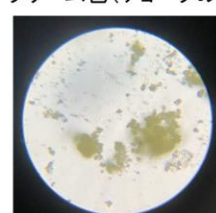
白色(チョーク)



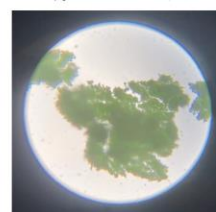
クリーム色(チョークの粉)



赤色(チョーク)



黄色(チョーク)



緑色(チョーク)



青色(チョーク)

<結果>

単色のチョークはその色のついたチョークが白いチョークに混ざっていることが見える。そしてクリーム色のチョークの粉は白、黄、赤などの色のついたチョークの粉が混ざってクリーム色に見えていたことが分かった。

<考察>

このことから実験①のように脱色する方法で白いチョークにすることは難しいという結論に至った。

<今後の課題>

色付きチョークと白色チョークを分ける方法や色付きチョークを白く染色する方法が考えられる。

ヘレシヨウセルに用いる水溶液の粘度と現れる境界の関係性

3 年次理系生徒

キーワード Viscous fingering ヘレシヨウセル

1. 研究の動機と目的

私たちは、Viscous fingering という現象について、粘度の違いによりどのような境界が現れるのか興味を持った。そこで、ヘレシヨウセルにおける2つの液体の粘度と表れる境界の関係を明らかにしようとした。

2. 仮説

- I 用いる2つの液体の粘度の差が大きいほど、現れる境界の凹凸の差は小さい。
- II 用いる2つの液体の粘度の差が同じならば、液体の粘度が高いほど現れる境界の突起の個数は少ない。

3. 方法

- (1) 粘度を測るため、一定の角度に傾けたアクリル板の上に液体を一気に3ml流し、地面に最初に接触するまでの時間を計る。
- (2) (1)を実験で用いる液体全てに3回ずつ行い、平均時間を記録する。
- (3) 2枚のアクリル板を隙間を開けて重ねた状態で間にクリップを挟んで固定し、その隙間に8mlの高粘性流体を満たす。
- (4) 上のアクリル板にあけた穴から注射器で低粘性流体を4mlゆっくり注入し、注入し始めてから20秒後の写真を撮る。
- (5) (4)を同じ流体の組み合わせに対し3回繰り返す。

4. 結果

表1 仮説Iの検証

	凹凸の差の平均	凹凸の差の最大	凹凸の差の最小	突起の個数の平均
A:水と洗濯糊	13.0mm	41.4mm	0.8mm	30.3個
B:水と蜂蜜	4.1mm	7.2mm	0.7mm	6.5個
C:アルコール消毒液と洗濯糊	15.6mm	39.5mm	0.8mm	36.3個
D:アルコール消毒液と蜂蜜	3.8mm	6.3mm	0.6mm	5.5個

※各液体の粘度
 水・・・0.3s アルコール消毒液・・・0.6s
 洗濯糊・・・15.3s 蜂蜜・・・83.2s

表2 仮説IIの検証

	凹凸の差の平均	凹凸の差の最大	凹凸の差の最小	突起の個数の平均
洗濯糊と粘度差5秒の水溶液	3.5mm	5.1mm	0.5mm	3.3個
洗濯糊と粘度差10秒の水溶液	9.7mm	31.8mm	0.8mm	33.7個
洗濯糊と粘度差15秒の水溶液	8.2mm	27.3mm	0.7mm	34.3個
蜂蜜と粘度差5秒の水溶液	5.3mm	10.5mm	0.6mm	7.3個
蜂蜜と粘度差10秒の水溶液	10.5mm	25.0mm	0.8mm	39.7個
蜂蜜と粘度差15秒の水溶液	7.9mm	23.6mm	0.7mm	41.0個

➡用いる2つの液体の粘度の差が大きい方が現れる境界の凹凸の差や突起の個数は小さい。

➡用いる2つの液体の粘度の差が同じならば液体の粘度が高い方が現れる境界の突起の個数はやや多い。

5. 考察

2年次の時は仮説Ⅰの検証結果から、粘度の差が大きい方が現れる境界の凹凸の差や突起の個数は小さいと結論付けたが、仮説Ⅱの検証結果も踏まえると、用いる2つの液体の粘度の差が小さすぎても大きすぎても界面の成長は小さいと考察できる。

また、仮説Ⅱの検証で、粘度が高い方が突起の個数がやや多いという結果が出た要因として、以下の可能性が考えられる。

- ・蜂蜜と水溶液の組み合わせの方が拡散しにくい。

拡散とは、1つの流体に他の流体を入れた時、2つの液体がだんだんと混ざり合い、一様な濃度になる現象。先行研究¹⁾より、今回の洗濯糊と水、蜂蜜と水のような完全に混和する流体の組み合わせを用いた場合、2流体間の拡散が界面の流体力学的不安定性を減少させ、境界の指の太さを大きくするように作用する。それについての論文に突起の個数への言及は見当たらなかったが、拡散の程度の小ささにより指がやや細くなったことで、突起の個数が少し多くなったのではないかと考えた。

- ・粘度の高さが、拡散とは別に境界に対して影響を与える。

粘度は拡散の程度を左右するが、それとは別に、境界に対し何らかの働きかけをするかもしれないと考えた。

6. 今後の課題

ヘレショウセル内において、2流体の粘度の差がどの程度からどの程度までなら界面の成長を促すのか調べ、粘度と境界の関係について考察したい。

7. 参考文献

- 1)長津雄一郎.(2014).「長津研究室」<https://web.tuat.ac.jp/~nagatsu>2022年7月28日
- 2)山本剛宏(2002).「非ニュートン流体中の粘性指状体の挙動」.『J-STAGE』,22(87),235-239
- P. G. Saffman and Geoffrey Taylor(1958).「The penetration of a fluid into a porous medium or Hele-Shaw cell containing a more viscous liquid」.『THE ROYAL SOCIETY』,245(1242),312-329

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、小橋先生と森本先生には有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。

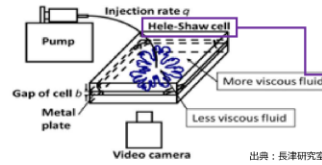
ヘレショウセルに用いる水溶液の粘度と現れる図形の関係性

3 年次理系生徒

キーワード Viscous fingering ヘレショウセル

Viscous fingering (ビスコスフィンガリング)

ヘレショウセルや多孔質媒質(たくさんの細かい穴の開いた物質)のような微小な空間に高粘性流体を満ち、そこに低粘性流体を注入すると、その境界面は流体力学的に不安定になり、指状に成長する現象。



Hele-Shaw cell (ヘレショウセル)

2枚の平板をそれぞれ地面に平行に近接して設置し、その隙間に液体を満たす装置。

図1:ヘレショウセルのイメージ

1. 研究の動機と目的

私たちは、Viscous fingeringという現象について、粘度の違いによりどのような境界が現れるのか興味を持った。そこで、2つの液体の粘度と表れる境界の関係を明らかにし、可能ならば方程式に表そうとした。

2. 仮説

- I 用いる2つの液体の粘度の差が大きいほど、表れる境界の凹凸の差が小さい。
- II 用いる2つの液体の粘度の差が同じならば、液体の粘度が高いほど表れる境界の突起の数が少ない。

3. 方法

- (1) 液体の粘度を測るため、一定の角度に傾けたアクリル板の上に水を一気に3ml流し、地面に最初に接触するタイムを計る。
- (2) (1)を実験で用いる液体全てに3回ずつ行い、平均タイムを記録する。
- (3) 2枚のアクリル板を隙間を開けて重ねた状態で間にクリップを挟んで固定し、その隙間に8mlの液体を満たす。
- (4) 上のアクリル板にあけた穴から注射器で溶液を4mlゆっくり注入し、注入し始めてから20秒後の写真を撮る。
- (5) (4)を同じ流体の組み合わせに対して3回繰り返す。

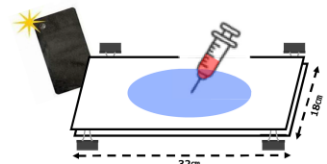
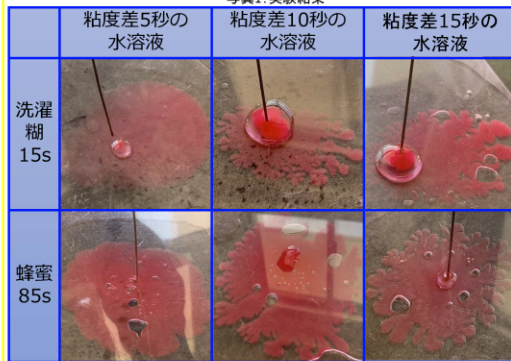


図2:実験のイメージ

4. 結果

写真1:実験結果



用いる2つの液体の粘度の差が同じならば、粘度が高いほど現れる境界の突起の数がやや多い

表1:結果の詳細

	凹凸の差の平均	凹凸の差の最大	凹凸の差の最小	突起の個数の平均
洗濯糊と粘度差5秒の水溶液	3.5mm	5.1mm	0.5mm	3.3個
洗濯糊と粘度差10秒の水溶液	9.7mm	31.8mm	0.8mm	33.7個
洗濯糊と粘度差15秒の水溶液	8.2mm	27.3mm	0.7mm	34.3個
蜂蜜と粘度差5秒の水溶液	5.3mm	10.5mm	0.6mm	7.3個
蜂蜜と粘度差10秒の水溶液	10.5mm	25.0mm	0.8mm	39.7個
蜂蜜と粘度差15秒の水溶液	7.9mm	23.6mm	0.7mm	41.0個

洗濯糊(15s)の粘度差と突起の個数の散布図

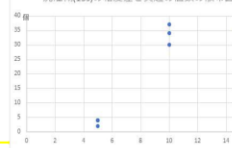


図3

蜂蜜(85s)の粘度差と突起の個数の散布図

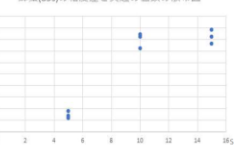


図4

5. 考察

二年次のときの研究では、実験結果から粘度の差が大きい方が現れる境界の凹凸の差や突起の個数は小さいと考えた。しかし、今回の結果を踏まえると、粘度の差が小さすぎても大きすぎても界面の成長は小さくなると考察できる。

また、今回このような実験結果が出たのには、以下の要因が考えられる。

- ・蜂蜜と水溶液の組み合わせのほうが相互拡散係数が小さい。
- ・粘度の高さが、拡散とは別に境界に対して影響を与える。

6. 今後の課題

粘度差がどの程度からどの程度までなら界面の成長を促すのか調べたい。

7. 参考文献

- 長津雄一郎.(2014).「長津研究室」<https://web.tuat.ac.jp/~nagatsu>2022年7月28日
- 山本剛宏(2002).「非ニュートン流体中の粘性指状体の挙動」.『J-STAGE』,22(87),235-239
- P. G. Saffman and Geoffrey Taylor(1958).「The penetration of a fluid into a porous medium or Hele-Shaw cell containing a more viscous liquid」.『THE ROYAL SOCIETY』,245(1242),312-329

ヘレシヨウセルの板の間隔と現れる模様の関係

3 年次理系生徒

キーワード ヘレシヨウセル 粘度 枝

1. 研究の動機と目的

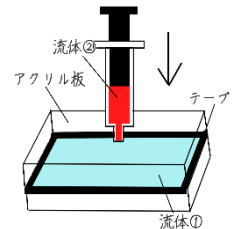
筆者らはヘレシヨウセルが生み出す美しい模様に興味を持ち、先行研究を調べてみると、板の間隔を空けていない場合での模様を研究しているものしか見られなかった。そこで板の間隔を広くするとどのような模様が作り出されるのかが気になり、板の間隔と現れる模様の関係性を確かめることを目的とし、研究を始めた。

2. 仮説

板の間にある液体と後から入れる液体の組み合わせが同じとき、板の間隔が広い方が液体が動きやすくなることによって、枝の数が減る。

3. 方法

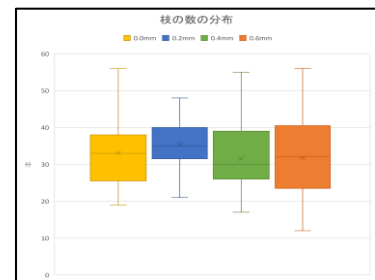
セロハンテープを使って、アクリル板の間隔を 0 mm、0.2 mm、0.4 mm、0.6 mm にする。実験 I では、アクリル板の間に洗濯糊を挟み、その上からシリンジを用いて絵の具で着色した色水を 2 秒間で 5ml 入れた。次に現れた模様の写真を撮り、形成された枝の数をすべて数え、間隔ごとに平均値や中央値などのデータをとって、それらを比較した。しかし、データの傾向が見られなかったため追加実験として実験 II・IIIを行った。実験 II では、アクリル板の間に水を挟み、実験 III では、アクリル板の間には何も挟まずに、実験 I と同様にシリンジで洗濯糊を 2 秒間で 5ml 入れ、現れた模様の写真を撮り、間隔ごとにどのような模様が現れるかを観察した。実験装置のモデル図を [図 1](#) に示す。



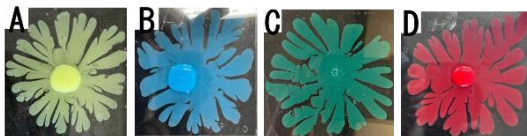
([図 1](#)
実験装置の
モデル図)

4. 結果

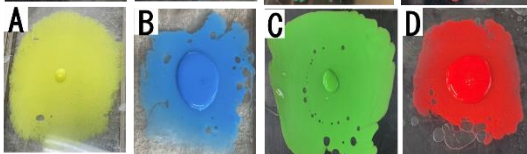
実験 I において、間隔ごとにデータの傾向は見られず、同じ間隔であっても枝の本数にはばらつきがあった。また、枝の本数が 10 本よりも少なくなることは無かった。([図 2](#)) 実験 II は実験 I に比べ形成された枝分かれが小さくほぼ均一に広がり、実験 III では枝が形成されず、円状に広がっていった。([図 3・4・5](#))



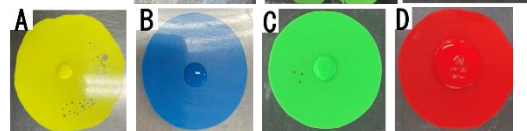
([図 2](#)) 実験 I の各間隔での枝の数



([図 3](#)) 実験 I で現れた模様 (A:0 mm B:0.2 mm
C:0.4 mm D:0.6 mm)



([図 4](#)) 実験 II で現れた模様 (A:0 mm B:0.2 mm
C:0.4 mm D:0.6 mm)



([図 5](#)) 実験 III で現れた模様 (A:0 mm B:0.2 mm
C:0.4 mm D:0.6 mm)

5. 考察

実験Ⅰでは、間隔ごとにデータの傾向が見られず、同じ間隔でも枝の本数にばらつきが見られたことから、ヘレショウセルで現れる模様は板と板の間隔に依存しないということが分かった。そこで、模様は板の間隔ではなく液体の粘度や表面張力によって変化するのではないかと考え、追加実験として実験Ⅱ・Ⅲを行い、これらをふまえたうえで考察を行った。実験Ⅰでは動きにくい高粘度の液体を押しつけるため、大きな力が必要となる。それによって入れた液体は塊で動き、大きく枝分かれする。それに比べ、実験Ⅱでは動きやすい低粘度の液体を押しつけるため、ほぼ均一に広がることができるが界面部分は水の影響を受けて小さく枝分かれする。実験Ⅲでは空気の層に液体を入れることで均等な力がかかり、枝分かれすることなく円状に広がっていく。また、表面張力は水(72.75mN/m)、洗濯糊(68.66mN/m)の順に大きい。表面張力の影響が大きければ実験Ⅱで大きく枝分かれするはずであるが、実験Ⅱで大きく枝分かれしていないことから影響が小さい。以上のことから、ヘレショウセルで現れる模様は板の間隔に影響されず、液体の粘度と入れる順番で変化すると考えられる。

6. 今後の課題

現れる模様が表面張力よりも粘度に依存する原因を詳しく調べたい。また、実験Ⅱと実験Ⅲのデータ数を増やし、実験Ⅰと同じような解析をしたい。

7. 参考文献

- 1) 我妻志友, 吉井究, 住野豊(2016). 「ヘレショウセル中の粘弾性液体が示す粘弾性突起」. 『日本物理学会講演概要集』, 71. 2, 3069
- 2) 渡辺保真(2011). 「HELE-SHAW APPARATUS」
- 3) 牛島健夫, 矢崎成俊(2005). 「HELE-SHAW セル中を浮上する一つの泡のダイナミクスのシミュレーション」. 『数理解析研究所講究録』, 1453, 73-84
- 4) JING-DEN CHEN(1989). Growth of radial viscous fingers in a Hele-Shaw cell. *Journal of Fluid Mechanics*, 201, 223-242

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって小橋先生、森本先生には貴重なご意見とご指摘をいただいた。ここに記して謝意を表す。

ヘレショウセルの板の間隔と現れる模様との関係

3年次理系生徒

キーワード

- ・ヘレショウセル：2枚の平行な板の間に粘度の異なる2種類の流体を流すことで、美しい模様が作り出される装置
- ・粘度：物質の粘りの度合い（本研究において洗濯糊、水、空気の順に大きい）
- ・枝：現れた模様で切れ込みが入り、枝分かれしているところ

動機・目的

- ・ヘレショウセルが生み出す美しい模様に興味を持った
- ・先行研究では板の間隔のない場合のみでの模様しか見られなかった

→ 板の間隔を広くするとどのような模様が作り出されるのかに気になり調べることにした

仮説

板の間にある液体と後から入れる液体が同じとき、板の間隔が広いと入れる液体が動きやすくなる

→ 液体がまとまって動きやすくなるため、枝の数が減るのではないかと

検証の方法

実験Ⅰ

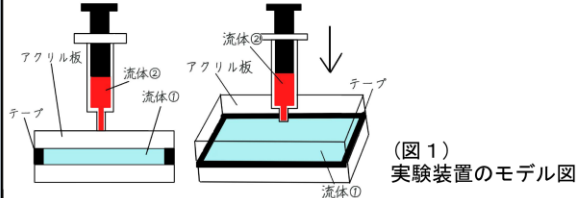
1. アクリル板の間隔をセロハンテープを使って0mm、0.2mm、0.4mm、0.6mmにする。
2. アクリル板の上に洗濯糊をまんべんなく広げ、もう一枚のアクリル板で挟む。
3. シリンジで、絵の具で着色した色水を15ml入れる。
4. できる枝の数をすべて数え、厚さごとに平均値や中央値などのデータをとって、それらを比較する。
(実験回数：100回)

実験Ⅱ

1. アクリル板の上に水をまんべんなく広げ、もう一枚のアクリル板で挟む。
2. シリンジで、洗濯糊を5ml入れる。
3. 0mm、0.2mm、0.4mm、0.6mmでどのような模様が現れるかを観察する。
(実験回数：4回)

実験Ⅲ

1. アクリル板の間には何も入れずに板を重ねる。
2. シリンジで、洗濯糊を5ml入れる。
3. 0mm、0.2mm、0.4mm、0.6mmでどのような模様が現れるかを観察する。
(実験回数：4回)



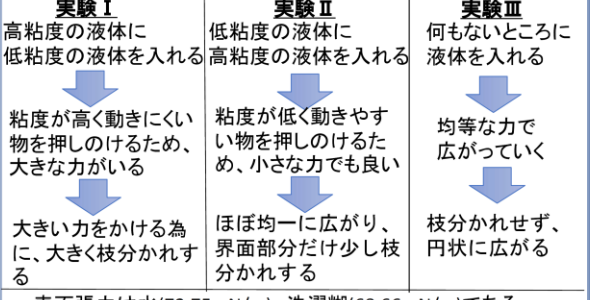
考察

実験Ⅰ

- ・厚さごとのデータに傾向は見られなかった。
- ・同じ厚さでも枝の本数のばらつきがある。

→ 板の間隔を変えても模様は変化しない。

ヘレショウセルで現れる模様は表面張力や粘度に依存するのでは
追加実験Ⅱ・Ⅲを行った

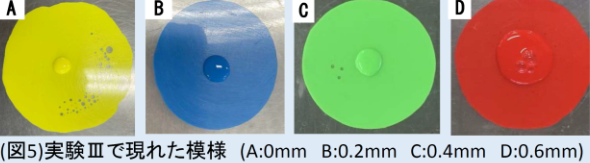
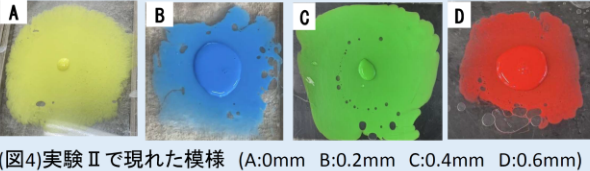
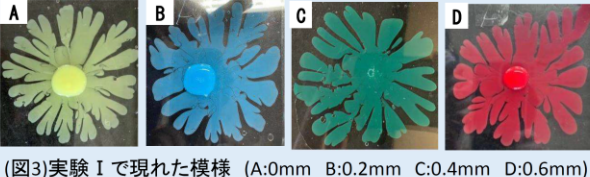
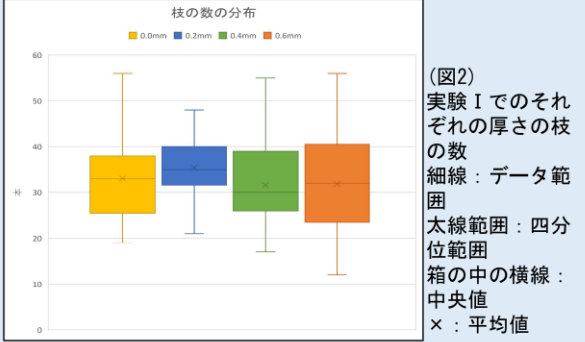


- ・表面張力は水(72.75mN/m)、洗濯糊(68.66mN/m)である。
- ・表面張力の影響が大きければ、入れていた液体が集まろうとする力の方が大きくなるため実験Ⅱは大きく枝分かれするはずである→実験Ⅱで大きく枝分かれしていないことから、影響が小さい
- ・入れていた液体の粘度が異なれば模様が明らかに変化する

→ ヘレショウセルで現れる模様は板の間隔に影響されず、液体の粘度と入れる順番で変化するのはないかと

結果

- ・厚さごとのデータの傾向は見られない
- ・同じ厚みでも枝の本数にはばらつきがあった。
- ・枝の本数が10本よりも少なくなることはなかった。
- ・実験Ⅰは実験Ⅱに比べ大きく枝分かれしている
- ・実験Ⅲでは枝分かれしなかった



今後の展望

- ・模様が表面張力よりも粘度に依存する原因を詳しく調べたい。
- ・同じ溶液での粘度差によって模様が変わることも考えられるため液体の粘度が均一なのかどうかについても調べたい。

参考文献

1. ヘレショウセル中の粘弾性流体が示す粘弾性突起 (東理大理)我妻志友, 吉井究, 住野豊
2. HELE-SHAW APPARATUS 渡辺 保真
3. HELE-SHAWセル中を浮上する一つの泡のダイナミクスのシミュレーション牛島健夫, 矢崎成俊
4. Growth of radial viscous fingers in a Hele-Shaw cell JING-DEN CHEN

紙の種類とインクのしみ方

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

水分を含んでも文字が滲まない紙があれば生活で役立つと考え、毛細管現象の実験を行った。今回は紙にインクが吸い上げられずにはじかれて広がる状態を「滲む」と定義する。

2. 仮説

紙の繊維が太く繊維どうしの間隔が広いものはよく吸い上げる。

3. 方法

今回は紙を 11 種類の紙を用意した。

- ①わら半紙
- ②未晒包装紙
- ③NT ラシャ紙
- ④ジャンフェルト紙
- ⑤マーメイド紙
- ⑥レザック紙
- ⑦A2 グロスコート紙
- ⑧TS18 紙
- ⑨上質紙
- ⑩A2 マットコート
- ⑪クラシコトレーシング



顕微鏡で 100 倍の倍率で各紙の繊維の太さを比べたところ①わら半紙が 1 番太く、⑩A2 マット紙が 1 番細いと順番をつけた。⑪クラシコトレーシングは、木材パルプをととても細かく擦りつぶして作られるため繊維が細かく、太さを測定することはできなかった。

【実験 1】1cm×12cm の紙の先端をインクにつけ、5 分後の吸い上げる程度の違いを調べた。

【実験 2】スポイトでインクを 1 滴垂らし、インクの広がる様子を調べた。

【実験 3】紙を水酸化ナトリウム水溶液に浸した。マグネティックスターラーを使い、細断した。次にサイズ剤(紙の表面に加工されているインクの滲みを防止する薬品)が取れた紙を薄く延ばし乾燥させ成型し、実験 1・2 と同様の操作を行った。

4. 結果

【実験 1】結果は次の通りである(表 1)。ここで、吸い上げた長さが「1.0cm 以上を非常によく吸い上げた(◎)」、「0.50cm 以上 1.0cm 未満をよく吸い上げた(○)」、「0.10cm 以上 0.50cm 未満をあまり吸い上げなかった(△)」、「0.0cm を全く吸い上げなかった(×)」と定義する。

(表 1)

紙の種類	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
吸い上げた長さ (cm)	1.5	0.80	0.30	0.20	1.1	0.50	0.90	0.0	0.80	1.0	0.0
吸い上げ方	◎	○	△	△	◎	○	○	×	○	◎	×

【実験 2】わら半紙と未晒包装紙はインクを垂らした後すぐに吸い上げが起こり、インクが広がった。それ以外の紙では(写真 1)のようにインクがレンズ状になった。マーメイド紙ではインクがレンズ状になった後、その周りに滲んだ。

【実験3】どの紙も細断する前を上回るインクの吸い上げ力だった。一番吸い上げの小さかった⑨上質紙でも9.1cm吸い上げた。⑪クラシコトレーシング紙は細断できなかった。

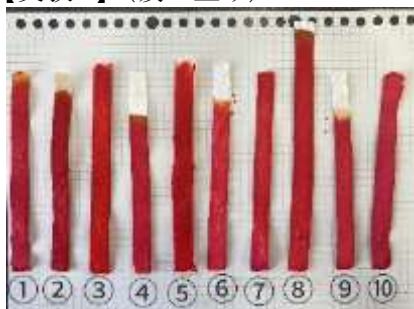
【写真1】(しみ)



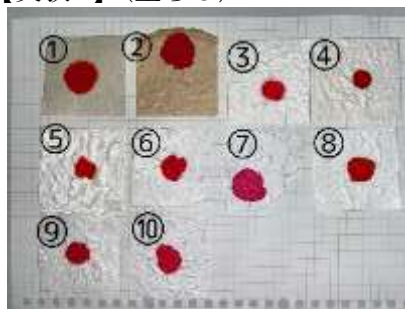
【実験2】(垂らし)



【実験3】(吸い上げ)



【実験3】(垂らし)



5. 考察

わら半紙、マーメイド紙、A2 マットコートはよく吸い上げた。その他の紙は吸い上げもしみも起こらず、インクが紙の上でレンズ状になった。②、⑦、⑨、⑩の紙は株式会社竹尾様より送っていただいた。今回使用した11種類の紙については繊維の太さは企業として公表しておらず、顕微鏡で観察したところ正確な数値を測定できず、繊維の太さや繊維どうしの間隔がしみに関係があるか、はっきりと判断することができなかった。実験3で、サイズ剤が完全に取れたかどうかを検証できておらず、また、細断し乾燥させる段階で繊維の太さや配列などが変わったことで吸い上げ力が上がった可能性がある。

6. 今後の展望

紙の表面のサイズ剤(用途に応じて調整された、インクを吸い上げにくくする加工剤)の成分を調べるなど、表面の加工を研究したい。実験3で細断した紙を乾燥させる際に使用した器具の大きさが紙によって異なっていたため、出来た紙の大きさが違っていた。また、予想していたよりもよく吸い上げたため、成型した紙の長さ以上に吸い上げる可能性を考慮できなかった。今後は細断して乾燥させる際はより大きい器具を用いたい。細断した紙の繊維の太さ、間隔と吸い上げ力との関係を詳しく調べていきたい。

7. 参考文献

- 1) カラーインクと紙の性質の違いによるにじみの研究 https://aue.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=5014&file_id=15&file_no=1
- 2) インクの広がり と 紙の密度の関係 <https://10th-wpisymposium-nanolsi.jp/assets/img/details/pdf/p-16.pdf>
- 3) 毛細管現象容器の中から逃げ出す？水！ <https://site.ngk.co.jp/lab/no45/>
- 4) 株式会社竹尾 <https://www.takeo.co.jp/>

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、糸谷先生、池田先生、鈴木先生、株式会社竹尾様には有益な助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。

紙の種類とインクのしみ方

3 年次理系生徒

1. 目的

水分を含んでも文字が滲まない紙があれば生活で役立つと考え、毛細管現象の実験を行った。今回は紙にインクが吸い上げられずにはじかれて広がる状態を「滲む」と定義する。

2. 仮説

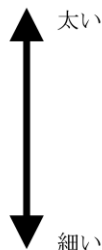
紙の繊維が太く繊維どうしの間隔が広いものはよく吸い上げる。

3. 方法

以下の11種類の紙を用意した

- ①わら半紙
- ②未晒包装紙
- ③NTラシャ紙
- ④ジャンフェルト
- ⑤マーメイド紙
- ⑥レザック紙
- ⑦A2グロスコート紙
- ⑧TS18紙
- ⑨上質紙
- ⑩A2マットコート

繊維の太さ



⑪クラシコトレーシング

*繊維を細く潰されているため繊維の太さ測定不能

【実験1】

1cm×12cmの紙の先端をインクにつけ、5分後の吸い上げる程度の違いを調べた。

【実験2】

スポイトでインクを1滴垂らし、インクの広がる様子を調べた。

【実験3】

紙を水酸化ナトリウム水溶液に浸けてマグネティックスターラーで水と一緒に混ぜ、細断した紙を薄く延ばし乾燥させ紙を成型し、実験1・2と同様に行った。

4. 結果

【実験1】

結果は次の通りである(表1)。ここで、吸い上げた長さが「1.0cm以上を非常によく吸い上げた(◎)」、「0.50cm以上1.0cm未満をよく吸い上げた(O)」、「0.10cm以上0.50cm未満をあまり吸い上げなかった(△)」、「0.0cmを全く吸い上げなかった(X)」と定義する。

【実験2】

わら半紙と未晒包装紙はインクを垂らした後すぐに吸い上げが起り、それ以外の紙では(写真1)のようにインクがレンズ状になった。マーメイド紙ではインクがレンズ状になった後、その周りに少し滲んだ。

【実験3】

サイズ剤と呼ばれる表面加工(インクを吸い上げにくくする加工剤)が取れ、細断する前を上回るインクの吸い上げ力だった。

5. 考察

わら半紙、マーメイド紙、A2マットコートはよく吸い上げた。その他の紙は吸い上げもしみも起こらず、インクが紙の上でレンズ状になったことから、滲む紙と滲まない紙には表面加工、繊維の太さや配列などの差が関係しているのではないかと考えた。また、サイズ剤を取ることでどの紙も共通してインクを吸い上げやすくなった。

6. 今後の展望

- ・紙の表面のサイズ剤(インクが吸い上げにくいような加工剤)の成分を調べるなど、表面の加工を研究したい。
- ・実験3で、細断した紙を乾燥させる際に使用した器具の大きさが紙によって異なっていたため、出来た紙の大きさが違っていた。また、予想していたよりもよく吸い上げたため、成型した紙の長さ以上に吸い上げる可能性を考慮できなかった。今後は細断して乾燥させる際はより大きい器具を用いたい。

7. 参考文献

- ・カラーインクと紙の性質の違いによるにじみの研究 https://aue.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=5014&file_id=15&file_no=1
- ・インクの広がり と 紙の密度の関係 <https://10th-wpisymposium-nanolsi.jp/assets/img/details/pdf/p-16.pdf>
- ・毛細管現象容器の中から逃げ出す？水！ <https://site.ngk.co.jp/lab/no45/>
- ・株式会社竹尾 <https://www.takeo.co.jp/>

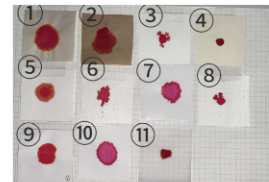
【表1】吸い上げ

紙の種類	①	②	③	④	⑤
吸い上げた長さ (cm)	1.5	0.80	0.30	0.20	1.1
吸い上げ方	◎	O	△	△	◎
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
0.50	0.90	0.0	0.80	1.0	0.0
O	O	X	O	◎	X

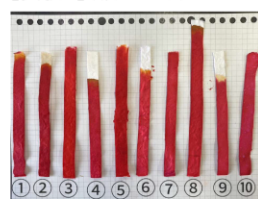
【写真1】(しみ)



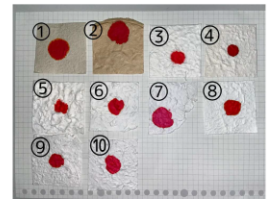
【実験2】(垂らし)



【実験3】(吸い上げ)



【実験3】(垂らし)



建築物の縦横の比の関係性に明らかな偏りはない

3年次理系生徒

キーワード

黄金比(1:1.618…) 建築物黄金比

1. 研究の動機と目的

これまでの研究で我々は世界中の建築物の高さと幅の比を調べてきた。その中で黄金比に近い値が多いのではないかとこの予想を立て研究を進めてきた。しかし黄金比は155件中27件と我々が予想しているよりも少ない結果になった。そこで、黄金比ではない新たな比を見つけようと思い今回の研究を行った。

2. 仮説

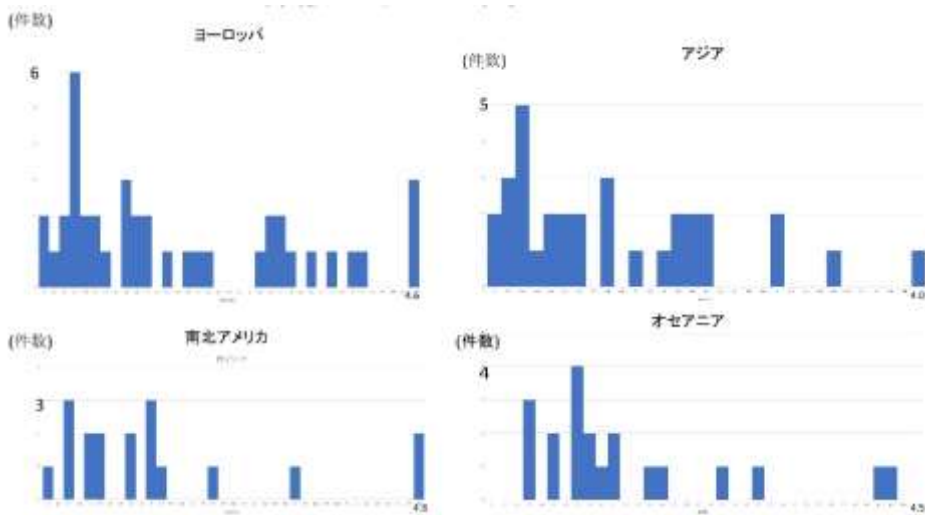
1:1(正方形)や1:1.6(黄金比に近い値)が多くなる。1:1が多くなると予想した理由は、高さと幅が同じ建築物は構造上安定するのではないかと考えたからである。また、1:1の比は外見に左右対称性を持つことが多く統一感や安定感が感じられるためいくつかの建築物でこの比が用いられることがあるためである。¹⁾1:1.6においては、これまでの研究で集めたデータ155件中27件とわかっているがこの値を我々は少ないと判断していた。しかし、データの大きさに比べると27件は少ないかもしれないが、他の比と比べて1.6や1:1の比が多かったことを加味するとこの比を持つ建築物は決して少ないわけではないのではないかと考え、今回仮説に加えることにした。

3. 方法

インターネットから建築物の高さと幅(長辺と短辺)のデータを集めて処理する。また1:1及び1:1.6の比を持つ建築物に着目してその比を持つ建築物についての特徴をまとめる。また高さに関しては建築物の中で一番高いところ、幅に関しては一番長いところとデータの収集に一定の方針を設けて新たにデータを収集直した。また、研究の初期はほとんどヨーロッパのみに限ってデータを収集してしまったので、すべての州の建築物を集めるようにした。しかしアフリカはデータの大きさが他の州と比べて少なくなってしまったので除外した。

4. 結果

- ・中央値はいずれの地域も1.8~1.9であった。
- ・オセアニアを除く3地域では最頻値に大差はなかった。(1.2~1.3に集中)
- ・1:1の比を持つ建築物は7件
- ・1:1.6の比を持つ建築物は10件
- ・先行研究の通り1:1の比を持つ建築物はパサルガダエ、ダンブッラの黄金寺院、アーナンダ寺院、ウシュマル、プラオサン寺院、ハラ・ハジ・イブラヒム・ウシュマル、サント=マドレーヌ大聖堂など左右対称な建築物が多く該当した。



縦軸：件数 横軸：短辺を1としたときの長辺の比

5. 考察

中央値がどの州も 1.8~1.9 におさまったことにより、1: 2 以上すなわち長辺が短辺の 2 倍以上の建物は少ないことが分かる。ヒストグラムからも 1.2~1.8 に多く集まっていることが分かる。理由として、あまりに高い建物は当時建築することが困難であり、横長の建物は土地を多く使用するので建築が困難であったと我々は考えている。オセアニア州のみ黄金比に近い値が 6 件と他州に比べて多かった理由としては、エドモンドブラケットが関係していると考えられる。²⁾彼の建築物には 1:1.6 の比が多く用いられていることが分かっており、彼の建築物を多く調べ、データに用いていることがこのような結果につながった原因だと考えられる。最頻値の平均値を求めた結果、1.2523809524 となった。よって我々は 1:1.2523809524 を建築物黄金比と定義した。

6. 今後の課題

建築物のデータは、公式に発表されているものがない場合、真正面から撮影された画像を用いて比を計測しているため集めたデータと実際にみたときの感じ方に差がある可能性がある。また、高さや幅を計測する上で塔などの突出した部分を含むかどうか研究者によって変わる可能性がある。なお我々は含んで計測した。

7. 参考文献

- UNESCO 公式 HP:<https://www.unesco.or.jp> (2022 年 8 月)
- 歴史的建造物を選ぶ際、世界文化遺産を参考にした
 - 歴史的建造物を選ぶ際、ウィキペディアのカテゴリ(ウィキペディアが所蔵する記事を主題別に分類した索引)を参考にした
- 1) Anne E. Grimmer (1992 年) 「Symmetry and Proportion in Historic Preservation」 <https://www.nps.gov/orgs/1739/upload/treatment-guidelines-2017-part1-preservation-rehabilitation.pdf> (2023 年 5 月)
 - 2) 岡本美樹 「エドモンド・ブラケットによる黄金比の引用に関する分析：シドニーの商業建築について」 https://www.jstage.jst.go.jp/article/aija/68/566/68_KJ00004226797/_article/-char/ja/ (2023 年 2 月)

8. 謝辞

後藤先生、関先生には、考察をするうえで多く助言をいただいたのでここに感謝の意を表す。また、萩原先生には 2 年次のころデータの取り扱いについて助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。

建築物の縦横の比の関係性に明らかな偏りはない

3年次理系生徒

研究の動機

世界の建築物はどのような比を持つのか気になり、数値での関係性を知りたくなったから。

検証の方法

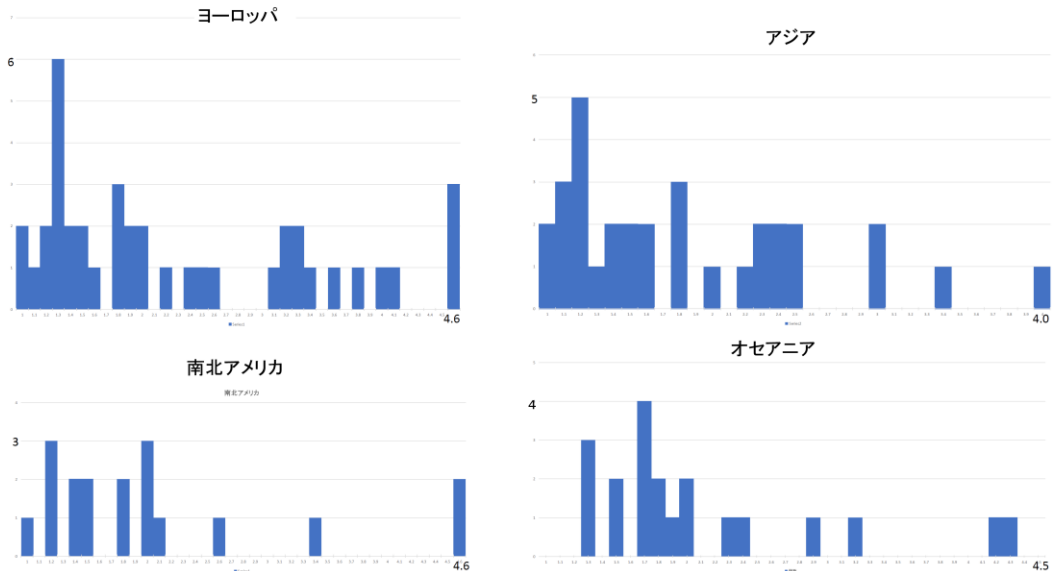
インターネットから歴史的建築物の高さと幅(長辺短辺)のデータを集めて処理する。

仮説

1:1(正方形)や1:1.6(黄金比に近い比)などの比率が多くなる

実験結果

中央値はいずれの地域も1.8~1.9



結果・考察

オセアニア州を除く3地域で最頻値に大差はない
地域によって中央値に大差はない

1:1について

<特徴>

- ・宗教的な建築物
- ・数世紀にわたり建設や修復が行われた
- ・外見に左右対称性を持つ⇒統一感や安定感¹⁾
- ・古代から中世まで様々な時代に建設がなされた

1:1.6について

<特徴>

- ・キリスト教の大聖堂が多く該当した。
- ・オーストラリアの1:1.6の比の建築物はエドモンドブランケットによる建築物²⁾
- ・古代から中世まで様々な時代に建築がなされた
- ・同じ建築様式の建築物がいくつかみられる(ゴシック様式)
→ゴシック様式では視覚的に大聖堂の神秘などを演出するために縦に引き伸ばされたような建築になる

今後の課題

建築物は一概に縦と高さで測ることができないため集めたデータと実際に見たときの感じ方に差がある可能性がある

参考文献

- UNESCO公式HP: <https://www.unesco.or.jp> (2022年8月)
- 一歴史的建築物を選ぶ際、世界文化遺産を参考にした
一歴史的建築物を選ぶ際、ウィキペディアのカテゴリ(ウィキペディアが所蔵する記事を主類別に分類した索引)を参考にした
- ¹⁾ [Arne E. Grimmer] (1992年) 「Symmetry and Proportion in Historic Preservation」 (2023年5月)
- ²⁾ [Emanuela Vai] (2013年) 「The Role of Symmetry in Architectural Design」 (2023年4月)
- ³⁾ 「岡本実樹」 「エドモンド・ブランケットによる黄金比の引用に関する分析：シドニーの商業建築について」 (2023年2月)

肯定的な言葉と否定的な言葉のスポーツの影響

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

部活動などでスポーツをするときに「シュート打つな」や「ナイシュー」といった肯定的な言葉や否定的な言葉をかけられて、シュートの入る確率が変わっていると感じたからである。また、家でNBAを見ているときに「ホームコートアドバンテージ」という言葉を聞き、30年間NBAのホームコートの勝率を調べると約60%もあったので、応援をする際にどのような応援が最も効率的に選手たちのパフォーマンスを上げることができるのか興味を持ったからである。

2. 仮説

肯定的な言葉によって、気分が乗り、パフォーマンスが向上し、良い結果をもたらす。また、否定的な言葉は、基本的に精神を乱し、悪い結果をもたらすが、逆に反抗心を沸かせて、良い結果を出させることもある。さらに、初心者の方が経験者よりも、声かけによって大きな影響を受ける。

3. 方法

バスケットボールでは、経験者はスリーポイント、初心者はフリースローを通常の状態と肯定的、否定的な言葉をかけられている状態で打つ。バレーボールでは、約15m離れたところにある横約3m、縦約2m的を狙いサーブを打つ。このとき慣れることで確率が上がることを抑えるため、打つ場所や順番をバラバラに行う。そして、それぞれの確率を計算し、声をかけられているときの確率が通常に比べてどのように変化するか調べる。

4. 結果

バスケットボールのシュートの成功本数（本）

バスケ	A(初心者)	B(初心者)	C(経験者)	D(経験者)	E(経験者)
通常	125/500	83/500	635/1000	461/1000	355/1000
肯定的	211/500 (+8.6%)	103/500 (+2.0%)	526/1000 (-10.9%)	410/1000 (-5.1%)	346/1000 (-0.9%)
否定的	79/500 (-4.6%)	68/500 (-1.5%)	459/1000 (-17.6%)	423/1000 (-3.8%)	377/1000 (+2.2%)

バレーボールのサーブの成功本数（本）

バレー	A(初心者)	B(初心者)	C(初心者)	D(初心者)
通常	37/100	52/100	43/100	41/100
肯定的	50/100 (+13.0%)	72/100 (+20.0%)	25/100 (-18.0%)	53/100 (+12.0%)
否定的	33/100 (-13.0%)	37/100 (-15.0%)	51/100 (+8.0%)	28/100 (-13.0%)

※確率は小数点第2位で四捨五入 ※()内は通常の状態の確率からの増減を示す

5. 考察

初心者は肯定的な言葉をかけられたときに成功率が上がり、否定的な言葉をかけられたときに成功率が下がったことから、肯定的な言葉をかけられることで、自信につながり、シュートやサーブに対する意欲が上がることで思い切りのあるシュート、サーブを打てるようになり、成功率が上がった。また、経験者は声をかけられたときに成功率が下がったことから、練習の時は声をかけられていない状態で打つので、声掛けが逆にプレッシャーにつながったと考えた。さらに、否定的な言葉をかけられたときに成功率が上がった人もいたことから、否定的な言葉が逆に反抗心を沸かせて成功率が上がったと考えた。

6. 今後の課題

今回行った実験では、バスケットボールとバレーボールであったが、他にも様々なスポーツがあるので、ほかのスポーツでも調べていきたい。本研究で出した結果や考察をこれからのスポーツ人生に活かしていこうと思う。また、本研究では、男子高校生の応援による男子高校生のスポーツ検証であったため、より広い年齢層や異なる性別の人から応援された場合にも同等の結果が出るかを検証していきたい。さらに、スポーツ以外での声掛けの影響は、私生活や社会において何らかの影響を及ぼすのかどうかも検討していきたい。

7. 参考文献

- 1) 松田ひとみ (2013). 『「発声」による身体機能への影響に関する研究のシステマティック・レビュー』。 https://www.hcs.tsukuba.ac.jp/~koureicare/documents/vol14_no1_5.pdf. 2022年6月30日
- 2) トム・ホーバス (2022). 『日本女子バスケが大事にした「声出し」の大きな力』 <https://toyokeizai.net/articles/-/510176?display=b>. 2022年6月30日

8. 謝辞

この研究をするに当たって、後藤先生、関先生には有益な助言を頂きました。ここに記して謝辞を表します。

肯定的な言葉と否定的な言葉のスポーツへの影響

3年次理系生徒

動機と目的

- スポーツにおけるプレーの良しあしに、声かけや応援はどのくらい影響を及ぼしているのかに興味を持ったから。
- 応援をする際に、どのような声かけをすれば、他人のパフォーマンスをより向上させるようなより良い効果を与えることが出来るのかということを明らかにするため。

仮説

- 肯定的な言葉によって、気分が乗り、パフォーマンスが向上し、良い結果をもたらす。
- 否定的な言葉は、基本的に精神を乱し、悪い結果をもたらすが、逆に反抗心をわかせる、良い結果を出させることもある。
- 初心者の方が経験者よりも、声掛けによって大きな影響を受ける

【バスケットボール】

実験方法

1. バスケットボールでは経験者はスリーポイント、初心者はフリースローを、通常の状態と肯定的、否定的な言葉を周りから声をかけられている状態でそれぞれ打つ。(※慣れることで確率が上がることを抑えるため、それぞれの状態で打つ順番をバラバラに行う。)
2. それぞれの確率を計算する。
3. 肯定的、否定的な言葉で周りから声をかけられている時の確率が、通常の状態に比べてどう変化しているのかを調べる。

結果

- 経験者は、通常でシュートを打った時が1番確率が高かった。
- 初心者は肯定的な言葉をかけられて打った時に確率が上がった。

バスケットボール	経験者 1	経験者 2	経験者 3	初心者 1	初心者 2
通常	635/100 0	355/100 0	461/100 0	125/500	83/500
肯定的	526/100 0 (-10.9%)	346/100 0 (-0.9%)	410/100 0 (-5.1%)	211/500 (+8.6%)	103/500 (+2.0%)
否定的	459/100 0 (-17.6%)	377/100 0 (+2.2%)	423/100 0 (-3.8%)	79/500 (-4.6%)	68/500 (-1.5%)

※確率は小数点第2位で四捨五入 ※()内は通常の状態の確率からの増減を示す

考察

《経験者》

- いつも通りの練習の時のように通常の状態ですべてのシュートを打てる環境の時が、1番シュートが入った。
(☞声掛けが逆にプレッシャーに繋がったのではないかと)

《初心者》

- 肯定的な言葉をかけられることで、自信につながり、シュートやサーブに対する意欲が上がることで思い切りのあるシュート、サーブを打てるようになり、より成功率が上がったのではないかと。
- 否定的な言葉をかけられている時には大きな波があった⇒精神を乱されている中でも反抗心が現れていることがあったのではないかと。

今後の展望

- バスケットボールやバレーボール以外のスポーツでも同じような結果が得られるのかも検証していきたい。
- これらの実験をスポーツの試合をするときや日常生活に生かしていきたい



【バレーボール】

実験方法

1. バスケットボールの結果からバレーボールバレーボールでは肯定的、否定的な言葉を周りからかけられた状態で横約3メートル、縦2メートルの的を狙いサーブを打ち、当たった確率を調べた(バスケットボールの実験と同様に打つ順番をバラバラに打った。)
2. それぞれの確率を計算する。
3. 肯定的、否定的な言葉で周りから声をかけられている時の確率が、通常の状態に比べてどう変化しているのかを調べる。

結果

- 半数以上は、肯定的な言葉をかけられて打った時に確率が上がった。
- 否定的な言葉をかけられて打った時に確率が上がった人もいた。

バレーボール	初心者1	初心者2	初心者3	初心者4
通常	52/100	41/100	37/100	43/100
肯定的	72/100 (+20.0%)	53/100 (+12.0%)	50/100 (+13.0%)	25/100 (-18.0%)
否定的	37/100 (-15.0%)	28/100 (-13.0%)	33/100 (-4.0%)	51/100 (+8.0%)

※バレーは初心者

参考文献

- 松田ひとみ(2013)『「発声」による身体機能への影響に関する研究のシステムティックレビュー』
https://www.hcs.tsukuba.ac.jp/~koureicare/documents/vol4_no1_5.pdf
2022年6月30日
- トム・ホーバス(2022)『日本女子バスケが大事にした「声出し」の大きな力』
<https://toyokeizai.net/articles/-/510176?display=b>
2022年6月30日

紙飛行機の素材と飛行距離の関係

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

子供の頃よく遊んでいた紙飛行機は、こういった素材のものが最も飛行距離が長くなるのか調べたいと考えた。

2. 仮説

紙飛行機の飛行距離は、素材の変更による機体の条件の変化に関係していて、飛行に最適な素材の硬度や質量があると考えます。

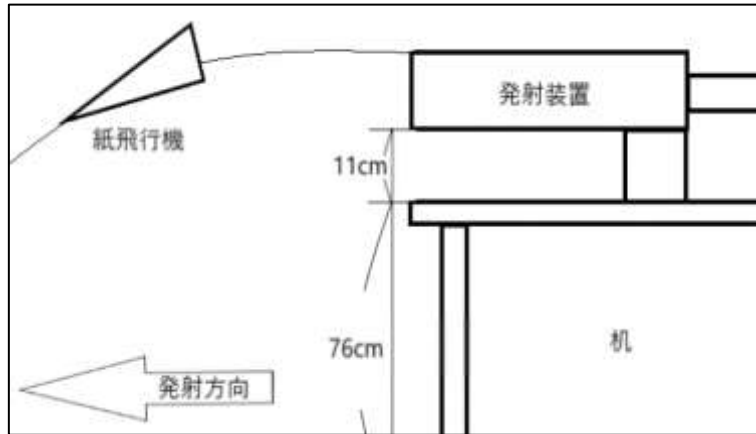


図 I 実験の様子

3. 実験方法

実験 I では、素材と紙飛行機の飛行距離を調べるための発射装置を作成し、発射位置、射出力、射出角度、紙の大きさ、折り方を固定し、素材ごとの紙飛行機の飛行距離を計測した。また、実験 II では、質量以外の条件を固定し、飛行距離を計測した。折る前に上質紙を重ねて貼ることで質量を変更した。なお、射出力や、射出角度等は実験 I と同様の方法で固定した。

4. 結果

実験 I で最も紙飛行機の飛行距離が長かったのは上質紙であり、最も飛行距離が短かったのは和紙であった。上質紙や画用紙は飛行中に機体のたわみがほとんど見られなかったが、和紙は飛行中に機体が大きくたわんでいた。このことから、丈夫さと軽量さを合わせ持つ紙飛行機の飛行距離が長くなると考えられる。また、実験 II では上質紙を 3 枚張り合わせた時が最も飛行距離が長く、5 枚重ね合わせたものが最も飛行距離が短かった。また、1 枚から 3 枚にかけて飛行距離が増加し、3 枚から 5 枚にかけて飛行距離が減少する傾向がみられた。

5. 考察

実験ⅠⅡより、機体の質量が8.61gの時に飛行距離が長くなると考えられる。このことから、紙飛行機の飛行距離が最も長くなる素材と質量は、上質紙で作成した質量8.61gの紙飛行機が最も適しており、質量に関してはそれ以上でもそれ以下でも飛行距離は短くなっていくと考えられる。

6. 今後の課題

実験する質量を細かく区切っていき、さらに飛行距離が長くなる質量を調べてみたい。

また、その質量において射出力を変更することで、飛行距離に変化があるのかについても調べてみたい。

7. 参考文献

- 1) 紙飛行機を飛ばそう！段ボールシューターの作り方を解説 https://evaluator.blog/2021/05/paper_plane_shooter/

8. 謝辞

本発表をするにあたり、杉本先生、安藤先生には貴重なご意見やアドバイスをいただきました。この場においてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

紙飛行機の素材と飛行距離の関係

3年次理系生徒

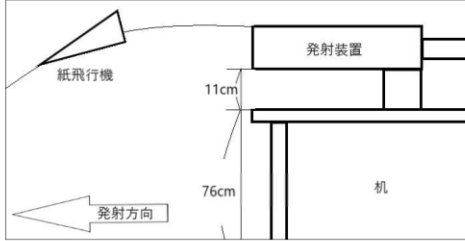


図1 発射時の要素

研究の動機

子供の頃よく遊んでいた紙飛行機は、こういった素材のものが最も飛行距離が長くなるのか調べたいと考えたから。

仮説

紙飛行機の飛行距離は、素材の変更による機体の条件の変化に関係していて、飛行に最適な素材の硬度や質量があると考えられる。



図2 実験Ⅰ 素材ごとの飛行距離

実験Ⅰの方法

素材と紙飛行機の飛行距離を調べるための実験として発射装置を作成し、発射位置、射出力、射出角度、紙の大きさ、折り方を固定し、素材ごとの紙飛行機の飛行距離を計測した。
※ここでいう硬度とは、飛行中の機体のたわみにくさとし、上質紙とはノートの紙のことを指す。

実験Ⅰの結果と考察

最も紙飛行機の飛行距離が長かったのは上質紙であり、最も飛行距離が短かったのは和紙であった。上質紙や画用紙は飛行中に機体のたわみがほとんど見られなかったが、和紙は飛行中に機体が大きくたわんでいた。このことから、丈夫さと軽量さを合わせ持つ紙飛行機が飛行距離が長くなると考えられる。

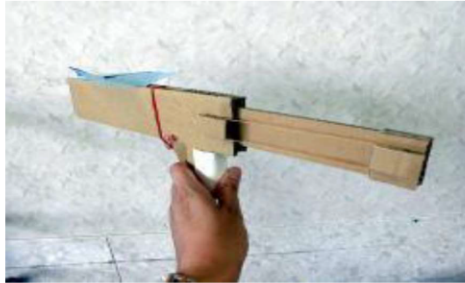


図3 実験の様子

実験Ⅱの方法

実験Ⅰの結果より上質紙が最も飛行距離が長いことが分かったので、質量以外の条件を固定して、飛行距離を計測した。折る前に上質紙を重ねて貼ることで質量を変更した。上質紙一枚あたりの質量は2.87gである。なお、射出角度は地面と水平にし、射出力は輪ゴムの本数をそろえることで均一にした。

実験Ⅱの結果と考察

上質紙を3枚張り合わせた時が最も飛行距離が長く、5枚重ね合わせたものが最も飛行距離が短かった。また、1枚から3枚にかけて飛行距離が増加し、3枚から5枚にかけて飛行距離が減少する傾向がみられた。このことから機体の質量が8.61gの時に飛行距離が長くなると考えられる。

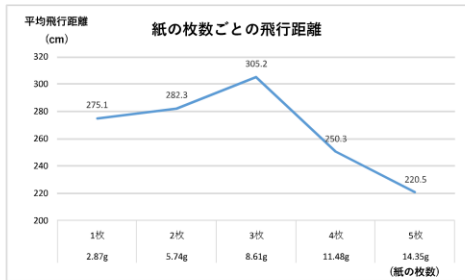


図4 実験Ⅱ 紙の枚数ごとの飛行距離

結論

実験Ⅰ、Ⅱより、紙飛行機の飛行距離が最も長くなる素材と質量は、上質紙で作成した質量8.61gの紙飛行機が最も適しており、質量に関してはそれ以上でもそれ以下でも飛行距離は短くなっていくと考えられる。

謝辞

本発表をするにあたり、杉本先生、安藤先生には貴重なご意見やアドバイスをいただきました。この場においてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

紙飛行機を飛ばそう！段ボールシューターの作り方を解説
https://evaluator.blog/2021/05/paper_plane_shooter/

今後の課題

実験する質量を細かく区切っていく、さらに飛行距離が長くなる質量を調べてみたい。

パラシュートの素材による滞空時間の変化

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

当初は紙飛行機の滞空時間に着目して研究を行おうと考えた。しかし、滞空時間に着目するならもっと適切な研究対象があるのではと考え、パラシュートを用いて行うことにした。

2. 仮説

現在普及しているパラシュートの素材であるナイロンなどの化学繊維を用いたパラシュートが一番滞空時間が長くなる。また、その中でも質量が小さいものの滞空時間が長くなる。

3. 方法

実験1において、まず実験対象の素材10種【アルミホイル、セロハン、ポリエチレンシート、ナイロン（白、黒、半透明）、緩衝材、半紙、画用紙、ペーパータオル】を用いて参考文献(1)を参考に一辺20cmのパラシュートを製作する。次に、窓などを締め切った体育館で約4mの高さから落下させる。そして観測者Aと観測者B、実験者の3名が計測しその平均値を結果として30回計測する。実験2ではナイロン素材4種【HDPE（中低圧法高密度ポリエチレン）、LDPE（高圧法低密度ポリエチレン）、レジヤシート、OPP（二軸延伸ポリプロピレン）】を用いて参考文献(1)を参考に一辺40cmのパラシュートを製作する。またこれらを実験1と同様の方法で落下させ計測する。

4. 結果

実験1では滞空時間の長さは順に、ナイロン（白、黒、半透明）、セロハンという結果になった。しかし、パラシュートが開かないという場合があったので測定できないことがあった。また、ナイロン素材4種に絞って行った実験2では順に、HDPE、レジヤシート、LDPE、OPPという結果になった。そこに質量の関係性を見ることはできなかった。

【実験1】

素材	アルミ ホイル	セロハ ン	ポリエ チレン シート	ナイロ ン（白）	ナイロ ン（半 透明）	プチプ チ	半紙	画用紙	ペーパー タオル	ナイロ ン（黒）
滞空 時間 (s)	2.95	3.39	測定 不可	3.97	3.46	測定 不可	3.22	2.97	2.91	3.87

【実験2】

素材	HDPE	LDPE	レジヤシート	OPP
質量 (g)	4.1	5.0	5.5	5.7
滞空時間(s)	5.85	4.01	4.92	3.67

5. 考察

実験1よりナイロン類はパラシュートの傘がお椀型に開いたが(図3)紙類はその形にはならず元の素材の形を保ちながら落下するという違いがあった。このことから『素材が保持できる空気量』が関係しているのではないかと考えられる。また、私たちの実験ではパラシュートの滞空時間に質量の関係性を見ることはできなかったが、さらにナイロン類の素材を増やし研究をすすめると関係性がでてくるのではないかと考えられる。

6. 今後の課題

研究発表において重りの重さによって適切な素材が変化するのではないかとこの助言を頂いたため、重りの重さを変化させ適切な素材を見つける実験も行ってみたい。また、実際のパラシュートに使われている化学繊維の布やミニロケットで使われる紙製のパラシュートなどを実際に入手して実験を行い比較してみたい。

7. 参考文献

- 1) 家電 Watch. (2017). 「手作りおもちゃで外遊び! 投げてふわふわ〜簡単工作「パラシュート」」. <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/lifestyle/1162214.html/> 2023年5月18日
- 2) 第一包装資材株式会社. 「【PE・PP・OPP・CPP】ビニールの包装資材の種類や用途について解説します」. <http://www.no1pac.com/?p=1289/> 2023年5月18日

8. 謝辞

本研究を行うにあたり安藤先生、杉本先生には有益な助言とご指摘をいただきました。ここに謝意を表します。

パラシュートの素材による滞空時間の変化

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

私たちは最初、紙飛行機の滞空時間に注目して研究を行おうと考えた。しかし、滞空時間に注目するならもっと適切な研究対象があるのではと考え、パラシュートを用いて行うことにした。

2. 仮説

現在普及しているパラシュートの素材であるナイロンなどの化学繊維を用いたパラシュートが一番滞空時間が長くなる。中でも質量が小さいものの滞空時間が長くなる。

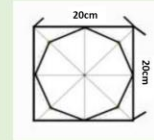


図1 パラシュートの設計

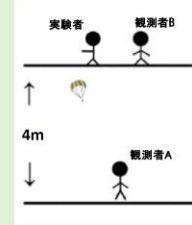


図2 実験方法

3. 方法

【実験1】

1. 実験対象の素材10種類を用いて参考文献(1)を参考に一辺20cmのパラシュートを製作する(図1)
2. 窓などを完全に閉め切った体育館で、約4mの高さから落下させる(図2)
3. 観測者Aと観測者B、実験者の3名が計測しその平均値を結果として30回計測する

【実験2】

1. ナイロン素材4種を用いて参考文献(1)を参考に一辺40cmのパラシュートを製作する
2. 実験1と同様の方法で落下させ計測する

4. 結果

実験1では滞空時間の長さは順に、ナイロン(白、黒、半透明)、セロハンという結果になった。しかし、パラシュートが開かないという場合があったりしたので測定できないことがあった。また、ナイロン素材4種に絞った実験2では順に、HDPE、布、LDPE、OPPという結果になった。そこに質量の関係性は見られなかった。

【実験1】

素材	アルミホイル	セロハン	ポリエチレンシート	ナイロン(白)	ナイロン(半透明)	プチプチ	半紙	画用紙	ペーパータオル	ナイロン(黒)
滞空時間(s)	2.95	3.39	測定不能	3.97	3.46	測定不能	3.22	2.97	2.91	3.87

【実験2】

素材	HDPE (中密度ポリエチレン)	LDPE (高密度ポリエチレン)	レジャーシート	OPP (二軸延伸ポリプロピレン)
質量(g)	4.1	5.0	5.5	5.7
滞空時間(s)	5.85	4.01	4.92	3.67



図3 お椀型に開いたパラシュート



図4 紙類の開き具合

5. 考察

実験1よりナイロン類はパラシュートの傘がお椀型に開いたが(図3)紙類はその形にはならず(図4)元の素材の形を保ちながら落下するという違いがあった。このことから、『形状の変化のしにくさ』が関係しているのではないかと。また、パラシュートの滞空時間に質量は関係しないのではないかと。

6. 今後の課題

ほかにより良い素材がないか探し実験していく。
また、一番滞空時間が長かったHDPEという素材を使って適切な大きさについても調べてみたい。

7. 参考文献

- 1) 家電Watch. (2017). 「手作りおもちゃで外遊び！投げてふわふわ～簡単工作「パラシュート」」
<https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/lifestyle/1162214.html>
- 2) 第一包装資材株式会社. (2021). 「【PE・PP・OPP・CPP】ビニールの包装資材の種類や用途について解説します。」
<http://www.no1pac.com/?p=1289>

渦の発生条件を調べる

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

浴槽の栓を抜いたときに渦ができるのを見て、渦が発生するには条件があるのかと興味を持った。

2. 仮説

ペットボトルに水を入れ、倒立させて水を出すと渦はできず、空気の逆流が見られる。また、倒立させたペットボトルを初めに回転させて水を出すと、水が回転しながら出て、渦ができた。このことから、空気の逆流を防げば、渦ができるという仮説を立てた。

3. ペットボトルを用いた実験

3-1. 方法

直径 3mm の穴を 1, 5, 10 個それぞれのペットボトルに開けると、上からの空気の通り道ができるため、空気の逆流を防がれる。そして、水を入れ、倒立させ回転させずに水を出す。そこでできる渦の形、渦ができるタイミング、水がなくなるまでの時間を記録する。

3-2. 結果

- ・穴があると空気の逆流は見られずスムーズに水が出たが、渦は発生しなかった。
- ・水が容器から無くなるまでの時間は穴の数が多くなるにつれ、短くなった。(表 1)

表 1 穴の数と水がなくなる平均時間

穴の数	平均時間 [s]
0	13.12
1	10.30
3	4.05
5	2.97
10	2.15

3-3. 考察

容器の上からの逆流を防ぐだけでは渦がでないことが分かった。0 個の時でも容器を回転させることで渦ができることと文献¹⁾より、渦ができるためには、逆流を防ぐことよりも、はじめの水の動きが重要であると考えられる。この実験 1 から、水に動きを加えれば、渦ができるという仮説を新たに立てて、新たに実験 2 を行った。

4. 水槽を用いた実験

4-1. 方法

縦 19.0 cm × 横 28.0 cm の水槽の底に直径 5 mm の穴をあける。手で穴を塞いで 5.0 cm の深さまで水を入れ、穴を中心に 10 回かき混ぜた後、1.0 cm の深さになるまで水を出す。できた渦の様子、渦ができるタイミング、水が出ていく時間を記録する。かき混ぜる周期を変えて実験を行い、かき混ぜる周期と渦のでき方の関係を調べる。この実験を各周期で 5 回ずつ行い、渦の様子を観察する。

4-2. 結果

- ・渦はすぐには現れず、しばらくしてから発生した。
- ・渦ができるタイミングとかき混ぜる周期には、関係性が見られなかった。(表 2)

- ・渦は底につながったり、途切れたりした。途切れた回数はかき混ぜる周期が短くなるにつれ、少なくなった。(表3)
- ・かき混ぜたときの水が水槽から出ていく時間は、渦を発生させないときに比べ、わずかに長かった。(表4)

表2 周期と渦が発生するまでの平均時間

周期 [s]	平均 [s]
混ぜない	渦は発生しない
3.0	21.4
2.5	17.2
2.0	19.2
1.5	14.4
1.0	10.8

表2 周期と途切れた回数

周期 [s]	平均 [回]
混ぜない	渦は発生しない
3.0	7.5
2.5	6.2
2.0	5.5
1.5	5.2
1.0	4.0

表4 周期と水がなくなる平均時間

周期 [s]	平均 [s]
混ぜない	168
3.0	173
2.5	173
2.0	171
1.5	173
1.0	181

4-3. 考察

文献²⁾より、かき混ぜたとき遅く水が水槽から出たのは、渦が発生したため1度に出る水の量が少なくなき、水が出るのに時間がかかったということと一致する結果だった。逆に、かき混ぜなかった時に最も早く水が水槽から出たのは、実験1と同様に穴の全面から水が出たためだと考えられる。また、渦が遅れて発生したのは水面の揺れが渦を形成するための円運動を抑えていると考えた。

5. 今後の課題

渦を発生させるために実験2では、円に回転を加えて実験を行ったが、動機にもあるように浴槽にできる渦は力を加えることなく発生するので、渦は容器の底の傾斜や形状、また、穴の大きさなどに関係があるのか調べたい。また、今回の実験では明確な渦の発生条件を調べるには至らなかった。さらに細かく発生条件を調べるために、様々な条件下での実験を行う必要がある。

6. 参考文献

- 1) 一般社団法人 日本機械学会. (2019). 「流体力学部門:流れの読み物」 <https://www.jsme-fed.org/index.html> 2022年6月3日
- 2) 静岡県総合教育センター. (2009). 「排水溝にできる渦巻きの謎」 <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronbunshu/092034.pdf> 2022年6月24日

7. 謝辞

本研究を行うにあたって、内海先生、井上先生、小林先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

渦の発生条件を調べる

3年次理系生徒

動機

浴槽の栓を抜いたときに渦ができるのを見て、渦が発生するには条件があるのかと興味を持った。

実験1 空気の逆流を防げば、渦はできるのか

方法

直径3mmの穴を1、5、10個それぞれ開けた1Lのペットボトルに0.95Lの水を入れ、倒立させて回転させずに水を出す。そしてできる渦の形、渦ができるタイミング、水がなくなるまでの時間を動画を撮り記録する。(図1)



図1 実験1の様子

結果

- ・穴が0個の時は渦はできず空気の逆流が見られた。
- ・1個以上のとき、渦や空気の逆流は見られずスムーズに水が出ただけだった。
- ・水が容器からなくなるまでの時間(表1)は穴の数が多くなるにつれ短くなった。

考察

空気の逆流を防ぐだけでは渦ができないことが分かる。実験結果と文献¹⁾より、渦ができるためには、逆流を防ぐことではなく、はじめの水の動きが重要であり容器の水に動きがある時に渦はできると考えられる。

表1 穴の数と水が容器からなくなるまでの時間の関係

穴の数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
0	13.20	13.18	14.38	12.01	12.79	13.12
1	10.91	10.74	10.04	10.29	9.50	10.30
3	4.07	4.05	4.04	4.02	4.07	4.05
5	3.17	2.94	2.92	2.99	2.84	2.97
10	2.13	2.13	2.23	2.14	2.13	2.15

実験2 水に動きを加えれば、渦はできるのか

方法

縦19.0cm×横28.0cmの水槽の底に直径5mmの穴をあける。穴を塞いで5.0cmの深さまで水を入れ、穴を中心に10回かき混ぜた後、1.0cmの深さになるまで水を出す。できた渦の様子、渦ができるタイミング、水が出ていく時間を記録する。かき混ぜる周期を変えて実験を行い、かき混ぜる周期と渦のでき方の関係を調べる。この実験を5回行い、渦の様子を観察する。(図2)

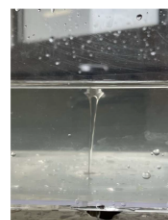


図2 実験2の様子

結果

- ・渦はすぐには現れず、しばらくしてから発生した。
- ・渦ができるタイミングとかき混ぜる周期には、関係性が見られなかった。(表2)
- ・渦は底につながったり、途切れたりした。途切れた回数はかき混ぜる周期が短くなるにつれ、少なくなった。(表3)
- ・かき混ぜたときの水が出ていく時間は、渦を発生させないときに比べ、わずかに長かった。(表4)

表2 周期と渦が発生するまでの平均時間

周期 (s)	平均 (s)
0.0	渦は発生しなかった
1.0	10.8
1.5	14.4
2.0	19.2
2.5	17.2
3.0	21.4

表3 周期と途切れた回数

周期 (s)	平均 (回)
0.0	渦は発生しなかった
1.0	4.0
1.5	5.2
2.0	5.5
2.5	6.2
3.0	7.5

表4 周期と水がなくなる平均時間

周期 (s)	平均 (s)
0.0	168
1.0	181
1.5	173
2.0	171
2.5	173
3.0	173

考察

文献²⁾より、渦が遅れて発生したのは水面の揺れが渦を形成するための円運動を抑えていることと一致する結果だった。また、1周1秒で回した時が最も遅く水が流れたのは、渦が大きいため一度に出る水の量が少なくなり、水が出るのに時間がかかったためだと考えられる。かき混ぜなかったときに最も速く水が流れ出たのは、実験1と同様に穴の全面から水が出るためだと考えた。

今後の課題

渦を発生させるために実験2では、円に回転を加えて検証をしたが、動機にあるように浴槽の渦は力を加えることなく発生するので、渦は容器の底の傾斜、形状、また穴の大きさなどと関係があるのか調べたい。
また、今回の実験では明確な渦の発生条件を調べるには至らなかった。さらに細かく発生条件を調べるために、上記のような実験を行う必要がある。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本機械学会, (2019). 「流体工学部門:流れの読み物」 <https://www.jsme-fed.org/index.html> 2022年6月3日
- 2) 静岡県総合教育センター, (2009). 「排水溝にできる渦巻きの謎」 <https://gakusyuu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/092034.pdf> 2022年6月24日

効率のいい換気のしかた

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

文部科学省の「新型コロナウイルスの感染拡大を防止するための換気の徹底及びその効果的な実施について」という参考文献をみて効率のいい換気の仕方を研究しようと考えた。

2. 仮説

教室の中心に対して点对称な位置の窓を開けた状態で風を送れば、換気の効率は変わらない。また、教室の隅の対角線上の位置の窓を開けると効率よく換気ができる。

3. 方法

教室の高さと窓の大きさの比率が実際の教室と等しい模型を作る。

(図1)そして複数の糸がついた棒を模型の中に三か所通す。開けた窓から扇風機で風を送り、糸の揺れ方を観察する。予備実験で、中庭側の窓を一つだけ開けた場合の糸の揺れ方を観察すると、9番の窓を開けた場合が最も糸が揺れたが、対称の位置である14番の窓を開けた場合と糸の揺れ方が違ったため、その二か所について詳しく実験を行った。【実験1】では9番と14番の窓で糸の揺れ方に違いがあるかを観察する。【実験2】では【実験1】で糸の揺れ方の平均が大きかった窓とその他の窓(廊下側)を一つずつ開けて観察した。



図1. 実験装置

糸の揺れ具合については、揺れていない場合は0、揺れている場合は、0~30度を1、30~60度を2、60~90度を3として4段階で評価した。

4. 結果

【実験1】

表3. 【9】と【14】の窓のみを開けた時の揺れ具合

【9】

あ	1	か	1
い	1	お	2
う	2	え	2

【14】

あ	2	か	2
い	1	お	2
う	1	え	1



図2. 実験装置展開図

【実験2】

表4. 【9】と壁際の窓を開けた時の揺れ具合

【1】		【2】	
あ	0	え	1
い	1	お	2
う	3	か	3

【6】		【7】	
あ	2	え	3
い	2	お	1
う	2	か	1

5. 考察

窓を二つ開ける場合、対角線にすると教室の広い範囲に風が行き渡り、効率よく喚起できる。ただし、対角線上の端同士の窓を開けるよりも、対角線上から少し内側に位置する場所の窓を開けると風通しがいい。

6. 今後の課題

糸の動きの大きさを目視で判断しているため、今回の結果は必ずしも確実な結果とはいえない。よって確実なデータを得ることが出来るよう、複数回実験を行い、平均値をとって正確な数値を出したい。

7. 参考文献

- 1) 文部科学省, (2022), 「新型コロナウイルスの感染拡大を防止するための換気の徹底及びその効果的な実施について」. <https://www.gakkohoken.jp/kenkonews/archives/32>. 2022年7月2日
- 2) 田辺新一, (2021), 新型コロナウイルス感染症における換気の重要性. https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_projects/_page_/001/020/461/68/20211021_09.pdf 2022年7月2日
- 3) 新型コロナウイルス感染症対策分析会, (2022), 感染症拡大防止のための効果的な換気について. <https://www.oas.go.jp/jp/seisaku/ful/taisakuisin/bunkakai/dai17/kamkiteigen.pdf> 2022年7月2日
- 4) 日本建築学会 環境工学委員会 空気環境運営委員会, (2022). 換気・通風による感染対策. <https://www.aii.or.jp/ipn/symposium/2022/WGhoukoku.pdf> 2022年7月2日

8. 謝辞

この度は約1年半に渡って内海先生、井上先生、小林先生の助言、またはサポートにより研究を行うことが出来ました。ありがとうございました。

効率のいい換気のしかた

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

文部科学省の「新型コロナウイルスの感染拡大を防止するための換気の徹底およびその効果的な実施について」という文献¹⁾を見て、効率の良い換気の仕方を研究しようと考えた。

2. 仮説

- いくつかの文献²⁾³⁾⁴⁾を見て、以下の仮説を考えた
- ・ 点対称な位置の窓では糸の揺れ方は等しい。
 - ・ 教室の隅を対角線上に開けると効率よく換気ができる



図1. 実験装置

3. 方法

- ①段ボールで窓の開閉のできる模型を作成した (図1、2)
 - ②風の通りが分かるように、模型の中に複数の糸がついた棒を通し、模型に3か所に取り付けた
 - ③窓の開け方を変え、ハンディファンで模型の中に風を送り、糸の揺れ具合を観察した
- また、これまでの研究で、ひとつずつ窓を開けて実験を行ったところ、【9】の窓を開けたとき最も換気効率が良かった

【実験1】9番と14番の窓で糸の揺れ方に違いがあるかを観察する

【実験2】実験1で糸の平均の揺れが最も大きかった窓と、そのほかの窓(廊下側)を一つずつ開けて観察した

4. 結果

【実験1】

【9】		【14】	
あ	1	か	1
い	1	お	2
う	2	え	2

図3. 【9】と【14】の窓のみを開けた時の揺れ具合

揺れ具合
 0...揺れていない
 1...0度~30度
 2...30度~60度
 3...60度~90度



図2. 実験装置の展開図

【実験2】

【1】		【2】		【6】		【7】	
あ	0	え	1	あ	2	え	3
い	1	お	2	い	2	お	1
う	3	か	3	う	2	か	1

図4. 【9】と壁際の窓を開けた時の揺れ具合

5. 考察

窓を二つ開ける場合、対角線にすると教室の広い範囲に風が行き渡り、効率よく換気できる。ただし、対角線上の端同士の窓を開けるよりも、対角線上から少し内側に位置する場所の窓を開けると風通しが良い。

6. 今後の課題

糸の動きの大きさを目視で判断しているため、今回の結果は必ずしも確実な結果とはいえない。よって確実なデータを得ることができるよう、複数回実験を行い、平均値をとって正確な数値を出したい。

7. 参考文献

- (1) 文部科学省. (2022). 「新型コロナウイルスの感染拡大を防止するための換気の徹底及びその効果的な実施について」
<https://www.gakkohoken.jp/kenkonews/archives/32>. 2022年7月2日
- (2) 田辺新一. (2021). 新型コロナウイルス感染症における換気的重要性
https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/res/projects/default_project/_page/001/020/461/68/20211021_09.pdf
 . 2022年7月2日
- (3) 新型コロナウイルス感染症対策分析会. (2022). 感染拡大防止のための効果的な換気について
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/ful/taisakuisin/bunkakai/dail7/kanki_teigen.pdf
 . 2022年7月2日
- (4) 日本建築学会 環境工学委員会 空気環境運営委員会. (2022). 換気・通風による感染対策WG
<http://www.aji.or.jp/jpn/symposium/2022/WGhoukoku.pdf>
 . 2022年7月2日

水切りの最適な投げ方

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

水切りをする際にどのような投げ方をすれば石の跳ねる回数が増え、一番よく飛ぶのかに興味を持ちこの研究を進めた。最適な入射角度や回転数等を模索して、水切りをする際により遠くに飛ばすことを目的とする。

2. 仮説

水切りをする際、石を横から手首を使って投げることから石の入射角度と回転の多さが石の跳ねる回数に関係しているのではないかと考えた。そこで先行研究^{1) 2)}を参考にして、最適な石の入射角度と回転数について、入射角度は30度、回転数はより多い方が飛びやすいという仮説を立てた。

3. 方法

石の入射角度と回転の多さのそれぞれについて実験を行った。

実験1：石の入射角度についての実験

- ・水を張った水槽と石に見立てた10円玉、実験装置を準備する。
- ・水槽に向かって一定の入射角度で10円玉を装置から射出する。
- ・その時に10円玉が跳ねた回数を記録する。
- ・これを10回繰り返し、その平均を取る。(表1)

実験2：石の回転の多さについての実験

- ・水を張った水槽と石に見立てた物体、実験装置を準備する。
- ・水槽に向かって物体を回転している状態と無回転の状態から射出する。
- ・物体が跳ねた回数をそれぞれ記録する。
- ・これを10回繰り返し、その平均を取る。

4. 結果

実験1

一番10円玉が跳ねた回数が多かったのは10円玉の入射角度が約15~20度の時で、跳ねた平均回数は3回という結果だった。また、入射角度を30度以上にすると10円玉が跳ねることはなかった。

実験2

物体が回転している状態では平均回数4回、無回転の状態では平均回数3回跳ねた。また、回転をかけた物体は無回転の物体よりも飛距離が長くなり、水槽の長さを越えてしまったため、実際の記録以上に多く跳ねることが予想される。このことから回転を多くかけた方が跳ねる回数が多いことが分かる。

入射角度 (度)	平均回数 (回)
5	2
10	2
15	3
20	3
25	1
30	0
35	0

5. 考察

このような結果になったのは以下のような要因が考えられる。

まず、実験1の結果について10円玉と水面の関係から考察を進めた。入射角度が大きい時より小

さい時のほうが10円玉が水面に与える力が小さい。その時、10円玉が水面に与える力より、水面が10円玉を押し返す力のほうが大きければ10円玉は跳ねやすいのではないかと考えた。このため、実験1では10円玉の入射角度が小さい時のほうが10円玉の跳ねる回数が多かったと考えた。

実験2の結果で、回転させた物体が無回転の状態の物体より飛距離が伸び、跳ねる回数が多くなったことについては、ジャイロ効果が要因ではないかと考えた。物体に回転をかけるとジャイロ効果という現象が起こる。ジャイロ効果とは、物体が自転運動をすると姿勢が安定するという現象のことを指す。実験2では、そのジャイロ効果によって石に見立てた物体の軌道や姿勢が安定したことで水槽の長さを越えるほど飛距離が伸び、跳ねる回数が多くなったのではないかと考えた。

以上のことから、石の入射角度を15~20度に保ちより多くの回転をかけて投げると石の跳ねる回数をより多くすることができると考えた。

6. 今後の課題

今回は石の入射角度と回転の多さのそれぞれについて調べたが、この二つの条件の相互関係についても調べたい。

7. 参考文献

- 1) 矢部孝 (2001) 「水切り現象のシミュレーションと実験」『計算力学講演会講演論文集』14(0)685-686
- 2) 千野実 (2004) 「連続的な水切り現象のシミュレーション」『計算力学講演会講演論文集』17(0)685-686

8. 謝辞

森川先生、糸谷先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

水切りの最適な投げ方

3 年次理系生徒

研究目的と動機

水切りをする際にどのような投げ方をすれば石の跳ねる回数が増え、一番よく飛ぶのかに興味を持ちこの研究を進めた。最適な入射角度や回転数等を模索して、水切りをする際により遠くに飛ばすことを目的とする。

仮説

水切りをする際、石を横から手首を使って投げることから石の入射角度と回転の多さが関係しているのではないかと考えた。

- 石の入射角度…30度
- 回転数…より多いほうが飛びやすい

実験1

方法

1. 水槽と10円玉を準備する。
2. 水槽に向かって一定の入射角度で10円玉を装置から射出する。
3. その時に10円玉が跳ねた回数を記録する。
4. これを10回繰り返し、その平均を取る。

実験2

方法

1. 水槽と石に見立てた物体、実験装置を準備する。
2. 水槽に向かって物体を回転している状態と無回転の状態とで装置から射出する。
3. 物体が跳ねた回数をそれぞれ記録する。
4. これを10回繰り返し、その平均を取る。

結果

一番よく跳ねたのは入射角度が約15～20度の時であり平均回数3回であった。また、入射角度を30度以上になると石が跳ねることはなかった。下の表1が実験の結果で、図1は石の跳ねる仕組みを表したものである。

表1. 入射角度と跳ねた平均回数

入射角度 (度)	平均回数 (回)
5	2
10	2
15	3
20	3
25	1
30	0
35	0

結果

回転している状態で平均回数4回、無回転の状態では平均回数3回跳ねた。また、回転をかけた物体は無回転の物体より飛距離が長く、水槽の長さを越えてしまったため、実際の記録以上に跳ねることが予想される。このことから回転を多くかけた方がよく跳ねることが分かる。

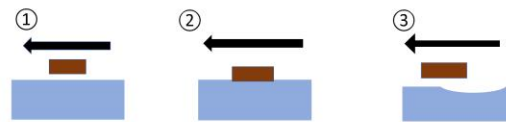


図1. 水切りの跳ねる仕組み

実験の様子



考察

このような結果になったのには以下のような要因が考えられる。

- 入射角度が大きい時より小さい時のほうが10円玉が水面に与える力が小さい。その時、10円玉が水面に与える力より、水面が10円玉を押し返す力のほうが大きければ10円玉は跳ねやすいのではないかと考える。
- 回転をかけるとジャイロ効果という現象が起こる。ジャイロ効果とは、物体が自転運動をすると姿勢が安定するという現象のことを指す。そのジャイロ効果によって石の軌道や姿勢が安定しより遠くに飛ぶのではないかと考える。

以上のことから入射角度を15～20度に保ちより多くの回転をかけて投げるとより遠くに石を飛ばすことができる。

参考文献

- (1) 矢部孝 (2001) 「水切り現象のシミュレーションと実験」『計算力学講演会講演論文集』14(0)685-686
- (2) 千野実 (2004) 「連続的な水切り現象のシミュレーション」『計算力学講演会講演論文集』17(0)685-686

跳ねる回数が多くなる水切り石の重さと表面積の比

3年次理系生徒

キーワード

- ・ 表面積と重さの比
- ・ 水面と接触する際の抵抗

1. 研究の動機と目的

動機は水切りをする際に、数多く石が水面で跳ねている様子に憧れがあり、コツがあるのならば研究をして解明したいと考えたこと。目的は川で水切りをする際に、石が水面で跳ねる回数を増やす方法を明らかにすること。

2. 仮説

中間発表を通して、水切り石の跳ねる回数を多くするためには、重さのみではなく、水面と接触する石の表面積と重さの比に何らかの関係があるのではないかと考えた。また、先行研究より、丸みを帯びた石の方が跳ねる回数が多くなる確率が高いということが分かっていることから、水面との接触面の形は円が良いと考え、最も跳ねる回数の多い円の表面積と重さの比を求めることが出来れば、実際に川で水切りをする際に、役立てることができるのではないかと考えた。

3. 方法

実験1では、水槽に見立てたもの(図1)に水を張り、写真の○印から矢印の方向に向かって、指で硬貨をはじいた。用いた硬貨は、1円玉、10円玉、100円玉、500円玉の4種類であり、同一人物がそれぞれ100回ずつ行った。

実験2では、実験1の硬貨の代わりに、円形のプラスチック板の上に、重りとして10円玉を乗せたものを投げた。また、プラスチック板の円の表面積と乗せる10円玉の枚数を変えて実験を行った。実験1と同様に、同一人物がそれぞれ100回ずつ投げた。

図1 実験に用いた水槽の写真



4. 結果

表1. 実験1の平均回数

1円玉	10円玉	100円玉	500円玉
1.375	2.846	2.250	1.500

表2. 実験2の平均回数

	1枚	2枚	3枚	4枚
9π (r=3)	2.341	2.498	2.360	1.899
16π (r=4)	2.571	2.840	3.055	2.930
25π (r=5)	2.495	2.803	3.101	3.356

実験1では、10円玉をはじいたときが最も跳ねる回数が多く、1円玉をはじいたときが最も跳ねる回数が少なかった。

実験2では、10円玉1枚の重さは4.5gとして考えると、表面積が9π cm²のとき重りの重さが9.0g、16π cm²のとき13.5g、25π cm²のとき18.0gとなるときにそれぞれ最も跳ねる回数が多くなった。また、表面積だけに着目してみると、25π cm²のときが全体的に平均回数が多くなった。反対に、枚数だけに着目してみると、枚数が1枚の時は軽すぎて、跳ねる回数が全体的に少なかった。

5. 考察

実験1から、1円玉のように重さが軽すぎたり、500円玉のように重すぎたりしてしまうと跳ねる回数を多くすることは難しいと考えられる。

実験2から、π=3.14として計算すると、重さ:表面積=1:3.14 (r=3)、1:3.72 (r=4)、1:4.36 (r=5)の比になるという計算結果が出た。しかし、3つの比の誤差が大きく、一定の関係を見出すことが出来なかったため、はっきりと正確な比を出すことは難しい。

また、表面積が25π cm²のときが一番跳ねる回数が多くなったことから、水面と接触した際の抵抗に耐えるために、ある程度の表面積は必要であると考えられる。さらに、重さが軽すぎると跳ねる回数が少なかったことも考慮すると、小さく軽い石だと、跳ねる回数を多くすることは難しいと思われる。

6. 今後の課題

重さと表面積の正確な比を求めることが出来なかった。そこで、石の密度が関係しているのではないかという意見もあったことから、密度について調べることができれば、跳ねる回数を増やすために必要な要素を見つけることができるのではないかと考える。

7. 参考文献

- 1) 永弘進一郎 (2009) 「石の水切り」の物理 『日本物理学誌』, 763-767
- 2) 京都府立洛北高校サイエンス部物理班 (2017) 「水切りの謎に迫る」

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、上田先生には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

跳ねる回数が増える水切り石の重さと表面積の比

3年次理系生徒

キーワード

- ・ 表面積と重さの比
- ・ 水面と接触する際の抵抗

1. 研究の動機と目的

動機: 水切りをする際に、数多く石が水面で跳ねている様子が憧れがあり、コツがあるのならば研究をして解明したいと考えたため。

目的: 川で水切りをする際に、石が水面で跳ねる回数を増やす方法を明らかにすること。

2. 仮説

中間発表を通して、水切り石の跳ねる回数を多くするためには、重さのみではなく、水面と接触する石の表面積と重さの比に何らかの関係があるのではないかと考えた。また、先行研究より、丸みを帯びた石の方が跳ねる回数が増える確率が高いということが分かっていることから、水面との接触面の形は円が良いと考え、最も跳ねる回数の多い円の表面積と重さの比を求めることが出来れば、実際に川で水切りをする際に、役立てることができるとはならないかと考えた。

3. 方法

実験1: 水槽に見立てたもの(図1)に水を張り、写真の○印から矢印の方向に向かって、指で硬貨をはじいた。用いた硬貨は、1円玉、10円玉、100円玉、500円玉の4種類であり、同一人物がそれぞれ100回ずつ行った。

実験2: 実験1の硬貨の代わりに、円形のプラスチック板の上に、重りとして10円玉を乗せたものを投げた。また、プラスチック板の円の表面積と乗せる10円玉の枚数を変えて実験を行った。実験1と同様に、同一人物がそれぞれ100回ずつ投げた。



図1 実験に用いた水槽の写真

4. 結果

表1. 実験1の平均回数

1円玉	10円玉	100円玉	500円玉
1.375	2.846	2.250	1.500

表2. 実験2の平均回数

10円玉の枚数	1枚	2枚	3枚	4枚
9π (r=3)	2.341	2.498	2.360	1.899
16π (r=4)	2.571	2.840	3.055	2.930
25π (r=5)	2.495	2.803	3.101	3.356

- ・ 実験1では、10円玉をはじいたときに最も跳ねる回数が多く、1円玉をはじいたときに最も跳ねる回数が少なかった。
- ・ 実験2では、10円玉1枚の重さは4.5gとして考えると、表面積が9π cm²のとき重りの重さが9.0g、16π cm²のとき13.5g、25π cm²のとき18.0gとなるとときにそれぞれ最も跳ねる回数が増えた。また、表面積だけに着目してみると、25π cm²のときに全体的に平均回数が多くなった。反対に、枚数だけに着目してみると、枚数が1枚の時は軽すぎて、跳ねる回数が全体的に少なかった。

5. 考察

実験1から、1円玉のように重さが軽すぎたり、500円玉のように重すぎたりしてしまうと跳ねる回数を多くすることは難しいと考えられる。

実験2から、 $\pi=3.14$ として計算すると、重さ:表面積=1:3.14(r=3)、1:3.72(r=4)、1:4.36(r=5)の比になるという計算結果が出た。しかし、3つの比の誤差が大きく、一定の関係を見出すことが出来なかったため、はっきりと正確な比を出すことは難しい。また、表面積が25π cm²のときが一番跳ねる回数が増えたことから、水面と接触した際の抵抗に耐えるために、ある程度の表面積は必要であると考えられる。さらに、重さが軽すぎると跳ねる回数が少なかったことも考慮すると、小さく軽い石だと、跳ねる回数を多くすることは難しいと思われる。

6. 今後の課題

重さと表面積の正確な比を求めることが出来なかった。そこで、石の密度が関係しているのではないかとこの意見もあったことから、密度について調べることができれば、跳ねる回数を増やすために必要な要素を見つけることができるのではないかと考える。

7. 参考文献

- ・ 永弘進一郎 (2009) 「「石の水切り」の物理」 『日本物理学誌』, 763-767
- ・ 京都府立洛北高校サイエンス部物理班 (2017) 「水切りの謎に迫る」

ペーパーグライダーの主翼面積による滞空時間の変化

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

筆者らは、ペーパーグライダーの主翼面積を変えることで、滞空時間にどのような違いが生まれるのか疑問に思った。そこで、滞空時間が1番長くなる主翼面積を調べることを目的とし、実験を行った。

2. 仮説

①主翼面積と滞空時間の関係

→面積を大きくすると滞空時間は増加するが、ある面積で減少する。

②機体重量と滞空時間の関係

→機体重量を大きくすると、滞空時間は減少していく。

3. 方法

まず以下の二つの実験を行った。

実験1：主翼面積のみを変化させ、機体の重心位置と翼・胴体の形状をそろえたペーパーグライダーを複数用意し、滑空させて滞空時間を計測し、平均値を記録する。

実験2：重心位置や形状だけでなく、主翼面積を実験1で滞空時間最長記録にそろえ、胴体の肉抜き等をして重量のみを実験1の各機体にそろえた機体を用意し、実験1と同様に計測する。

次に、以下の【まとめ】を行った。

【まとめ】上記の実験1、2の結果を踏まえ、ペーパーグライダーの主翼面積と滞空時間の、重量による影響をある程度無視できる関係の算出を以下の2種類の方法で試みた。

①実験2で最も長い時間滞空した機体と他の機体の滞空時間の差を、実験1のそれぞれの機体の滞空時間から引く。

②実験2で最も長い時間滞空した機体と他の機体の滞空時間の比を、実験1のそれぞれの機体の滞空時間から割る。

4. 結果

実験1：製作した9機のうち主翼面積の大きい3機は、滑空することなく墜落した。残りの6機では、主翼面積が大きいほど滞空時間が長い傾向にあったが、主翼面積が最大の機体は主翼面積が2番目の機体よりは滞空時間が伸びなかった。

実験2：6機のうち実験1での1番機体重量が軽い機体が1番滞空時間が長くなり、それ以降は機体重量が重くなるにつれて滞空時間が長くなった。

【まとめ】実験1、2の結果から、上記①、②の方法で主翼面積と滞空時間の関係を求めたところ、いずれの求め方でも全長20cmの機体では65cm³前後の機体が滞空時間が長くなり、約30cm³を下回ると極端に滞空時間が短くなった。

5. 考察

実験1：主翼が小さい機体は揚力の不足、大きい機体は重量過多によって滞空時間が短くなったり、滑空せずに墜落したりする。

実験2：最軽の機体は例外的に滞空時間が長くなった。これはこの機体のみ上下運動を繰り返しながら滑空したためであることと関係しているのではないかと考えた。その他の機体は重量の増加に伴い滞空時間も増したので、重量と滞空時間に正の相関があるのではないかと考察した。

【まとめ】主翼による重量の変化を無視した場合、主翼面積を大きくするほど滞空時間は長くなるが、実際は主翼面積を大きくするにつれて重量も大きくなるので、主翼を大きくすると無限に滞空時間が長くなるわけではない。胴体全長20cmの機体の場合、65cm³前後で滞空時間が長くなる。

6. 今後の課題

今回の研究の反省点として、実験に使用した機体の個数が少ない点、機体の精度が個体によってどうしても変化してしまう点があげられる。製作技術を向上させ、これらの問題を解決するべきだった。

7. 参考文献

1) 二宮康明(2015).WEB版『航空と文化』 二宮康明 「日本で生まれ育った高性能紙飛行機」 <http://www.aero.or.jp/web-koku-to-bunka/2015-02/2015-02.html>

2) (2014).「ペーパープレインの主翼形状及び上反角と滞空時間の関係に関する研究」.平成25年度 恵那高等学校 課題研究 サイエンスリサーチⅢ 論文, 25-1-6, <https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H25ssh/sc3/31303.pdf>

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、杉本先生、安藤先生には多大なる協力を頂いた。ここに記して謝意を示す。

ペーパーグライダーの主翼面積の違いによる滞空時間の変化

3年次理系生徒

動機

ペーパーグライダーの主翼面積を変えることで、滞空時間にどのような違いが生まれるのか疑問に思った。そこで、滞空時間が1番長くなる主翼面積を調べることが目的とし、実験を行った。

仮説

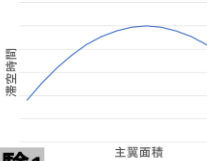
①主翼面積と滞空時間の関係

→面積を大きくすると滞空時間は増加するが、ある面積で減少する。

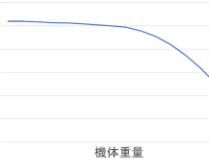
②機体重量と滞空時間の関係

→機体重量を大きくすると、滞空時間は減少していく。

主翼面積と滞空時間の関係



機体重量と滞空時間の関係



実験1

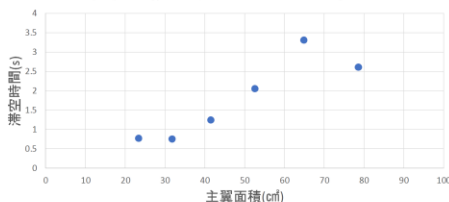
方法

主翼面積のみを変化させ、機体の重心位置と翼・胴体の形状をそろえたペーパーグライダーを用意し、滑空させて滞空時間を計測し、平均値を記録する。



結果

主翼面積と滞空時間の関係



製作した9機のうち主翼面積の大きい3機は、滑空することなく墜落した。残りの6機では、主翼面積が大きいほど滞空時間が長い傾向にあったが、最大の機体は2番目の機体よりは滞空時間が伸びなかった。

考察

主翼が小さい機体は揚力の不足、大きい機体は重量過多によって滞空時間が短くなったり、滑空せずに墜落したりする。

今回の探究での反省点

反省点として、実験に使用した機体が少ない点、機体の精度が個体によってどうしても変化してしまう点があげられる。製作技術を向上させ、これらの問題を解決するべきだった

参考文献

- <http://www.aero.or.jp/web-koku-to-bunka/2015-02/2015-02.html> WEB版『航空と文化』 二宮康明 「日本で生まれ育った高性能紙飛行機」(aero.or.jp)
- <https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H25ssh/sc3/31303.pdf> ペーパープレインの主翼形状及び上反角と滞空時間の関係に関する研究

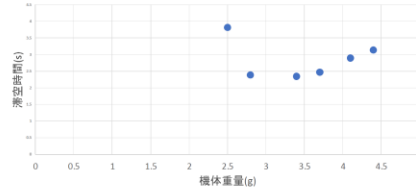
実験2

方法

重心位置や形状だけでなく、主翼面積を実験1で滞空時間最長記録にそろえ、胴体の肉抜き等をして重量のみを実験1の各機体にそろえた機体を用意し、実験1と同様に計測する。

結果

機体重量と滞空時間の関係

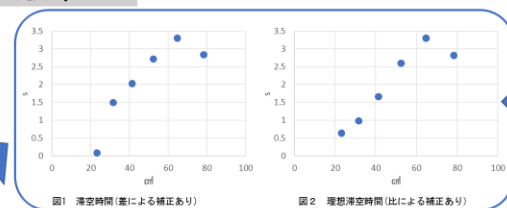


6機のうち実験1での1番機体重量が軽い機体が1番滞空時間が長くなり、それ以降は機体重量が重くなるにつれて滞空時間が長くなった。

考察

最軽の機体が例外的に滞空時間が長くなったのはこの機体のみ上下運動を繰り返しながら滑空したためである。その他の機体は重量の増加と滞空時間に正の相関があるのではないかと考察した。

実験1,2より



実験1,2の結果から主翼面積の違いによる滞空時間の変化を求めるため、差による結果(図1)と比による結果(図2)を求めた。いずれの求め方でも全長20cmの機体では65cm前後の機体が滞空時間が長くなり、約30cmを下回ると極端に滞空時間が短くなった。

考察

主翼による重量の変化を無視した場合、主翼面積を大きくするほど滞空時間は長くなるが、主翼面積を大きくするにつれて重量も大きくなるので、主翼を大きくすると無限に滞空時間が長くなるわけではない。胴体全長20cmの機体の場合、65cm前後で滞空時間が長くなる。

多角柱の角の数と耐えられる重量の関係

3年次理系生徒

キーワード

今回の研究において、円を無限多角形と定義する。

1. 研究の動機と目的

2年次ではハニカム構造の一边の長さに着目して探究を行い、一边の長さが短いほど耐久力が大きくなるという結果が出たが、紙の密度の影響でハニカム構造と辺の長さに関係があるとは言えなかったため、角の数に着目することにした。

2. 仮説

角の数が増えれば増えるほど耐久力は上がるが、無限多角形と言われる円柱が最も耐久力が高いわけではない。

3. 方法

- ・密度などの差を減らすために多角柱単体が耐えられる重量を調べる。
- ・縦5cm、横12.5cmの画用紙で四、六、十二角柱、円柱を作り、その上に下敷きを置き、下敷きの上に重りを乗せる。
- ・崩れた時の重りの重さを測定する。ここで崩れたとは、重りが落ちた時のことを指す。

4. 結果

表1 実験結果（単位：g）

四角柱	2031	2322	2611	2865	2866	2870	3260	3365
六角柱	2578	3687	3774	3882	3882	4066	4217	4459
十二角柱	4041	4600	4609	4906	5292	5864	6038	6099
円柱	5275	5583	5945	6609	6609	6727	6846	8223

(g)

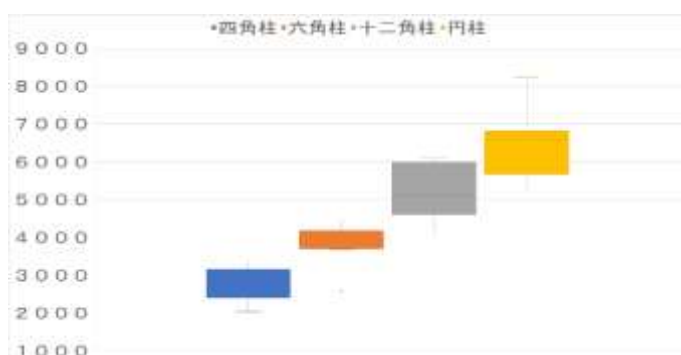


図1 実験結果の箱ひげ図

- ・仮説通り角が増えると耐えられる重量が大きくなった。
- ・仮説と違い円柱が一番耐えられる重量が大きかった。

- ・崩れる時は、少し揺れてから崩れるか、構造の向きが変わって崩れるかのどちらかだった。

5. 考察

角の数が増えると、一つの角にかかる重さが小さくなるので大きな重量に耐えられたと考えた。

仮説では当初、辺の数があれば耐えられる重量が大きくなると考え、円柱は辺が一つの構造だと考えていたため、円柱は最も耐久力が高い構造でないとしていたが、角柱の耐えられる重量は角の数に関係しているため、仮説と異なる結果になったと考えた。

2年次の研究や今回の研究から、構造の耐久力は構造の密度や力を受ける角の数に関係していると考えられる。

6. 今後の課題

- ・より正確な結果を出すために実験数を増やす。
- ・ハニカム構造に近づけるために角柱を組み合わせたものを作って実験する。

7. 参考文献

1) ハニカムコアの特徴 新日本フエザーコア株式会社

<https://www.snfc core.co.jp/merit/> 2023年1月17日

2) 強度抜群の「ハニカム」構造とは？航空機にも使用される7つのメリット 佳秀工業株式会社

<https://kasyu-kogyo.com/2019/04/27/honeycomb/> 2023年1月17日

3) 構造による紙の強度の変化 磐田市立神明中学校 1年 上川 誉斗

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h28/162097.pdf> 2023年6月13日

4) 正n角形の強度を知ろう 愛知エースネット

<https://toyotanishi-h.aichi-c.ed.jp/education/ssh/H29/happyo/3-9.pdf> 2023年6月13日

8. 謝辞

本研究において、小橋先生、森本先生からの有益な助言をいただいたのでここに感謝を称する。

多角柱の角の数と耐えられる重量の関係

3 年次理系生徒

動機と目的

今までの研究ではハニカム構造の一辺の長さに着目してきたので、六角形以外の角形ではどうなるのか調べたいと思ったから

仮説

角の数が増えれば増えるほど耐えられる重量は大きくなる
しかし無限多角形と言われる円が最も大きくなるわけではない

実験方法

密度などの差を減らすために多角中単体が耐えられる重量を調べる
縦5cm横12.5cmの画用紙を四、六、十二角柱、円柱に折り重りを乗せる
表1 実験結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目
四角柱	2031	2322	3365	2865	2870	2611	3260	2866
六角柱	3774	4217	3882	4066	4459	3882	3687	2578
十二角柱	5292	4041	6099	5864	4609	4600	6038	4906
円柱	6727	8223	6609	5275	5583	6846	5945	6609



写真1
(g)



写真2



写真3



写真4

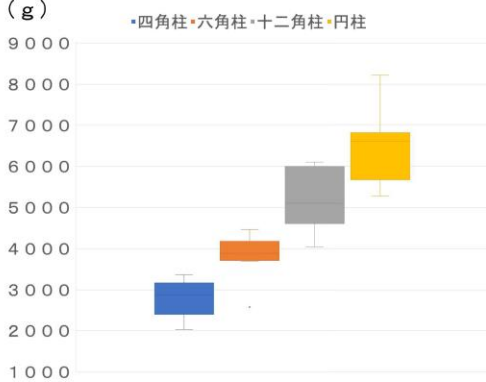


図1 実験結果の箱ひげ図

結果

- 仮説通り、角が増えると耐えられる重量が大きくなる
- 仮説と違い円柱が最も耐えられる重量が大きかった
- 崩れる時は、少し揺れてから崩れるか、構造の向きが変わって潰れるかのどちらかだった

考察

- 角の数が増え、円に近くなるほど一つの角にかかる重さが小さくなるので大きな重量に耐えられたと考えた
- 今までの研究や今回の研究から、構造の耐久力は密度や力を受ける角の数に関係していると考えられる

今後の課題

- より正確な結果を出すために実験数を増やす
- ハニカム構造に近づけるために角柱を組み合わせたものを作って実験する

参考文献

- <https://www.snfc core.co.jp/merit/>
- <https://kasyu-kogyo.com/2019/04/27/honeycomb/>
- <https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2021/11/3388c14c43deabc1b06ac662102a15b4.pdf>
- <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h28/162097.pdf>
- <https://mechanical-systems-sharing-ph.hatenablog.com/entry/2021/06/25/070000>

防音をするために最も適した材質は？

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

コロナ禍になって自宅で過ごす機会が増えてきた中で、騒音トラブルがこれまでよりも多くなっているというニュースを見た。私達も自分の部屋でゲームやテレビ、楽器などを使用する際に音漏れや騒音にならないかなどを気にしていたので、高価な防音専用の素材を使わずに比較的安価な素材で防音ができないかと考えて本研究を進めた。今回は大きな音に対してでも防音できる素材を防音効果が高い素材とした。

2. 仮説

参考文献より、スポンジ、段ボール、気泡緩衝材、フェルト、壁面用のクッションシート、などが防音材として有効である。そして、私たちは衝撃を吸収することと、音を吸収することが似ているのではないのかと考え、選んだ素材の中で最も衝撃を吸収することに長けているスポンジが最も防音に効果的であると考えた。

3. 方法

(実験 1)

段ボールの内側 6 面全面に厚さ 2cm に統一した 5 種類の素材（スポンジ、段ボール、クッションシート、フェルト、気泡緩衝材）を貼り付けた。(写真 1) 段ボール内部に音源を置き 50~100 dB の音の大きさを 5 dB 刻みで大きくしていきながら音を鳴らし、段ボールから 15cm 離れた所に置いた騒音測定器で音の大きさを測定した。



(写真 1) 実験装置

(実験 2)

段ボールの内側全面にそれぞれ段ボールで挟まれた、厚さ 2cm のスポンジ 1 枚、同じものを 2 枚重ねて 4cm にしたもの、重ねて 4cm にしたものを 2cm まで圧縮したものを貼り付けて比較を行った。段ボール内部で鳴らす音の大きさは 70 dB に統一し、段ボールから 15cm 離れた所に置いた騒音測定器で音の大きさを測定した。

4. 結果

仮説のとおり今回用意した 5 つの素材の中では、スポンジに最も高い防音効果がみられた。(表 1) また、スポンジを圧縮していき体積を小さくするにつれて測定値が小さくなった。(表 2)

素材	効果が見られなくなった数値(dB)
スポンジ	85
気泡緩衝材	60
クッションシート	65
フェルト	70
段ボール	60

表1 (実験1)

スポンジの枚数と厚さ	測定値(dB)
スポンジ1枚 (厚さ2cm)	60
スポンジ2枚 (厚さ4cm)	54
スポンジ2枚 (厚さ2cm)	51

表2 (実験2)

5. 考察

スポンジが最も防音することが出来たのは、スポンジには空洞が多く、それぞれの空洞で音エネルギーを吸収することができ、音を小さくすることが出来るからだと考えた。また、スポンジを重ねて圧縮すると防音効果が高まったことから、圧縮することでスポンジの密度が大きくなり、スポンジの空洞の間隔が狭くなったことによって測定値が小さくなったと考えた。

6. 今後の課題

今回の実験は、素材、音源の大きさ、素材の密度を変化させてどの素材でどの条件のときに最も防音するのかということを調べたが、今後は防音する素材から音源までの距離と防音の効果にどのような関係性があるのかを調べたい。

7. 参考文献

- 1) (2021). 自作方法や安い防音材が売っている場所も！ | Cuty 【100均で買える防音アイテム13選】 <https://cuty.jp/119720>
- 2) (2021). ホームセンターで手に入る防音材とその特徴 | 100均・通販情報も | たむすぎたー <https://www.tamusguitar.com/2018/07/diy-store-sound.html>

防音をするために最も適した材質は？

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

コロナ禍になって自宅で過ごす機会が増えてきた中で、騒音トラブルがこれまでよりも多くなっているというニュースを見た。私達も自分の部屋でゲームやテレビ、楽器などを使用する際に音漏れや騒音にならないかなどを気にしていたので、高価な防音専用の素材を使わずに比較的安価な素材で防音ができないかと考えて本研究を進めた。今回は大きな音に対してでも防音できる素材を防音効果が高い素材とした。

2. 仮説

参考文献より、スポンジ、段ボール、気泡緩衝材、フェルト、壁面用のクッションシートなどが防音材として有効である。そして、私たちはその中でも衝撃を吸収することのできるスポンジが最も効果的であると考えた。

3. 方法

(実験1)

段ボールの内側全面に厚さ2cmに統一した5種類の素材(スポンジ、段ボール、クッションシート、フェルト、気泡緩衝材)を貼り付けた。段ボール内部に音源を置き50~100dBの間を5dB刻みで音を鳴らし、15cm離れた所に置いた騒音測定器で測定した(写真1)。

(実験2)

段ボールの内側全面にそれぞれ段ボールで挟まれた、厚さ2cmのスポンジ1枚、同じものを2枚重ねて4cmにしたもの、重ねて4cmにしたものを2cmまで圧縮したものを貼り付けた。段ボール内部に音源を置き70dBで音を鳴らし、15cm離れた所に置いた騒音測定器で測定した。

4. 結果

仮説のとおりスポンジが最も防音することができた。(表1)また、スポンジを圧縮して体積を小さくするにつれて数値が小さくなった。(表2)

5. 考察

スポンジが最も防音することが出来たのは、スポンジの空洞が多いことでそれぞれの空洞で音エネルギーを吸収することができ、音を小さくすることが出来たと考えた。また、スポンジを重ねて圧縮すると防音効果が高まったことから、圧縮することでスポンジの密度が大きくなり、スポンジの空洞の間隔が狭くなったことによって測定値が小さくなったと考えた。

6. 今後の課題

今回の実験は、素材、音源の大きさ、素材の密度を変化させてどの素材でどの条件のときが最も防音するのかということ調べたが、今後は防音する素材から音源までの距離と防音の効果にどのような関係性があるのかを調べたい。

7. 参考文献

- 【100均で買える防音アイテム13選】
<https://cuty.jp/119720>
- ホームセンターで手に入る防音材とその特徴
<https://www.tamusguitar.com>



(写真1) ↑

素材	効果が見られなくなった音源の値(dB)
スポンジ	85
気泡緩衝材	60
クッションシート	65
フェルト	70
段ボール	60

(表1) ↑

スポンジの枚数と厚さ	測定値(音源は70dB)
スポンジ1枚(厚さ2cm)	60dB
スポンジ2枚(厚さ4cm)	54dB
スポンジ2枚(厚さ2cm)	51dB

(表2) ↑

色彩と食欲の関係について デジタル ver

3年次理系生徒

1. 動機と目的

2年次で子どもの野菜嫌いを無くすために色鮮やかなお皿が使われているという記事を見て、どの色の組み合わせが1番食べようという気持ちになるのかを実際に人に見てもらい、アンケート調査を行った。同様の実験をデジタルの画像で行った場合結果は同じようになるのか、また他の色で調べるとどうなるのか気になり調べてみたいと思った。

2. 仮説

補色の組み合わせは互いをひきたて合い、鮮やかに見せる効果がある^{1),2)}ことから、補色が1番食べたいと感じると考えた。また、アナログ形式とデジタル形式では人数の差はないと考えた。

3. 実験方法

- ①. お皿の代わりとして様々な色の折り紙を用意する。
- ②. 同じ色のチョコレートを4つ用意し右の図1のようにのせて、赤、黄、緑、青のお皿のうち「どの色の折り紙に乗っているチョコレートが1番食べたいと感じたか」聞き、直感で選んでもらうよう Google フォームで東高76回生75名を対象にアンケートを行う。
- ③. チョコレートの色を赤、黄、緑、青の4パターンで実験する。



図1 実験に用いた折り紙とチョコレート

【実験1】：赤、黄、緑、青の折り紙で実験を行う。

【実験2】：暖色系(黄色、薄黄、薄橙、橙)の折り紙で実験を行う。

【実験3】：無彩色(白、黒、灰)の折り紙で実験を行う。

4. 結果

【実験1】

黄色以外のチョコレートでは黄色の折り紙を選んだ人数が最も多かった。(図2~5、図6~9)

黄色のチョコレートでは赤色の折り紙の人数が多かった。(図4、図8)

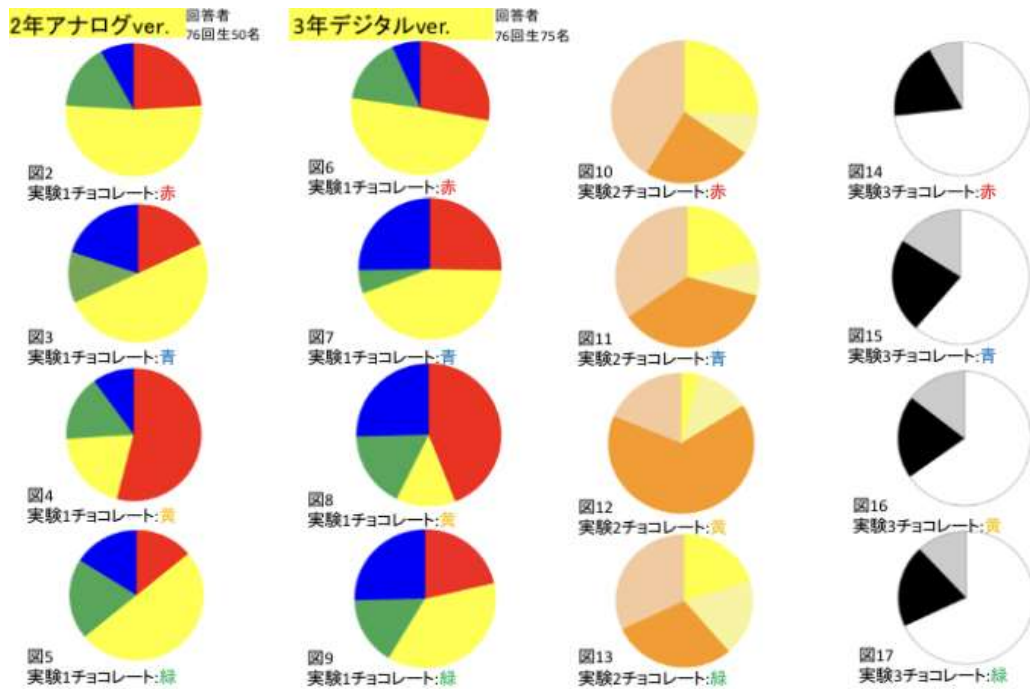
【実験2】

どの色のチョコレートでも橙、薄橙を選ぶ人が多かった。(図10~13)

【実験3】

どの色のチョコレートでも白色の折り紙を選ぶ人が多かった。(図14~17)

アナログ形式とデジタル形式では人数の差はほとんどなかった。



5. 考察

【実験1】、2 から色相環の中では暖色系。特に橙、薄橙のお皿が人気であることが分かる。この理由として暖色系の色は暖かみを感じられたり、視覚的に突出してみえるという特徴があるため³⁾ではないかと考えた。

また、チョコレートと同じ色のお皿を選ぶ人が少なかったことから暖色であっても同色の場合その効果は現れにくいと考えられる。

【実験3】でどのチョコレートでも白のお皿が人気であった理由として白は清潔感があり、スッキリとした印象を与えるからではないかと考えられる。

6. 今後の展望

モノトーンのお皿とカラフルなお皿とではどちらの方がより食欲がわくのか調べるため、白のお皿と橙のお皿の2択で同様の実験を行う。

アイスなどの冷たい食べ物でも暖色のお皿の方が食欲がわくのか調べる。

7. 参考文献

1)houzz (2022)「知っておきたい器使いのコツ」
<https://www.houzz.jp/ideabooks/74742206/list> 2023年3月28日

2)からだカルテ (2019)「おいしい色ってどんな色？色と食欲について考える」
<https://www.karadakarute.jp/hlp/column/detail/558> 2023年3月28日

3)資格のキャリアカレ「色彩心理学における色の意味・効果」
<https://www.c-c-j.com/course/psychology/colortherapy/column/column07/> 2023年5月13日

8. 謝辞

本研究を進めるにあたって、野内仁輝先生には貴重なご意見とご指摘をいただきました。この場にて謝意を申し上げます。

色彩と食欲の関係について デジタルver.

3年次理系生徒

1. 動機と目的

2年次で子どもの野菜嫌いを無くすために色鮮やかなお皿が使われているという記事を見て、どの色の組み合わせが1番食べようという気持ちになるのかを実際に人に見てもらい、アンケート調査を行った。同様の実験をデジタルの画像で行った場合結果は同じようになるのか、また他の色で調べるとどうなるのか気になり調べてみたいと思った。

2. 仮説

補色の組み合わせは互いをひきたて合い、鮮やかに見せる効果があることから、補色が1番食べたいと感じると考えた。また、アナログ形式とデジタル形式では人数の差はないと考えた。

3. 実験方法

- お皿の代わりとして様々な色の折り紙を用意する。
- 同じ色のチョコレートに4つ用意し右の図1のようにのせて、赤、黄、緑、青のお皿のうち「どの色の折り紙に乗っているチョコレートが1番食べたいと感じたか」聞き、直感で選んでもらうようGoogleフォームで東高76年生75名を対象にアンケートを行う。
- チョコレートの色を赤、黄、緑、青の4パターンで実験する。

- 実験1
赤、黄、緑、青の折り紙で実験を行う
- 実験2
暖色系(黄色、薄黄、薄橙、橙)の折り紙で実験を行う
- 実験3
無彩色(白、黒、灰)の折り紙で実験を行う

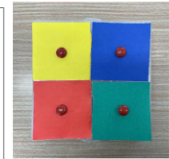


図1

2年アナログver. 回答者 76回生50名

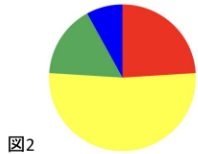


図2
実験1チョコレート:赤

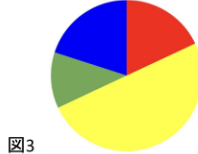


図3
実験1チョコレート:青

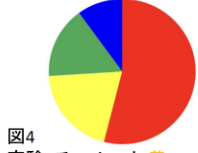


図4
実験1チョコレート:黄

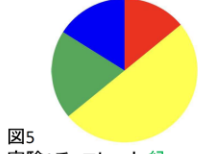


図5
実験1チョコレート:緑

3年デジタルver. 回答者 76回生75名

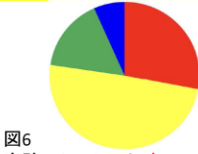


図6
実験1チョコレート:赤

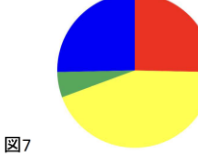


図7
実験1チョコレート:青

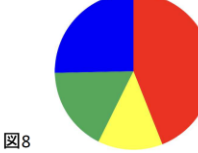


図8
実験1チョコレート:黄

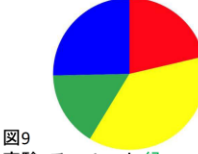


図9
実験1チョコレート:緑

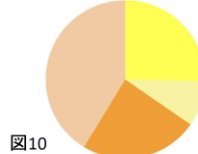


図10
実験2チョコレート:赤

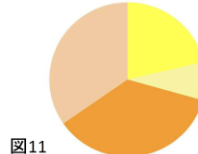


図11
実験2チョコレート:青

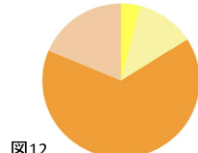


図12
実験2チョコレート:黄

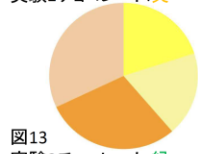


図13
実験2チョコレート:緑

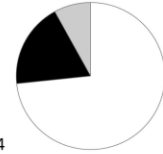


図14
実験3チョコレート:赤



図15
実験3チョコレート:青

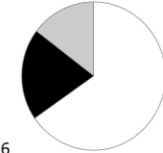


図16
実験3チョコレート:黄

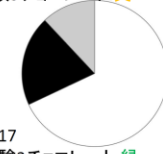


図17
実験3チョコレート:緑

4. 結果

- 実験1
黄色以外のチョコレートでは黄色の折り紙を選んだ人数が最も多かった。(アナログver. 図2~5 デジタルver. 図6~9)
黄色のチョコレートでは赤色の折り紙の人数が多かった。(アナログver. 図4 デジタルver. 図8)
- 実験2
どの色のチョコレートでも橙、薄橙を選ぶ人が多かった。(図10~13)
- 実験3
どの色のチョコレートでも白色の折り紙を選ぶ人が多かった。(図14~17)
アナログ形式とデジタル形式では人数の差はほとんどなかった。

5. 考察

実験1、2から色相環の中では暖色系。特に橙、薄橙のお皿が人気であることが分かる。この理由として暖色系の色は暖かみを感じられたり、視覚的に突出してみえるという特徴があるためではないかと考えた。
また、チョコレートと同じ色のお皿を選ぶ人が少なかったことから暖色であっても同色の場合その効果は現れにくいと考えられる。
実験3でどのチョコレートでも白のお皿が人気であった理由として白は清潔感があり、スッキリとした印象を与えるからではないかと考えられる。

6. 今後の展望

モノトーンのお皿とカラフルなお皿とではどちらの方がより食欲がわくのか調べるため、白のお皿と橙のお皿の2択で同様の実験を行う。アイスなどの冷たい食べ物でも暖色のお皿の方が食欲がわくのか調べる。

7. 参考文献

- houzz (2022)「知っておきたい器使いのコツ」<https://www.houzz.jp/ideabooks/74742206/list> 2023年3月28日
- からだカルテ (2019)「おいしい色ってどんな色?色と食欲について考える」<https://www.karakarute.jp/hlp/column/detail/558> 2023年3月28日
- 資格のキャリアカレ「色彩心理学における色の意味・効果」<https://www.c-c-j.com/course/psychology/colortherapy/column/column07/> 2023年5月13日

視覚による体感時間の変化

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

筆者らは登校中と下校中では同じ距離でも体感時間に差があることに気づき、これまでの色の色相による体感時間の変化だけでなく、彩度や明度によっても体感時間に変化がみられるのではないかと考え、調べることにした。

2. 仮説

明度を上げれば上げるほど体感時間が早くなる。

3. 方法

基本の流れ:何もない空間(ゼミ教室)に被験者を1人入れ、5分経過したと感じた時に挙手させる。

1. まず変化を加えないニュートラルな空間(以下N空間)で実験する。
2. 【色相】では色眼鏡を用意し、赤、青、緑、黄色空間で実験する。
3. 【明度】では、スマホとVR装置を用いて、スマホ画面の明るさを変えて実験する。
4. 【彩度】では白、グレー、黒の色用紙を用意し、視界を一色で埋め尽くした状態で実験する。

それぞれの条件下での計測タイムとN空間での計測タイムとの差を求め、関係を調べていく。

条件・本校男子生徒6名を対象に2回ずつ実験を行った。

- ・実験時、時計などの時間の経過がわかるようなものは撤去する。
- ・実験時の室温は、20℃～26℃である。
- ・明度では一番明るい画面を100%とする。

4. 結果

以下の表1～3に、実験の結果を示す。

5. 考察

表1から、暖色系の色には体感時間を遅らせ、寒色系の空間は早めることが分かった。これは、暖色は温かみを感じさせ、落ち着かせる効果があるためと考えられる。逆に寒色は冷たい印象を与え、落ち着かなさを感じさせるためと考えた。¹⁾

表2から、明度は全体的に体感時間を早ませるが、明度の強さによる体感時間の差はみられなかった。これは、視界に光を当てることで、体感時間は早まるが、その当てる光の明度の差は体感時間の変化には関係ないことが考えられる。

表3から彩度の変化によって体感時間は変化するものの、それらに相対的に大きな変化は見られなかった。

6. 今後の課題

今後は彩度や明度をもう少し細かく分けて実験したい。

7. 参考文献

- 1) 山下真知子. 「空間の色彩がヒトの時間的体感に及ぼす影響について—立体可視化装置 CAVE での心理評価検証実験の試み—」. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcsaj/44/3+/44_25/_/-char/ja 2023年7月26日

2) CCS:シーシーエス株式会社. 「色彩の心理—色から受ける感情効果—」. https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol41.html 2023年7月26日

8. 謝辞

内海先生と井上先生、岡崎先生、中村先生には有益な助言を頂きました。ここに謝意を表します。

表1、N空間との時間の差(色相)

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
赤	+2:05	-0:21	+0:34	+1:08	+1:57	+0:55	+1:03
青	+1:38	-2:23	-0:35	-2:22	+0:05	-0:18	-0:39
緑	-0:12	-2:49	-0:12	-0:39	+0:11	-1:33	-0:51
黄	+0:39	+0:20	+0:35	+0:06	+1:14	+0:41	+0:35

表2、N空間との時間の差(明度)

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
20%	-0:16	-2:02	-0:36	-0:36	+0:26	-0:36	-0:36
50%	-0:35	-1:37	+0:15	-1:13	+0:03	-0:45	-0:38
100%	-0:10	-1:56	-0:25	-0:58	+0:26	+0:03	-0:31

表3、N空間との時間の差(彩度)

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
白	+0:59	-0:48	+0:39	-1:39	+0:14	-0:16	-0.09
グレー	+1:48	-2:41	+1:12	+0:32	+0:46	-0:36	1:01
黒	+1:17	-0:34	-0:09	-0:24	+1:35	-1:22	0:04

視覚による体感時間の変化

3 年次理系生徒

動機

筆者らは登校中と下校中では同じ距離でも体感時間に差があることに気づき、これまでの色の色相による体感時間の変化だけでなく、彩度や明度によっても体感時間に変化がみられるのではないかと考え、調べることにした。

実験方法

先行研究での実験方法^{1), 2), 3)}を参考に以下の実験を行った。

基本の流れ：何も無い空間（ゼミ教室）に被験者を1人入れ、5分経過したと感じた時に挙手させる。

1. まず変化を加えないニュートラルな空間（以下N空間）で実験する。
 2. 【色相】では色眼鏡を用意し、赤、青、緑、黄色空間で実験する。
 3. 【彩度】では白、薄灰色、グレー、黒の色用紙を用意し、視界を一色で埋め尽くした状態で実験する。
 4. 【明度】では、スマホとVR装置を用いて、スマホ画面の明るさを変えて実験する。
- それぞれの条件下での計測タイムとN空間での計測タイムとの差を求め、関係を調べていく。

条件

- ・本校男子生徒6名を対象に2回ずつ実験を行った。
- ・実験時、時計などの時間の経過がわかるようなものは撤去する。
- ・実験時の室温は、20℃～26℃である。
- ・明度では一番明るい画面を100%とする。

結果 & 考察

表1. 色相による体感時間の測定結果

【色相】	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
赤空間	6:09	6:14	4:51	7:08	6:05	6:05	6:05
青空間	5:42	4:12	3:42	3:38	4:13	4:52	4:23
緑空間	3:52	3:46	4:05	5:21	4:19	3:37	4:10
黄空間	4:43	6:55	4:52	6:06	5:22	5:51	5:38

表2. N空間の時との時間の差（色相）

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間							
赤空間	+2:05	-0:21	+0:34	+1:08	+1:57	+0:55	+1:03
青空間	+1:38	-2:23	-0:35	-2:22	+0:05	-0:18	-0:39
緑空間	-0:12	-2:49	-0:12	-0:39	+0:11	-1:33	-0:51
黄空間	+0:39	+0:20	+0:35	+0:06	+1:14	+0:41	+0:35

暖色系の空間は体感時間を遅らせ、寒色系の空間は早める。

➡暖色は温かみを感じさせ、落ち着かせる効果があるためと考えられる。逆に寒色は冷たい印象を与え、落ち着かなさを感じさせるためと考察される。¹⁾

表3. 彩度による体感時間の測定結果

【彩度】	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
白	5:03	5:47	4:56	4:21	4:22	4:54	4:53
グレー	5:52	3:54	5:29	6:32	4:54	4:34	5:12
黒	5:21	6:01	4:03	5:36	5:43	3:42	5:04

表4. N空間の時との時間の差（彩度）

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
白	+0:59	-0:48	+0:39	-1:39	+0:14	-0:16	-0:09
グレー	+1:48	-2:41	+1:12	+0:32	+0:46	-0:36	1:01
黒	+1:17	-0:34	-0:09	-0:24	+1:35	-1:22	0:04

彩度による相対的な大きな変化は見られなかった。

表4. 明度による体感時間の測定結果

【明度】	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
20%	3:48	4:32	3:41	5:24	4:34	4:34	4:25
50%	3:29	4:58	4:32	4:47	4:11	4:25	4:23
100%	3:54	4:21	3:52	5:02	4:34	5:13	4:29

表6. N空間の時との時間の差（明度）

差 [s]	A	B	C	D	E	F	Ave
N空間	4:04	6:35	4:17	6:00	4:08	5:10	5:02
20%	-0:16	-2:02	-0:36	-0:36	+0:26	-0:36	-0:36
50%	-0:35	-1:37	+0:15	-1:13	+0:03	-0:45	-0:38
100%	-0:10	-1:56	-0:25	-0:58	+0:26	+0:03	-0:31

全体的にN空間から体感時間が減っている傾向がみられるが、明度の違いによって大きな差はみられなかった。

➡視界が明るくなると体感時間が早まり、この実験の差は明度の差ではなく、見えているものによる差であると考えられる。

参考文献

- [1] 空間の色彩がヒトの時間的体感に及ぼす影響について—立体可視化装置CAVEでの心理評価検証実験の試み— 山下真知子
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcsaj/44/3+/44_25/_pdf/-char/ja
- [2] 日本医療集団会—レッドクロスセンター (9月21日)
<http://www.sendai.jrc.or.jp/info/sendai/no85/04.html>
- [3] 色彩の心理—色から受ける感情効果— CCS : シーシーエス株式会社
https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol41.html

今後の課題

今後は彩度や明度をもう少し細かく調べて実験したい。

ゴム鉄砲との距離と角度

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

筆者らは、子供の頃遊んでいたゴム鉄砲は、発射角度と重ねるゴムの本数を変えると飛距離にどのような違いが生まれるのか疑問に思い、飛距離が一番大きくなる時の角度と重ねるゴムの本数を調べることを目的とし、実験を行った。

2. 仮説

① 発射角度と飛距離の関係

→角度を45度に近づけると飛距離が大きくなり、遠ざけると飛距離が小さくなる。

② 重ねるゴムの本数と飛距離の関係

→重ねるゴムの本数を増やすと規則性のある放物線が描かれない。

3. 実験方法

下の二つの実験を行った。

実験1

発射角度と飛距離の関係について、まず、高さ1メートルの場所から角度を0度から40度まで10度ずつ大きくして飛距離を測定し、そのあと45度、最後に、角度を50度から90度まで10度ずつ大きくして飛距離を測定し、角度と飛距離についての規則性を見つける。この時の角度 θ_0 は地面とゴムの発射方向の間の角度のことである。

実験2

重ねるゴムの本数と飛距離の関係について、角度を45度で固定し、ゴムを1重から6重まで重ねて飛距離を測定する実験を行う。また、この時のゴムの軌道をスマートフォンを用いて撮影し、1重から6重までの軌道を比較し、重ねるゴムの本数と放物線について、規則性を調べる。

4. 実験結果

実験1

結果は仮説通りとなり、角度が45度の時に飛距離が最大となった。またこの時、0度から40度まで角度を変化させると飛距離は大きくなっていき、50度から90度まで変化させると逆に飛距離は小さくなっていった。

実験2

重ねるゴムの本数を増やしていくと4重に重なっている時が最も飛距離が大きくなった。また、ゴムの軌道に関しては規則性のある軌道が描かれたのは、ゴムを1重にして飛ばしたときのみだった。

5. 考察

実験1

重力と水平方向の合力が最大になる角度が45度のため、発射角度が45度の時飛距離が最大になると考えられる。

実験2

ゴムを何重にもするとゴムの質量が大きくなり、重力の影響を大きく受けるため飛距離が小さくなると考えられる。また、規則性のある軌道が描かれなくなるのは、重ねるゴムの本数を増やすに連れて、進行方向と逆向きにはたらく空気抵抗が大きくなり、軌道が変わるからであると考えられる。

6. まとめ

ゴム鉄砲を固定し角度を45度に近づけると飛距離が大きくなり、45度を超えると水平方向の速度成分が小さくなり飛距離が小さくなる。また、ゴムを何重にもするとゴムの質量が大きくなり、重力の影響を受けるため飛距離が小さくなり、空中でゴムが広がってしまい重なったまま飛ばないため空気抵抗は大きくなる。よって、重力、空気抵抗の2力によって、軌道が変わり規則性のある軌道が描かれなくなることが分かった。以上により、発射角度を45度で重ねるゴムの本数を4重にしたとき、飛距離が最大となることが分かった。

7. 今後の課題

これからは試行回数を増やし、最も飛んだ長さでゴムの種類を変えて飛距離を計測したい。

8. 参考文献

1) 茂原市役所教育委員会教育部生涯学習課 (2021). 生涯学習課チャンネル資料集 | 千葉県茂原市の公式サイトへようこそ! <https://www.city.mobara.chiba.jp/0000006254.html>

9. 謝辞

本発表をするにあたり、杉本先生、安藤先生には貴重なご意見とアドバイスをいただきました。この場においてお礼申し上げます。

ゴム鉄砲との距離と角度

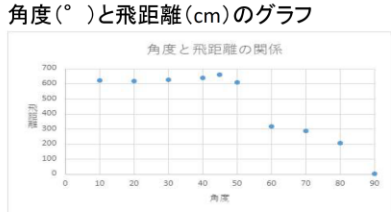
3 年次理系生徒

研究の動機
子供の頃遊んでいたゴム鉄砲は、どうすれば最も飛ぶのかと疑問を持ったから。

仮説
ゴム鉄砲を固定し、打ち出す角度を変えると伸びが変わる。ゴムを重ねると、規則性のある放物線が描かれない。

実験方法1 角度を大きくした時の伸びの変化
高さ1メートルの場所から角度を50度から90度まで10度ずつ大きくして飛距離を測定し、規則性を見つける。

実験結果1
角度を大きくしていくに連れて飛距離は小さくなった。角度の大きさの実験の仮説通り45度で最大となった。



考察1
ゴム鉄砲を固定し角度を45度に近づけると飛距離が伸びることが分かった。



図1

実験方法2 ゴムの量と飛距離について
ゴムを1重から6重まで重ねて飛距離を測定する。(角度は45°)
ゴムの軌道を観察する。

実験結果2
ゴムの増やしていくと4重に重なっている時が最も飛距離が伸びた。また、ゴムの軌道はゴム1重の時が規則性のある軌道を描いた。



考察2
ゴムを何重にもするとゴムの質量が大きくなり、重力の影響を受けるため飛距離が短くなる。また、空中でゴムが重なったまま飛ばないので空気抵抗が大きくなり軌道が変わり規則性のある軌道が描かれなくなる。

考察 ゴム鉄砲を固定し角度を45度に近づけると飛距離が伸びることが分かった。45度を超えると水平方向の速度成分が小さくなり飛距離が小さくなっていった。また、ゴムを何重にもするとゴムの質量が大きくなり、重力の影響を受けるため飛距離が小さくなる。また、空中でゴムが広がってしまい重なったまま飛ばないため空気抵抗が大きくなる。重力、空気抵抗の2力によって、軌道が変わり規則性のある軌道が描かれなくなる。

謝辞
本発表をするにあたり、杉本先生、安藤先生には貴重なご意見とアドバイスをいただきました。この場にてお礼申し上げます。

今後の課題
これからは試行回数を増やし、最も飛んだ長さでゴムの種類を変えて飛距離を計測したい。

参考文献
(ゴム鉄砲設計図)
<https://www.city.mobara.chiba.jp/cmsfiles/contents/0000006/6254/gomutteppou.pdf>

粒の大きさと液状化の関係

3年次理系生徒

キーワード

液状化現象：地下水位の高い砂地盤が振動により液体状になる現象

粒径：粒子の大きさを直径で表したもの

1. 研究の動機と目的

私たちの住む日本は地震が多い地域であり、また大きな地震が起こると二次災害として液状化現象が起こることを知った¹⁾。地盤によって液状化の起こりやすさに違いがあるのではないかと考えた。そこで、粒の大きさと液状化の起こりやすさの関係を調べたいと思い、本研究を行うことにした。

2. 仮説

粒径が大きいほど液状化が起こりやすく、地中から浮き出る水の深さが深くなる

3. 方法

文献²⁾の方法をもとに以下の方法で実験を行った。

- ①500mL ペットボトルに5cmの程度の高さまで石または砂を入れ、この表面まで静かに水を加え、上にビー玉を置く。
- ②この容器に20cmの間隔で、1分間約120回の振動を与える。
- ③「表面の高さの変化」・「ビー玉の沈んだ距離」・「浮き出た水の深さ」をそれぞれ測定し、それらの値が大きい方がより液状化が起こりやすいと定義した。

今回の実験では、粒径2.5mm程度の石(大)と0.3mm以下の砂(小)の2つをそれぞれ1:0、2:1、1:1、1:2、0:1の比で混ぜた試料を用いた。また、それぞれの試料で10回ずつ実験を行い、測定値の平均を求めた。

4. 結果

表1:実験の結果

大:小	1:0	2:1	1:1	1:2	0:1
表面の高さの変化(mm)	5.4	5.8	4.9	3.3	3.0
ビー玉の沈んだ距離(mm)	6.7	4.4	4.9	4.8	4.0
浮き出た水(mm)	4.6	4.5	5.5	4.3	4.0



左の表1に。実験の結果を示す。

粒径が小さい粒のみで実験を行ったときが、表面の高さの変化、ビー玉の沈んだ距離、浮き出た水の深さにおいても最も変化が小さく、液状化現象が起こりにくかった。粒径の大きい粒と小さい粒を混ぜた場合は、大:小の比が1:1のときが浮き出た水の量やビー玉の沈んだ距離が最も大きく、表面の高さの変化は大:小の比が2:1のときが最も大きい。

5. 考察

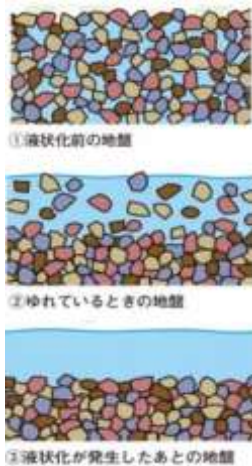


図1:液状化が起こる仕組み

地盤は地中で様々な粒径の石と砂が噛み合っており、その間には水で満たされている。このような状態で振動が加わると、噛み合いが外れ、液状化現象が発生する(図1)³⁾⁴⁾。このことから、粒が一種類の場合は、粒径の大きいほうが粒同士の間隔が大きいため、地盤が大きく下がりやすく水が浮き出てきやすいと考えられる。

粒が二種類の場合について考えると、まず粒径が大きい粒があると揺らした後の隙間も大きくなる。その隙間に粒径の小さい粒が入ることによってより水が浮き出てきやすいと考えられる。

したがって、大:小の比が1:1から2:1のときが最も液状化が起こりやすいと考える。また、一種類の場合は粒径の小さい粒のほうが液状化が起こりにくいと考える。

6. 今後の課題

実験回数を増やし、また振動の与え方が手動だったので機械などの均一な振動を与えられるもので実験し、より正確な数値を出したい。

7. 参考文献

- 1) 鈴木邦明 (2022). 「液状化の実験」 <https://allabout.co.jp/gm/gc/291202/> (9月9日)
- 2) リセマム (2018). 「地震の液状化現象を再現しよう (中学生向け)」 <https://s.resemom.jp/article/2018/07/24/45816.html> (9月9日)
- 3) 大川秀雄 (1997). 「液状化の発生のメカニズムを考える」 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/1997/568/1997_568_13/_pdf (1月20日)
- 4) 地盤.jp 「特集-東日本が引き起こした液状化とは」 <https://www.ziban.jp/ekijoka.html> (1月20日)

8. 謝辞

本研究をするにあたり、担当の内海先生、小林先生、井上先生には貴重なご意見とご指摘をいただきました。この場においてお礼を申し上げます。

粒の大きさと液状化の関係

3 年次理系生徒

キーワード

液状化現象：地下水位の高い砂地盤が振動により液体状になる現象
粒径：粒子の大きさを直径で表したもの

研究の動機と目的

私たちが住む日本は地震の多い地域であり、また地震による二次災害として液状化現象が起こることを知った¹⁾。地盤によって液状化の起きやすさに違いがあるのではないかと考えた。そこで、粒径の大きさと液状化の起こりやすさの関係を調べたいと思い、この研究を行うことにした。

仮説

粒径が大きいほど液状化が起こりやすく、地中から浮き出る水の深さが深くなる。

方法

文献²⁾の方法をもとに以下の方法で実験を行った。

- ①容器に5cm程度の高さまで同程度の粒径の石または砂を入れ、この表面まで水を加え、上にビー玉を置く。
- ②この容器に20cmの間隔で、1分間約120回の振動を与える。
- ③表面の高さの変化・ビー玉の沈んだ距離・浮き出た水の深さをそれぞれ測定し、その数値が大きい方がより液状化が起こりやすいと定義した。

今回の実験では、粒径2.5mm程度の石と0.3mm以下の砂の2つをそれぞれ1:2、1:1、2:1の比で混ぜ、実験を行った。それぞれの比率で10回ずつ行い、変化の平均を求めた。

結果

大:小	1:0	2:1	1:1	1:2	0:1
表面の高さの変化(mm)	5.4	5.8	4.9	3.3	3.0
ビー玉の沈んだ距離(mm)	6.7	4.4	4.9	4.8	4.0
浮き出た水(mm)	4.6	4.5	5.5	4.3	4.0



- 0.3mm程度の小さい粒のみで実験を行ったときが最も変化が小さく、液状化現象が起こりにくかった。
- 大きい粒と小さい粒を混ぜた場合は、大:小が1:1のときに1番浮き出た水の量やビー玉の沈んだ距離が大きく、表面の高さの変化は1:2のときに最も大きかった。

考察

地盤は地中で様々な粒径の石と砂が噛み合っており、その間は水で満たされている。このような状態で振動が加わると、噛み合いが外れ、液状化現象が発生する(図1)³⁾⁴⁾。

このことから、粒が一種類の場合は粒径の大きいほうが砂粒同士の間隔が大きいため地盤が大きく下がりやすく水が浮き出てきやすいと考えられる。粒が二種類の場合は、粒径が大きい粒があると揺らした後の隙間も大きいため、その隙間に粒径の小さい粒が入ることによってより水が浮き出てきやすいと考えられる。

したがって、私たちは粒径が同じで、かつ小さい粒のほうが液状化が起こりにくいと考えられる。



図1:液状化が起こる仕組み²⁾

今後の課題

実験回数を増やし、また振動の与え方が手動だったので機械などの均一な振動を与えられるもので実験し、より正確な数値を出したい。

参考文献

- 1) 鈴木邦明 (2022). 「液状化の実験」 <https://allabout.co.jp/gm/gc/291202/> (9月9日)
- 2) リセマム (2018). 「地震の液状化現象を再現しよう (中学生向け)」 <https://s.resemom.jp/article/2018/07/24/45816.html> (9月9日)
- 3) 大川秀雄 (1997). 「液状化の発生メカニズムを考える」 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/1997/568/1997_568_13/_pdf (1月20日)
- 4) 地盤.jp 「特集-東日本が引き起こした液状化とは」 <https://www.ziban.jp/ekijoka.html> (1月20日)

振動の回数とひび割れの関係

3年次理系生徒

1. 動機と目的

筆者らは、泥の揺らし方と泥が乾いた時のひび割れの規則性について調べることで、物の割れ方を操作し、割れにくい製品や割れたときに危険の少ない製品を作ることに役立つと考え、研究に取り組んだ。¹⁾

2. 仮説

筆者らは、振動させる回数を増やすほど、振動方向に対して平行方向のひび割れが増加し、垂直方向のひび割れは減少していくと考えた。また、実験の際に作った試料を初めに平たくならしたか、ならしていないかによっても変化が現れ、ならしていない方がひび割れが増えると考えた。

3. 方法

(1) 研究を行いやすいように、泥の代わりに泥と粒子のサイズが似ている炭酸カルシウム 10g と水 7ml をシャーレに入れて試料を作り、試料を葉さじを使ってならす。そして試料を 1 分間に 200 回のペースで 5cm の幅で振動させた。この時の振動の回数を 30 回、60 回、90 回、120 回に変えて実験を行った。

(2) 試料を乾燥させた後、下の図のように写真に撮って枠で区切りマス目を作った。振動の方向に対して $0^\circ \sim 45^\circ$ のひび割れを平行方向のひび割れ、 $45^\circ \sim 90^\circ$ のひび割れを垂直方向のひび割れと定義して、それぞれのひび割れが入っているマス目の数を数えた。

(図 1~4)

(3) 同じ操作を試料をならさない場合についても行った。

(4) (1)~(3) の操作を各場合について計 3 回ずつ行った。

²⁾

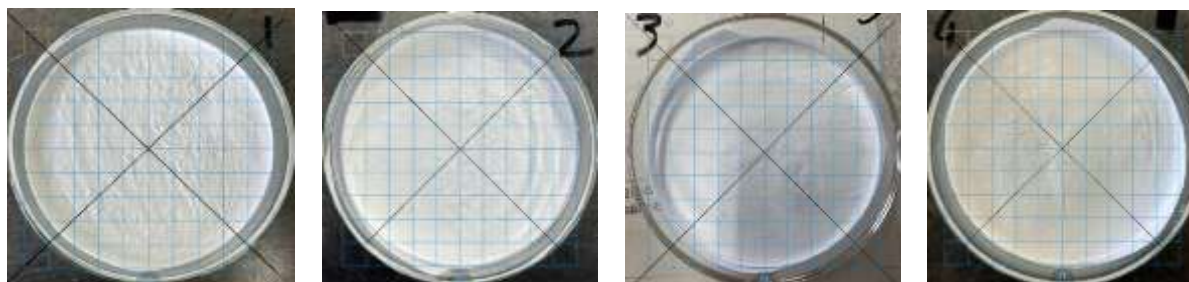


図 1 30 回

図 2 60 回

図 3 90 回

図 4 120 回

4. 結果

以下の結果(図 5, 6)が得られた。

(ならした場合)

30 回 垂直方向 : 38 マス 平行方向 : 11 マス 60 回 垂直方向 : 30 回 平行方向 : 17 マス

90 回 垂直方向 : 30 マス 平行方向 : 21 マス 120 回 垂直方向 : 50 回 平行方向 : 33 マス

(ならさなかった場合)

30 回 垂直方向 : 50 マス 平行方向 : 23 マス 60 回 垂直方向 : 32 マス 平行方向 : 30 マス

90回 垂直方向：33マス 平行方向：27マス

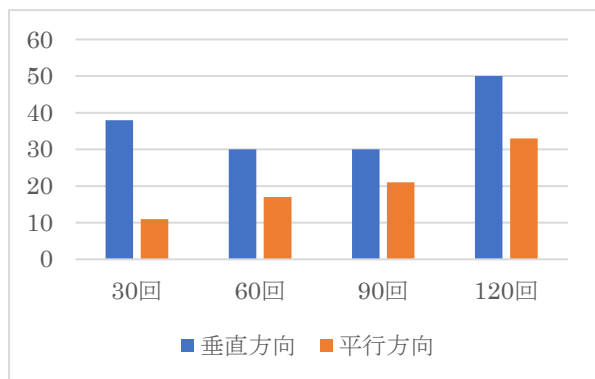


図5 ならした場合

120回 垂直方向：42マス 平行方向：28マス

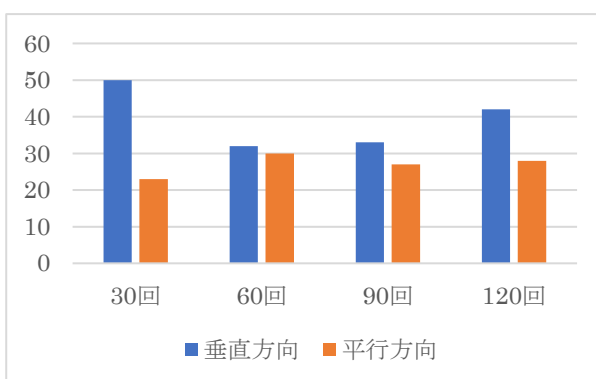


図6 ならさなかった場合

この結果より、30回～120回のすべての場合で垂直方向のひび割れのほうが平行方向のひび割れよりも多くみられたことが分かる。

5. 考察

このような結果になった理由として、リップルマークの発生と似た現象が起きたことが考えられる。リップルマークは砂岩で見られ、今回の実験が砂岩ができる過程と似ているため、このような結果が得られたと考えられる。³⁾

今回の実験で振動の回数との傾向があまり見られなかった原因として試行回数が少なかったことや振動の回数の最大値が小さかったこと、シャーレにぶつかりはね返った波が影響を及ぼしたことなどが考えられる。また、試料をならした場合とならさなかった場合とで変化はほとんどなかったため、試料をならす操作はひび割れにあまり影響がないと考えられる。

6. 今後の課題

今回の実験では、顕著な傾向は見られなかったが、試行回数を増やしたり、振動の回数の範囲を広げたりすることで傾向が見られるかもしれない。また、泥を入れる容器を大きくするなど波のはね返りが生じない方法での実験にも取り組みたい。

7. 参考文献

- 1) 大信田 丈 (2008) ペーストはどうやって「ゆすり」を記憶するか
<http://www.damp.tottori-u.ac.jp> 2022年 9月2日
- 2) 姫岡 友介 (2020) ありふれた未解明|コペンハーゲンで考える、生き物の話
<https://www.newsweekjapan.jp> 2022年 6月24日
- 3) 国立開発研究法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター (2014) 絵で見る地球科学
https://gbank.gsj.jp/geowords/picture/photo/wave_ripple.html 2023年 7月25日

8. 謝辞

内海先生、井上先生、小林先生には有益な助言を頂いた。ここに謝意を表する。

振動の回数とひび割れの関係

3年次理系生徒

1. 動機

私たちは、泥を振動させる回数と泥が乾いたときのひび割れの規則性である「泥の記憶」について調べることで、物が割れる方向を操作し、割れにくい製品や割れた時に危険の少ない製品を作ることに関与すると考えた。

3. 研究方法

- (1) 泥の代わりに炭酸カルシウム10gと水7mLをシャーレに入れて試料を作り、試料を葉さじを使ってならした後、試料を1分間に200回ペースで5cmの幅で振動させた。この時、振動させる回数を30回、60回、90回、120回に変えて実験を行った。
- (2) シャーレを右の写真のように区切って、垂直方向のひび割れが入っているマス目と平行方向のひび割れが入っているマス目をそれぞれ数えた。(図1~4)
- (3) 同じ操作を試料を均さずに行った。
- (4) (2)、(3)を各回数で2回ずつ行い、ひび割れの本数を数えた。

2. 仮説

振動させる回数を増やすほど、振動方向に対して平行方向のひび割れが大きく見られ、垂直方向のひび割れは減少していくのではないかと考えた。また、実験の際に作った試料をならしたかならしてないかによっても変化が現れ、ならしていないほうが自然にひび割れが入るのではないかと考えた。

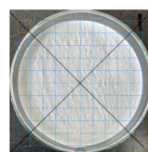


図1 30回

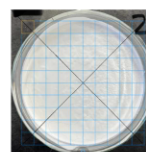


図2 60回

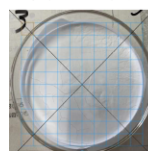


図3 90回

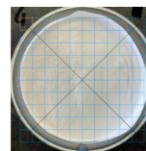
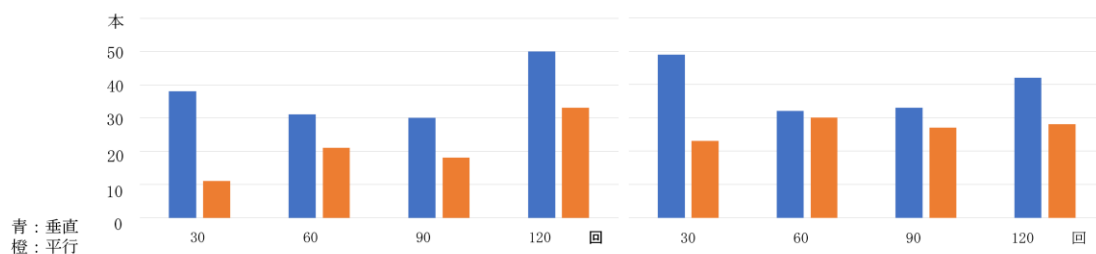


図4 120回

4. 結果

以下の結果(図5, 6)が得られた。



5. 考察

今回の実験で傾向が見られなかった原因として試行回数が少なかったことや振動の回数の範囲が狭かったこと、シャーレにぶつかり跳ね返った波が影響を及ぼしたことなどが考えられる。また、試料をならした場合とならさなかった場合とで変化はほとんどなかったため、試料をならす操作はひび割れにあまり影響がないと考えられる。

6. 今後の課題

今回の実験では、顕著な傾向は見られなかったが、試行回数を増やしたり、振動の回数の範囲を広げたりすることで傾向が見られるかもしれない。また、泥を入れる容器を大きくするなど波の跳ね返りが生じない方法での実験にも取り組みたい。

7. 参考文献

- 1) 大信田 丈 (2008) ペーストはどうやって「ゆすり」を記憶するか
<http://www.damp.tottori-u.ac.jp> 2022年 9月2日
- 2) 姫岡 優介 (2020) ありふれた未解明|コペンハーゲンで考える、生き物の話
<https://www.newsweekjapan.jp> 2022年 6月24日

8. 謝辞

内海先生、井上先生には有益な助言を頂いた。ここに謝意を表す。

泥のひび割れの間隔と振動の与え方の関係性

3年次理系生徒

キーワード（用語説明）

泥の記憶…泥が、揺らした方向や泥水が流れた方向に依存してひび割れを起こすこと。¹⁾²⁾

1. 研究の動機と目的

雨の次の日にできる泥の模様には規則性があるのかどうか疑問に思ったから。「泥の記憶」を明らかにすることで泥を乾かして作る製品について、乾かす前に操作をすることで壊れた時に一定の方向に割れる製品を作ることができ、より危険を減らすことできるのではないかと考えた。

2. 仮説

泥を揺らす周期を小さくすることによって、発生する定常波の振動数が大きくなり、揺らした方向に対して垂直なひびの間隔が狭くなる。

3. 方法

参考文献³⁾の方法をもとに、以下の実験を行った。

- ①炭酸カルシウム 10g と蒸留水 5g をシャーレに入れて均一に混ぜ、泥に近い性質をもつ試料をつくり、十分に時間をおいた。
- ②メトロノームのリズムを 150、250、350 回/分で変化させ、10cm の幅を各リズムで 10 秒間揺らした。
- ③この試料を乾かし、揺らした方向に対して垂直にできたひびの間隔を測った。

図 1 のようなシャーレの中心を通る揺らした方向に平行な直線 A を横切るひびの間隔の長さの平均を 0.01 cm 単位まで測定した。

- ④この実験を各リズム 10 回ずつ行い、平均値の分布を求めた。

以下の実験は 2023 年 2 月 3 日、5 月 2 日、9 日、16 日に行った。

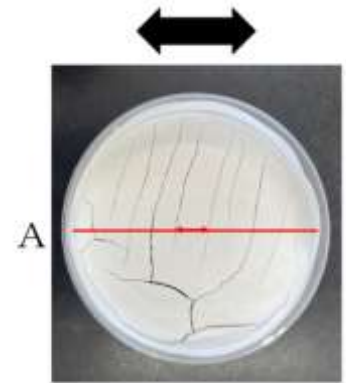


図1

4. 結果

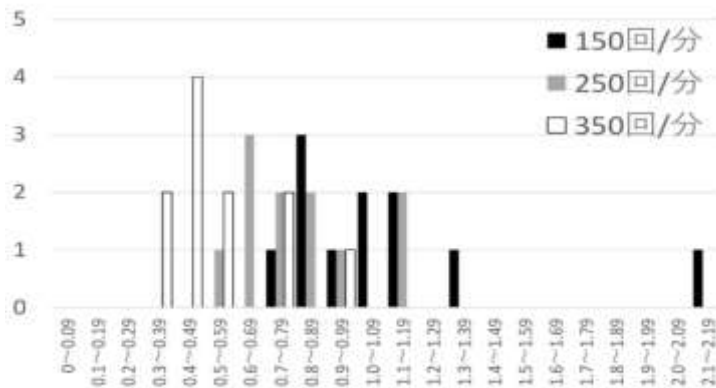


図2 ひびの間隔の平均値の分布

(横軸：ひびの間隔(cm)、縦軸：度数(回))

ひびの間隔の平均値

150 回/分・・・1.10cm

250 回/分・・・0.82cm

350 回/分・・・0.51cm

泥を揺らす周期が小さくなると、ひびの間隔が狭くなっていることが分かる。

5. 考察

泥を揺らす周期を小さくすると、一定の方向にできるひびの間隔が狭くなることがわかる。これは、泥を揺らすことで揺らした方向と平行に発生する定常波によって、粒子数の疎の部分と密の部分交互にでき、粒子数が疎の部分にひびが割れ、疎の部分の間隔の長さ、すなわち定常波の半波長分の長さがひびの間隔になるのではないかと考えた。これを踏まえ、泥を揺らすリズムが速くなり、周期が小さくなると、揺らした方向に発生する定常波の振動数が大きくなるため、波の山の部分と谷の部分が多くなり、粒子はよりきれいに整列し、波長は小さくなる。その結果、同じ方向により多くのひびが割れ、ひびの間隔が狭くなると考えた。ただし、ひびができる方向には規則性が見られなかったため、何か別の影響を受けて方向が決まると考えられる。

6. 今後の展望

この考察から、1回の試行時間を長くするとよりはっきりひびが割れると考えられるため、試行時間を長くし、実験の試行回数を増やすことで、考察が正しいことを裏付ける。

ひびの割れる方向に関して規則性がはっきりしなかったため、今後はさらに試行回数を増やし、ひびの割れる方向に違いが出る原因を詳しく明らかにする。特にひびができる向きが試料を乾かす環境や乾かし方による可能性があるため、今後は乾かす環境の気温や湿度を統一して実験を行い、ひびの割れる方向に何が影響するのかを明らかにする。

7. 参考文献

1) 姫岡優介 (2020年11月30日) コペンハーゲンで考える、生き物の話 ありふれた未解明
ニューズウィーク 2023年6月23日

<https://www.newsweekjapan.jp/amp/worldvoice/himeoka/2020/11/post-14.php>

2) Nakahara, Akio, and Yousuke Matsuo. (2006) Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste. PHYSICAL REVIEW E, 74(4)

“Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste.”

3) 鳥取大学 応用数学工学科 「ペーストはどうやって「ゆすり」を記憶するか」

<http://www.damp.tottori-u.ac.jp/~ooshida/article/paste08a.html> 2023年6月23日

8. 謝辞

本発表をするにあたり内海先生と井上先生には貴重な意見とご指摘をいただいた。ここに記して謝意を表す。

泥のひび割れの間隔と振動の与え方の関係性

3年次理系生徒

用語説明

泥の記憶とは

泥が、揺らした方向や泥水が流れた方向に依存してひび割れを起こすこと。¹⁾

動機と目的

雨の次の日にできる泥の模様には規則性があるのかどうか疑問に思ったから。

「泥の記憶」を明らかにすることで製品が危険な割れ方をせず、製造者が意図する特定の割れ方をできるように作ることができるのではないかと考えた。

仮説

泥を揺らす周期を小さくすることによって、発生する定常波の振動数が大きくなり、揺らした方向に対して垂直なひびの間隔が狭くなる。

方法

- ①炭酸カルシウム10gと蒸留水5gをシャーレに入れて均一に混ぜ、泥に近い性質をもつ試料をつくり、十分に時間をおく。³⁾
- ②メトロノームのリズムを150、250、350回/分で変化させ、10cmの幅を各リズムで10秒間揺らす。
- ③この試料を乾かし、揺らした方向に対して垂直にできたひびの間隔を調べる。図1のようなシャーレの中心を通る揺らした方向に平行な直線Aを横切るひびの間隔の長さの平均を調べる。この実験では0.01cmの単位まで測るとする。以下の実験は2023年2月3日、5月2日、9日、16日に行った。

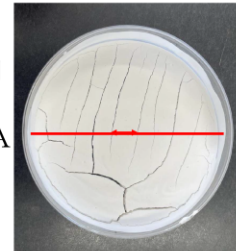
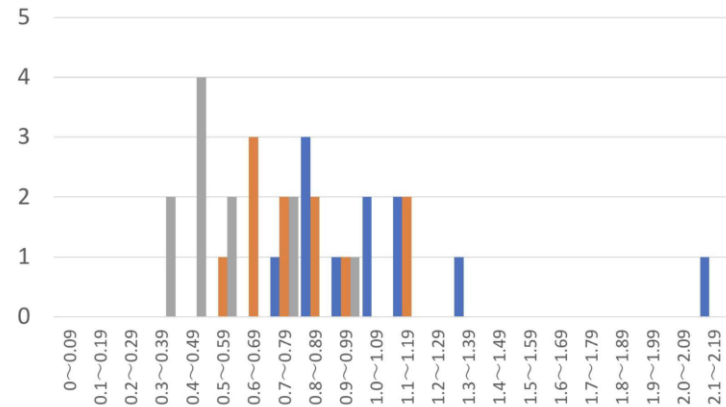


図1

結果 以下のグラフについて 横軸：ひびの間隔 (cm) 縦軸：度数 (回)

青:150回/分 オレンジ:250回/分 黒:350回/分



ひびの間隔の平均値
 150回/分…1.10cm
 250回/分…0.82cm
 350回/分…0.51cm

結果から、泥を揺らす周期が小さくなるとひびの間隔が狭くなっていることが分かる。

考察

泥を揺らす周期を小さくすると、一定の方向にできるひびの間隔が狭くなる。ただし、ひびができる方向には規則性が見られなかったため、何か別の影響を受けて方向が決まると考えられる。また、ひびが割れる原因は発生する波の山の部分と谷の部分で粒子の数に差が出るからだと考える。そして、揺らす速さが大きくなると、揺らした方向に発生する波の振動数が大きくなる。そのため、その波の山の部分と谷の部分が多くなり、粒子はよりきれいに整列し、また波長は小さくなる。その結果、同じ方向に多くのひびが割れ、ひびの間隔が狭くなると考える。

今後の展望

実験の試行回数を増やして実験を行い、規則性をさらに詳しく明らかにし、確実なものにする。ひびができる方向には乾かす環境や乾かし方による可能性があるため、今後それらの条件を統一し、ひびのは方向に何が影響するのかを明らかにする。

参考文献

- 1) 姫岡優介 (2020年11月30日) コペンハーゲンで考える、生き物の話 ありふれた未解明 ニュースウィーク 2023年6月23日 <https://www.newsweekjapan.jp/amp/worldvoice/himeoka/2020/11/post-14.php>
- 2) Nakahara, Akio, and Yousuke Matsuo. (2006) Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste. PHYSICAL REVIEW E, 74(4) "Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste."
- 3) 鳥取大学 応用数学工学科 「ペーストはどうやって「ゆすり」を記憶するか」 <http://www.damp.tottori-u.ac.jp/~ooshida/article/paste08a.html> 2023年6月23日

泥に含まれる溶液の種類と乾燥後のひび割れの関係

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

このテーマを研究しようと思った動機は、雨が降った後に乾燥している泥がひび割れているのを見て、水以外の溶液の泥ではひびの割れ方にどのような変化が起きるのか疑問に感じたからだ。先行研究^{1)、2)}を調べたところ、泥の乾燥前の環境によってひび割れに影響が出ると知り、さらに興味を持った。

泥に含まれる液体の種類と、泥が乾燥した後どのようにひび割れが入るかを解明することで、ひび割れの方向などを限定させ、ものが割れたときの危険性を低くすることができるのではないかと考えた。

2. 仮説

泥が乾燥して固まる際に、溶質の粒子が泥の粒子の間に入り込み、ひび割れができるときの障害となると考え、溶質が少ない液体ほど、振動させた方向に沿ってひび割れができるのではないかと考えた。

3. 方法

水と溶質を混ぜた水溶液 4ml、炭酸カルシウム 6g をシャーレに入れて混ぜ、1 分間、15cm の幅を 75 往復させて振動を加える。溶質には粒子の大きさの異なる塩と砂糖を用いて、それぞれの水溶液のモル濃度を変化させながら実験を行った。そしてこれを乾燥させたあと、生じたひびの先端と先端を結んだ直線が、揺らした方向に対して 45 度以上のひびの個数とそうでないひびの個数の割合を調べた。(図 1)



図 1 ひび割れ

4. 結果

表 1. 溶質とひびの傾向

濃度	純水		塩						砂糖					
	0.0mol/L		1.0mol/L		2.0mol/L		3.0mol/L		1.0mol/L		2.0mol/L		3.0mol/L	
角度	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内
1回目	11	7	4	3	6	2	13	8	9	12	23	12	25	19
2回目	13	8	22	15	20	11	32	21	※	※	18	19	22	22
平均本数	12	7.5	13	9	13	6.5	22.5	14.5	9	12	20.5	15.5	23.5	20.5
割合	62	38	59	41	67	33	61	39	43	57	57	43	53	47

※砂糖の 1.0mol/L の 2 回目は、ひび割れの観察が困難でデータを得られなかった。

5. 考察

純粋の実験と比較すると、溶質の濃度や種類を変化させてもひび割れの方向には影響を及ぼしていない。この理由として、溶質の粒子は泥の中に均等に散らばっているため、特定の方向への影響が

見られなかったからであると考え。

また、モル濃度が高いものほどひび割れの個数が多い傾向が見られました。これは、濃度が大きくなるほど、より多くの溶質の粒子が泥の粒子の間に割り込むため、よりひび割れが起きやすくなっているからではないかと考察した。

6. 今後の課題

今回行った実験では、試行回数が少なかったためデータの数が少なく、実験結果から法則性を見出すことが難しかった。今後は、実験回数や実験器具の数などを事前によく計画してから実験を行いたい。また、今回は塩と砂糖の二種類のみでの実験だったので、それ以外の溶質を用いても実験を行いたい。

7. 参考文献

1) ニューズウィーク. (2020) .

「ありふれた未解明 | コペンハーゲンで考える、生き物の話 | World Voice」

<https://www.newsweekjapan.jp/worldvoice/himeoka/2020/11/post-14.php> 2022年6月17日

2) Akio Nakahara and Yousuke Matsuo (2006).

Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste.

<https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.74.045102> 2022年6月17日

謝辞

内海先生、井上先生には有益な助言をたくさん頂きましたので、ここに感謝の意を表します。

泥に含まれる溶質の種類と乾燥後のひび割れの関係

3年次理系生徒

1. 動機

雨が降った後乾燥した泥がひび割れているのを見て、水で泥を作った場合ひびの割れ方にどのような変化が現れるのか疑問に感じ、参考文献1) 2) を見たところ、泥の乾燥前の環境によってひび割れに影響が出ると知り興味を持ったから。

2. 目的 ひびが一定方向に入る溶液の条件を見つける。

3. 仮説 溶質の少ない液体ほどゆすった方向に沿ってひび割れが起こるのではないかと。

4. 実験方法

水と溶質を混ぜた水溶液4ml、炭酸カルシウム6gをシャーレに入れて混ぜ、15cmの幅で1分間で75往復させて振動を加える。溶質には粒子の大きさの異なる塩と砂糖を用い、それぞれの水溶液のモル濃度を変化させる。これを乾燥させた後、生じたひびの先端と先端を結んだ直線が揺らした方向に対して45度以内に収まっているひびの個数とそうでないひびの個数の割合を調べる。

5. 結果

モル濃度	純水		塩						砂糖					
	0.0mol/L		1.0mol/L		2.0mol/L		3.0mol/L		1.0mol/L		2.0mol/L		3.0mol/L	
角度	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内	45度以上	45度以内
1回目(本)	11	7	4	3	6	2	13	8	9	12	23	12	25	19
2回目(本)	13	8	22	15	20	11	32	21	—	—	18	19	22	22
平均(本)	12	7.5	13	9	13	6.5	22.5	14.5	(9)	(12)	20.5	15.5	23.5	20.5
割合(%)	62	38	59	41	67	33	61	39	43	57	57	43	53	47

※砂糖1molの2回目はひび割れの観察が困難で、データを得られなかった。

6. 考察

実験の結果からモル濃度が高いほどひび割れの数が多い傾向がみられた。これは、泥の粒子の間に入り込む溶質の粒子の数が増えることで溶質の粒子が泥の粒子に割り込むため、よりひび割れが起きやすくなっているからではないかと考察した。また、溶質の粒子が均等に散らばっているため、ひび割れの方向には影響を及ぼさなかった。

7. 今後の課題

今回の実験では、試行回数が少なかったためデータの数が少なく、実験結果から法則を見出すのが難しくなってしまった。今後は、実験頻度や実験器具の数などを事前によく計画してから実験を行いたい。また、塩と砂糖以外の溶質も用いて実験を行いたい。

8. 参考文献

- 1) ニューズウィーク. (2020). 「ありふれた未解明 | コペンハーゲンで考える、生き物の話 | World Voice」
<https://www.newsweekjapan.jp/worldvoice/himeoka/2020/11/post-14.php> 2022年6月17日
- 2) Akio Nakahara and Yousuke Matsuo (2006). *Transition in the pattern of cracks resulting from memory effects in paste.*
<https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.74.045102> 2022年6月17日

コインの密度と水中で描く軌道の関係の比較

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

一円玉を水中に落としたとき、入射角度を一定にすると同じような軌道を描くという先行研究がある。しかし、コインの密度を変えて水中に落下させた時に描く軌道は変わるのかという調査はまだ行われていない。このことについて興味を持ち研究に至った。

2. 仮説

コインの密度を大きくしていけば落下させたコインの描く軌道の振れ幅は小さくなる。

理由は、密度が大きくなるとコインが水平方向に与える力よりも垂直方向に与える力のほうが大きくなると考えたからである。

3. 実験方法

一円玉より密度が小さいもの、大きいものをそれぞれ2種類ずつ合計5種類の異なる密度の試料を用意する。ただし、密度の単位は全て g/cm^3 とする。

①1.20 UV レジン ②1.28 木材(リグナムバイタ) ③2.70 1円玉硬貨 ④3.60 チェコのコロナ硬貨 ⑤4.30 イタリア10セントユーロ硬貨 ※UV レジンと木材(リグナムバイタ)においては、1円玉と同じ大きさまで削ったものを使用している。

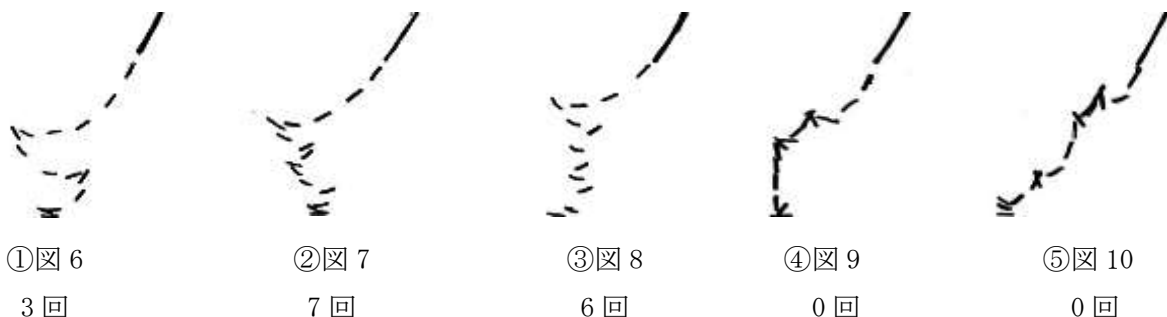
今回の実験では 右のような装置を用いて実験を行った。

水槽に水を満たしてコインの入射角度を定規と分度器で30度に固定し、それぞれの試料を10回ずつ静かに落下させた。この落下していく様子をスマートフォンで横から撮影し、その動画から軌道を記録していく。



4. 結果

横から軌道を記録したものと横に振れた回数の平均(番号は上の試料の番号と対応している)



5. 考察

コインの密度を一円玉と比較して考える。

- ・なぜコインの密度が小さい時横に振れた回数に違いが出たのか。

コインの密度が小さい時、小さく触れながら落下したのは、コインが与える水平方向および垂直方向の力が小さいからだを考える。木材で作ったコインでは平均して7回横に振れながら落下した。これはコインにはたらく重力と浮力の差が小さいことで底につくまでの時間が長くなったこと、水平方向に加えられる力が小さいことですぐに方向転換するということから触れる回数が多くなったと考えられる。

ただしUVレジンでは触れる回数が3回と減っていた。これはUVレジンの密度がかなり小さいことで動きがゆっくりになることで、水から水平方向に与えられる抵抗が小さくなったことで、底につくまでに方向転換する回数が減少したためと考えられる。

・なぜコインの密度が大きい時回転しながら落下したのか。

これはコインにはたらく合力における重力の割合が大きくなったからだを考える。

落下していくコインの水槽の底に近い方をコインの先端とし、水面に近い方を後端とする。

回転していったのは、まずコインの先端に抵抗がかかることで少し上に持ち上がり、そしてコインの後端が自重によって垂直方向に振られたからだを考える。

また、落下する後半の軌道の違いでは、チェコの硬貨では後半の軌道で急に真下に落下していった。これは落下の後半で水からの抵抗によってコインが水平方向に進み続ける力を失い、自重によって落下したと考える。イタリアの硬貨が入射方向に沿って直線的に回転しながら底まで落下したのは、質量が大きいため、水からの抵抗を受けてなお水平方向に進む力を失わずに進んだからだと考える。

6. 今後の課題

時間あたりの水槽におけるコインの変位を、下記のようなグラフとして記録する。

横軸:時間、縦軸:コインの縦の変位のグラフ

横軸:時間、縦軸:コインの横の変位のグラフ

作成したグラフから密度と描く軌道が関係しているかどうかを調べる。

コインが水中で回転する密度としない密度の境目を調べる。(2.7g/cm³~3.6g/cm³の範囲で)

水中でコインにはたらく力を考える。

7. 引用文献

- 1) ダイヤモンドホイール・ダイヤモンド砥石・CBN 工具・CBN 砥石と研削研磨の情報サイト (2012). 水に沈む木材にはどんなものがあるか <https://www.toishi.info/sozai/woods/water.html>
- 2) 府中家具工業協同組合 (2001). 木材図鑑「リグナムバイタ」 <https://wp1.fuchu.jp/~kagu/mokuzai/100.htm>
- 3) 水中コイン落とし-Wikipedia
- 4) 愛知県立豊田西高等学校 (2020). 水中を落下する1円硬貨の軌道に関する研究 <https://toyotani-shi-h.aichi-c.ed.jp/education/ssh/r2/2019buturiol1.pdf>
- 5) 木材博物館 (2012). 木材の比重リスト[一覧]-木材博物館 https://wood-museum.net/specific_gravity.php

8. 謝辞

本研究をするにあたり、糸谷先生、萩原先生、川勝先生には貴重なご意見とご指摘をいただいた。この場においてお礼申し上げます。

コインの密度と水中で描く軌道の関係の比較

3 年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

一円玉を水中に落とした時その軌道に規則性があるという先行研究がある。¹⁾
 先行研究から、コインを水中に落とす角度を一定にすることで描く軌道が似ていることがわかった。
 しかし、コインの密度によって、水中に落下させた時に描く軌道は変わるのかという調査はまだない。そこで、このことについて興味を持ち、研究に至った。

2. 仮説

コインの密度が大きくなるほど落下させたコインの描く軌道の振幅は小さくなる。
 理由は、密度が大きくなると横に降られずに落下していくと考えたからである。

3. 方法

- ①一円玉、密度の異なる4種類のコイン、実験装置(図1)を用意する。
- ②水面から30度の位置を入射角として、水を張った実験装置(図1)に10回ずつ静かに落下させる。
- ③真横からコインが落下していく軌道を撮影し、記録する(図7~図11)。

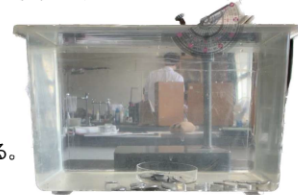


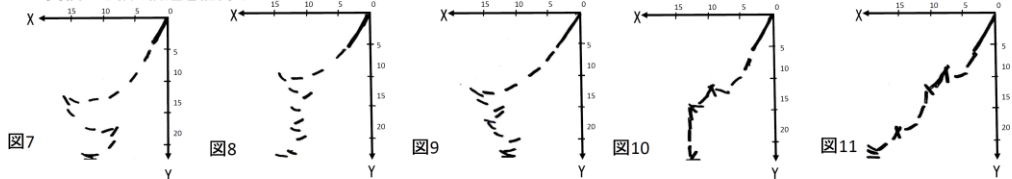
図1 実験に使用した水槽

4. 結果

▼使用したコインとその密度



▼真横から描く軌道を記録したもの



5. 考察

コインの密度が小さい時なぜ多く横に振れたのか

コインの密度の基準を1円玉とする。
 コインの密度が小さい時小さく触れながら落下したのは、コインが水に与える影響が小さいからだと考える。木材で作ったコインでは平均して7回横に振れながら落下した(図8)。これはコインにはたらく重力と浮力の差が小さいことで底につくまでの時間が長くなったからであり、水平方向に進む力が小さいため、すぐに方向転換することで触れる回数が多くなったと考える。

コインの密度が大きい時なぜ回転しながら落下したのか

落下していくコインの水槽の底に近い方をコインの先端とし、水面に近い方を後端とする。
 コインの密度が大きい時回転しながら落下したのは、初めにコインの先端に抵抗がかかり、コインの後端がコインの垂直方向に進む力によって下に振られたからだと考える。
 また、なぜ落下する後半の軌道に違いが出たのかについて、チェコの硬貨では後半の軌道で急に真下に落下していった(図10)。これは落下の後半で水からの抵抗によってコインが水平方向に進む力を失い、コインの垂直方向にはたらく力によって落下したと考える。イタリアの硬貨が入水時のコインの進むを保ったまま底まで落下していったのは、水からの抵抗を受けてなお質量の大きさにより水平方向に進む勢いを失わずに進んだからであると考える(図11)。

6. 今後の課題

- 時間あたりの水槽におけるコインの変位を、下記のようなグラフとして記録する。
- 横軸:時間、縦軸:コインの縦の変位のグラフ
- 横軸:時間、縦軸:コインの横の変位のグラフ
- 作成したグラフから密度と描く軌道が関係しているかどうかを調べる。
- コインが水中で振れながら落下する密度と回転しながら落下する密度の境目を調べる。(密度2.7g/cm³~3.6g/cm³の範囲で)
- 水中でコインにはたらく力を考える。

7. 参考文献

- 1) 水中を落下する1円硬貨の軌道に関する研究
<https://toyotaniishi-h.aichi-c.ed.jp/education/ssh/r2/2019buturiol1.pdf>
- 2) 木材図鑑「リグナムバイタ」<https://wp1.fuchu.jp/~kagu/mokuzai/100.htm>
- 3) 水中コイン落とし-Wikipedia
- 4) 水に沈む木材にはどんなものがあるか <https://www.toishi.info/sozai/woods/water.html>
- 5) 木材の比重リスト[一覧]-木材博物館 https://wood-museum.net/specific_gravity.php

1 円玉落とし～コインの入射角度と描く軌道の関係～

3 年次理系生徒

キーワード

・入射角度…水槽の水面に対する垂線と定規がなす角度のこと。

1. 研究の動機と目的

コインが水中に落ちていく様子を見てコインの入射角度とコインが描く軌道には何か関係があるのではないかと思ったから。本研究ではコインの入射角度による底につくまでの時間や軌道の違いを明らかにすることを目的としている。

2. 仮説

入射角度が0度するとき、コインが水中で受ける抵抗は一番小さくなるのでコインは水面に対して垂直に落下していく。また、入射角度が大きくなるほどコインが水中で受ける抵抗は大きくなるので軌道は大きく横に振れる。

3. 方法

図2のような実験装置を作って実験を行った。図1のような縦21.5cm、横36.4cm、高さ19cmの水槽を用意する。この水槽いっぱいに入水を入れる。次に30cm定規を2枚重ねてその間に100円玉を挟んで隙間を作り、定規の端に分度器で角度を決めて定規にセロハンテープで固定する。力学スタンドを使って定規を水面に固定する。2枚の定規の間から1円玉を滑らせて、水中を進む1円玉の軌道を調べた。0度、15度、30度、45度、60度、75度のそれぞれの角度で10回ずつ実験を行い、軌道を記録するためにスマートフォンで動画を撮影した。

4. 結果

15度ときは1円玉が水槽の壁にぶつかってしまうことがあり、正確なデータを取得することができなかった。75度ときは1円玉が滑らなかったため実験結果は得られなかった。表1は実験で得られたデータを、図3はそれぞれの角度で1円玉が描いた軌道を、図4は1円玉の落下地点を座標平面上にとったものを表している。

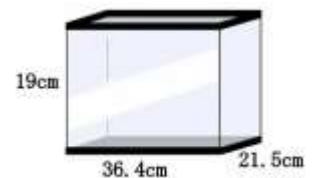


図1 実験に用いた水槽



図2 実験の様子

表1 入射角度による落下時間や横揺れの回数・振幅の違い

	0°	15°	30°	45°	60°	75°
底につくまでの平均時間[s]	0.58	0.85	1.32	1.58	1.93	×
横に揺れる平均回数[回]	0	0	2	4	5	×
振幅の平均[cm]	1.2	3.8	2.3	6.9	7.4	×

図3 入射角度による描く軌道の違い

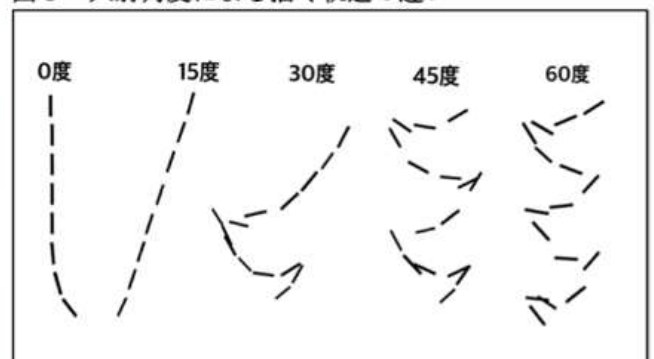
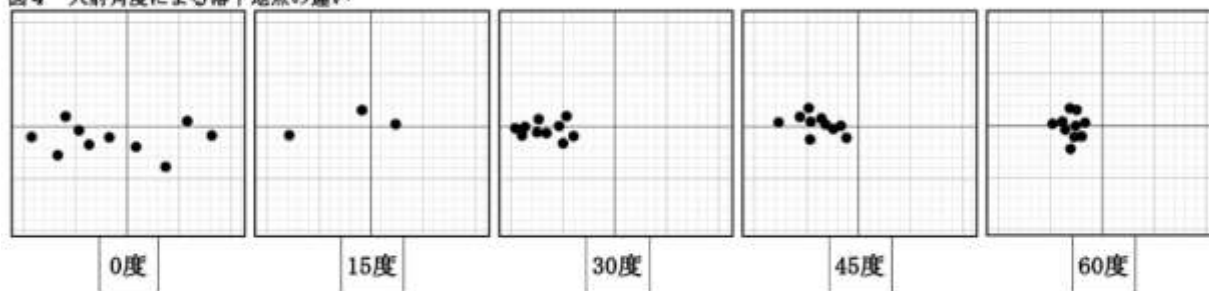


図4 入射角度による落下地点の違い



5. 考察

入射角度が0度するとき、コインが垂直に落ちると予想していたが結果は違っていた。このことについては、実験でコインを落とす際に、定規と水面とのわずかな隙間でコインの角度がぶれて落下したため、垂直に落ちなかったと考えられる。

入射角度が大きいくほど振幅も横に揺れる平均回数も多くなり、底につくまで時間がかかった。このことについては、入射角度が大きくなるほどコインが水中で受ける抵抗が大きくなり、軌道が大きく横に振れるためこのような結果になったと考えられる。

落下地点が図4のようになったことについては、コインの入射角度が小さいほどコインは水中で横方向の力を受けやすくなり、その力によってコインの軌道は大きく横に振れる。実験のとき、水槽内では直前に落としたコインの影響や机が揺れることで少し波が発生しており、その波の状況は常に変化し、実験時の環境も常に変化していた。そのため、入射角度が小さいときは波の影響を大きく受けて軌道にばらつきが見られたと考える。入射角度が大きいくときはコインは横方向の力の影響を受けにくいため、軌道はばらつくことなく、ほとんど同じ場所に落下したと考える。

6. 今後の課題

今後は、落下しているコインの各地点でかかる力を計算で求めたり、それぞれの角度で1円玉が描いた軌道を数式化したりしたいと考えている。

7. 参考文献

1) 愛知県立豊田西高等学校(2019)「水中を落下する一円硬貨の軌道に関する研究」

<https://toyotanishi-h.aichi-c.ed.jp/education/ssh/r2/2019buturi011.pdf> 2022年5月27日

8. 謝辞

本研究を行うにあたり、糸谷先生、萩原先生には貴重なご意見とご指摘をいただきました。この場にてお礼申し上げます。

1円玉落とし ～コインの入射角度と描く軌道の関係～

3 年次理系生徒

【研究の動機と目的】

コインが水中に落ちていく様子を見てコインの入射角度と描く軌道に規則性があるのではないかと疑問に思ったのでこの研究を行うことにした。本研究はコインの入射角度による底につくまでの時間や軌道の違いを明らかにすることを目的としている。

【仮説】

- ①入射角度0度のとき、コインの受ける抵抗が1番小さくなるので水面に対してコインは垂直に落下していく。
- ②入射角度が大きくなるほどコインの受ける抵抗が大きくなるので軌道は大きく横に振れる。

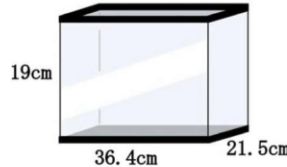


図1 実験に用いた水槽

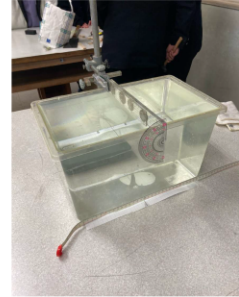


図2 実験の様子

【実験方法】

- ①縦21.5cm, 横36.4cm, 高さ19cmの水槽を用意する。(図1)
 - ②水槽いっぱい水を入れる。
 - ③30cm定規を2枚重ねてその間に100円玉を挟んで隙間を作り、定規の端に分度器で角度を決めて、固定する。
 - ④力学スタンドを用いて定規を水面に固定する。
 - ⑤2枚の定規の間から1円玉を滑らせる。
 - ⑥水中を進む1円玉の軌道を調べる。
- それぞれの角度で10回ずつ実験を行い、軌道を記録するためにスマートフォンで動画を撮影した。

【結果】

- ・15度のときは1円玉が水槽の壁にぶつかってしまうことがあり、正確なデータを得られなかった。
- ・75度のときは1円玉が滑らなかったため実験結果が得られなかった。
- ・表1は実験で得られたデータを、図3はそれぞれの角度でコインが描いた軌道を、図4はコインの落下地点を座標軸にとったものを表している。

表1 入射角度による落下時間や横揺れの回数・振幅の違い

	0°	15°	30°	45°	60°	75°
底につくまでの平均時間[s]	0.58	0.85	1.32	1.58	1.93	×
横に揺れる平均回数[回]	0	0	2	4	5	×
振幅の平均[cm]	1.2	3.8	2.3	6.9	7.4	×

図3 入射角度による描く軌道の違い

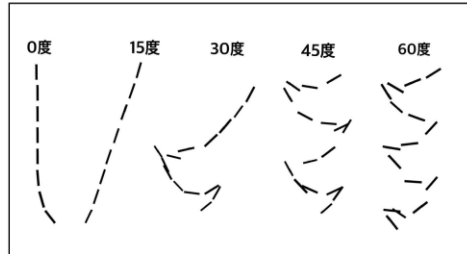
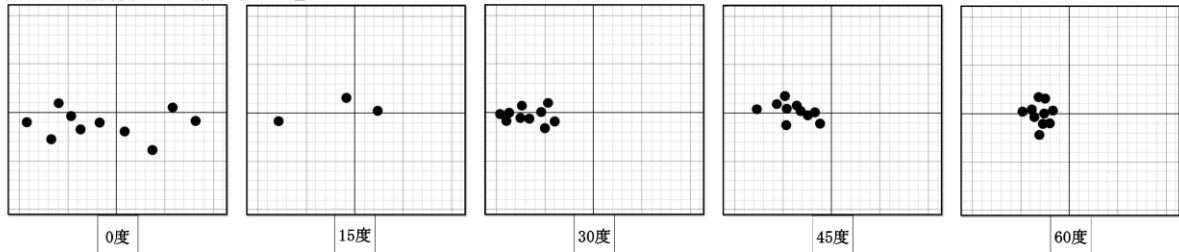


図4 入射角度による落下地点の違い



【考察】

- 入射角度0度のとき、コインが垂直に落ちると予想していたが結果は違っていた。
 →実験でコインを落とす際、定規と水面とのわずかな隙間でコインの角度がぶれて落下したので軌道がずれたと考えられる。
 入射角度が大きいくほど振幅も横に揺れる平均回数も大きくなり、底につくまで時間がかかった。
 →入射角度が大きくなるほどコインが水中で受ける抵抗が大きくなるため、軌道は大きく横に振れたと考えられる。

【今後の課題】

各地点でコインにかかる力を計算で出したり、それぞれの角度で1円玉が描く軌道を数式化したりしたいと考えている。

【参考文献】

1) 愛知県立豊田西高等学校(2019)「水中を落下する一円硬貨の軌道に関する研究」
<https://toyotanishi-h.aichi-c.ed.jp/education/ssh/r2/2019buturiol1.pdf> 2022年5月27日

振動で発電しよう

3年次理系生徒

キーワード

- ・ 圧電素子＝圧力を加えることで電圧を発生したり、逆に電圧を加えると変形したりする装置
- ・ 蓄電池＝電気を化学エネルギーの形で蓄積する装置のこと。本研究ではコンデンサーのことを言う。コンデンサーで2個の導体を近づけておき、それぞれに正と負の電荷を与えると電荷同士で引き合うので電荷を蓄えることが出来る。今回作った蓄電池ではアルミホイルが導体、ラップが誘導体の役割を果たし、それを何重にもすることで電荷を蓄えやすくしている。
- ・ コンデンサー＝電荷を蓄えるための装置
- ・ 電荷＝物体が帯びている電気の量

1. 研究の動機と目的

筆者らは音による振動で発電する音力発電に興味を持った。現在、火力発電や風力発電など多様な発電方法があるが、それに伴い環境問題や騒音問題など解決出来ていない問題も多くある。しかし、音の微弱な振動では難しくても、歩行時の振動など日常に溢れる振動による圧力を利用すれば環境に優しい発電が出来るのではないかと考えた。そこで、実際に圧力により発電できるのか、また発電した電気をどのように利用していけばいいのか調べることにした。

2. 仮説

生活音などの微弱な振動で発電することは難しいが、人が歩く時に床に与える振動など、直接的に力を加えるようなものであったら容易に発電できるのではないかと考えた。また、大量に電気を生み出すことは出来なくても、ライトを点灯させたり、ドライヤーを稼働させたり、身近なところで使う分には十分な電気を発生させることができるのではないかと考えた。

3. 方法

実験 a

先行研究より圧電素子で電流が発生することが分かったので¹⁾、蓄電池を作り²⁾、電気を貯めて利用できないかを調べた。まず、アルミホイル 20m、ラップ 20m をアルミホイル→ラップの順に合計 2 回重ね、これを筒状に丸めて蓄電池を作る。次に、筒状に丸めた両端のアルミホイルと圧電素子をリード線をつなぎ回路にする。そして、圧電素子に圧力を加えて電気を貯め、その蓄電池に電球をつなげ、電気がつくかを確認する。

実験 b

人が 1 歩歩いた時に発生する電力を計算した。ビー玉 7g を使って、9.5cm の高さから圧電素子に落とし、オシロスコープと 100 μ A の電流計を使って電圧と電流を測定した。なお 9.5cm は、先行研究からわかっていた、人が歩く時の地面から離れたかかとの高さの平均³⁾である。この実験を 5 回試行し、平均電圧と平均電流を求めた。求めた平均の電圧、電流と成人男性の平均体重である 64kg⁴⁾を用いて人が 1 歩歩いた時に発生する電力を計算した。

4. 結果

実験 a

電球はつかなかった。圧電素子ではなく電池でも電気をためることを試みたがうまくいかなかった。

実験 b

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
電圧 (mV)	375	275	275	425	375	345
電流 (μ A)	6.00	3.50	2.20	2.00	18.0	6.34

上の表の平均電圧と平均電流を用いて、電力＝電圧×電流＝ $345 \times 6.34 = 2.1873\text{mW}$

一步で発電できる電力＝ $\frac{64 \times 1000}{7} \times \frac{2.1873}{1000} \approx 20\text{W} \Rightarrow 1200\text{W}$ のドライヤーを約60歩で動かすことができる

5. 考察

実験 a

自作した蓄電池に使用したラップの材質が、ポリエチレンで、参考にしたものはポリ塩化ビニルであった。ポリエチレンの誘電率は2.2～2.4、ポリ塩化ビニルの誘電率は3～5である。

電気容量Cは $C = \epsilon \frac{S}{d}$ で求められるため、誘電率 ϵ が小さいポリエチレンを用いたことにより作成した蓄電池の電気容量が小さくなってしまったこと、また、作成した蓄電池のまきが甘くアルミとアルミの間の距離、つまり上記の式のdが大きくなってしまったことで、電気容量が小さくなってしまったことが原因で、上手く電気を貯める事が出来なかったと考えた。さらに、圧電素子から発生した電力が微弱であったため、蓄電をすることは難しいと考えられる。

実験 b

ひとつの圧電素子で発電できる電気は、日常生活で利用するには微量だということが分かった。そこで、圧電素子の数を増やし、人通りの多いところに設置することで、発電する電気の量を増やして日常生活に使えるものにできるのではないかと考えた。また、圧電素子を直列でつなぎ合わせることで、発生した電力を大きくすることができるのではないかと考えた。

6. 今後の課題

日常生活において圧電素子が活用されている場所や製品を、圧電素子を購入した会社に聞くなどしてより深く調べ、微弱な電力を効率よく大きな電力に変える方法について調べていきたい。また、自分たちでも圧電素子を日常で取り入れる方法を考えていきたい。

7. 参考文献

- 1) 学研ホールディングス (2017) 「ふりふり発電 | 実験 | 自由研究プロジェクト」
https://kids.gakken.co.jp/jiyuu/category/try/shake_power_generation/
- 2) nimspr (2019) 「アルミ箔で作れる！電池じゃないのに電気を貯める装置」
<https://m.youtube.com/watch?v=1dcoLsqxHhU>
- 3) 菅井清美 (2015) 「青年と高齢者の足趾挙動の比較」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jje/51/Supplement/51_S220/_pdf
- 4) 産総研 (2007) 「体重」
<https://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/documents/factor/body/weight.pdf>

8. 謝辞

本研究をするにあたって、糸谷先生には有益な助言をいただいた。ここに謝意を表する。

振動で発電しよう

3年次理系生徒

1. 動機・目的

私たちは音の振動で発電することができる音力発電に興味を持った。火力発電や風力発電など現在多様な発電方法があるが、それに伴い環境問題や騒音問題など解決できていない問題も多くある。しかし音の微量の振動では難しくても、歩行時の振動など日常にあふれる振動による圧力を利用すれば、環境にやさしい発電ができるのではないかと考えた。そこで、実際に圧力によって電気を発生させることができるのか、その電気をどのように利用していけばよいのかを調べることにした。

2. 仮説

生活音程度の微弱な振動では難しくても、人が歩く時の振動など、直接的に力を加えてくるようなものであったら、容易に発電できるのではないかと考えた。

3. 実験前の確認

調べると振動で電気を発生させるのに圧電素子を用いればいいということがわかった。そこで実際に電気がつくか試すことにした。

100円ショップなどで売られている首の出るカードから圧電素子を取り出し、電球とつなげ回路を作った。そして圧電素子に圧力を加えると電気がついた。よって圧電素子によって電気が発生したことがわかる。(図1)



図1

4. 方法

- a. 圧電素子で電気が発生することが分かったので蓄電池を作り、電気をためて利用できないかを調べた
 - ①アルミホイル20m、ラップ20mをアルミホイル→ラップ、の順で合計2回重ねる
 - ②これを筒状に丸めて蓄電池を作る
 - ③筒状に丸めた両端のアルミホイルと圧電素子をリード線でつなげ回路にする
 - ④圧電素子に圧力を加え電気をためる
 - ⑤その蓄電池と電球を繋げ電気がつくか確かめる(図3)

- b. 発生する電力を測定し、計算する
 - ①ビー玉(7g)を9.5cmの高さから圧電素子の上に落とす
 - ②オシロスコープ(図2)で電圧、電流計で電流を測定する
 - ③平均から電力を求め、人(64kg)が歩いたときに発電できる電力を計算する



図2

5. 結果

- a. 電球はつかなかった。圧電素子ではなく電池でも電気をためることを試みたがうまくいかなかった。



図3

6. 考察

- a. 自作した蓄電池に使用したラップの材質がポリエチレンであり、参考にしたものがポリ塩化ビニルであったため、材質の違いでうまく蓄電できなかったと考えた。また微弱な電力での蓄電は難しいと考えた。

表1「実験結果」

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
電圧(mv)	375	275	275	425	375
電流(μA)	6	3.5	2.2	2.0	18

平均電圧 345m v
 平均電流 6.34 μ A
 電力 2.1873mW
 →1歩で約20W発電できる
 1200Wのドライヤーは約60歩で動かせる

- b. ひとつの圧電素子で発電できる電気は、日常生活で利用するには微量だということが分かった。そこで、圧電素子の数を増やし、人通りの多いところに設置することで、発電する電気の量を増やして日常生活に使えるものにできるのではないかと考えた。また、圧電素子を直列でつなぎ合わせることで、発生した電力を大きくすることができるのではないかと考えた。

7. 今後の課題

日常生活において圧電素子が活用されている場所や製品をより深く調べ、微弱な電力を効率よく大きな電力に換える方法について調べていきたいと思った。

8. 参考文献

- ・菅井清美 (2015) 「青年と高齢者の足趾挙動の比較」 https://www.istage.ist.go.jp/article/jje/51/Supplement/51_S220/pdf
- ・産総研 (2007) 「体重」 <https://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/documents/factor/body/weight.pdf>
- ・環境省 (2020) 「省エネ家電って何？子どもたちと一緒に「消費電力」を調べてみよう」 https://ondankataisaku.env.go.jp/coolchoice/sp/kaiteki/topics/20201222_01.html
- ・学研ホールディングス (2017) 「ふりふり発電 | 実験 | 自由研究プロジェクト」 https://kids.gakken.co.jp/jiyuu/category/try/shake_power_generation/
- ・東洋経済新報社 (2009) 「音力発電ってなんだ?! エアバスも大注目!の日本初グリーンベンチャー」 <https://toyokeizai.net/articles/-/9976?page=2>
- ・nimspr (2019) 「アルミ箔で作れる!電池じゃないのに電気を貯める装置」 <https://m.youtube.com/watch?v=1dcolsqxllhU>

水溶液の密度と削れやすさの関係

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

日本は平均して1年間に1000件以上もの土砂災害が発生している。私たちは水溶液の密度によって土地の削れやすさに違いがあるのではないかと考え、研究を行った。この研究が土砂災害の減少につながると考えた。

2. 仮説

水溶液の密度が大きくなれば油粘土の削られる量も大きくなる。すなわち、水溶液の密度と削れやすさには関係がある。

3. 方法

油粘土に水溶液を流す溝を掘り(写真1)、その溝に油性マジックで色を塗って密度の違う水溶液を流した。水溶液の密度は砂糖を混ぜて1.0[g/mL], 1.1[g/mL], 1.15[g/mL], 1.2[g/mL]に調節した。流した後の水溶液に混ざったインクの濃さを照度計を使って計測し、削られた粘土の量を調べた(写真2)(写真3)。



写真1
溝を掘った粘土



写真2
採取した水溶液を計測している様子



写真3

4. 結果

表1 水溶液の密度ごとの照度計の数値

水溶液の密度 [g/ml]	1.0	1.1	1.15	1.2
1回目	508	548	610	680
2回目	1033	1082	1135	1236
3回目	1000	1050	1130	1180
4回目	594	537	615	865

※明るいほど照度計の数値は大きい

表中の数値は照度計の数値[1x]

水溶液の密度が大きくなるほど照度計の数値は小さくなり、粘土の削れた量は少なくなった。

また、水溶液の密度を 1.0[g/mL], 1.1[g/mL], 1.15[g/mL], 1.2[g/mL] と変えて実験を行っていくうちに、水溶液を同じ条件で流しているにも関わらず、流れる時間が変化していることに気がついた。水溶液の流れる時間は水溶液の密度が大きくなるにつれて長くなった。

5. 考察

仮説とは異なる結果になった(表1)。加えて、密度が大きくなるにつれて流れる時間が長くなった。このような結果になった理由は、水に砂糖を混ぜたことにより、⁽ⁱⁱ⁾糖分子が水やほかの糖分子と水素結合を形成し、粘性を持つようになったからである。⁽ⁱⁱⁱ⁾粘性抵抗が働き、流体分子の速度は減速され、流体の運動量が減少したことによって粘土の削れる量が減少したと考えられる。

6. 今後の課題

水の粘性などの密度以外の要素は変えず、密度だけを変える方法を調べて見つけ、その方法を用いて同様の実験を行う。

7. 参考文献

- 1) Z会 (2012年)「流水のはたらき」 <https://service.zkai.co.jp/books/drill/gijhqj0000003xt8-att/a1468583698705.pdf> 2022年11月2日
- 2) radyomx(2021年)「砂糖がねばねばする理由」 <https://radyomx.com/ja/topics/8641-why-sugar-is-sticky> 2023年6月21日
- 3) 機械設計エンジニア1年目の教科書(2021年) 「粘性・粘性力・粘性係数とは」 <https://nana.memo.net/viscosity/> 2023年6月21日

8. 謝辞

本研究をするにあたり、萩原先生と糸谷先生には貴重なご意見とご指摘を頂きました。この場にてお礼申し上げます。

水の密度と削れやすさの関係

3年次理系生徒

1. 研究の動機と目的

日本は、平均して1年間に1000件以上の土砂災害が発生している。私たちは水溶液の密度によって土地の削れやすさに違いがあるのではないかと考え、研究を行った。この研究が土砂災害の減少につながると考えた。

2. 仮説

水溶液の密度が大きくなれば油粘土の削られる量も大きくなる

3. 研究方法

油粘土に水溶液を流す溝を掘り(写真1)、その溝に油性マジックで色を塗って密度の違う水溶液を流した。水溶液の密度は砂糖を混ぜて1.0,1.1,1.15,1.2[g/mL]に調節した。流した後の水溶液に混ざったインクの濃さを照度計を使って計測し、削られた粘土の量を調べた。(写真2,3)



写真1
溝を掘った粘土

4. 結果

表1 水溶液の密度ごとの照度計の数値

水溶液の密度 [g/ml]	1.0	1.1	1.15	1.2
1回目	508	548	610	680
2回目	1033	1082	1135	1236
3回目	1000	1050	1130	1180
4回目	594	537	615	865



写真2

採取した水溶液を計測している様子



写真3

※明るいほど照度計の数値は大きい
表中の数値は照度計の数値[lx]

また、水溶液の密度が1.0,1.1,1.15,1.2[g/ml]の順で流れる時間の長さが長くなった

5. 考察

仮説とは異なる結果になった。(表1)加えて、密度が大きくなるにつれて流れる時間が長くなった。これは水に砂糖を混ぜたことにより、(ii)糖分子が水やほかの糖分子と水素結合をし、粘性を持つようになったからである。(iii)粘性抵抗が働き、流体分子の速度は減速され、流体の運動量が減少したことによって粘土の削れる量が減少したと考えられる。

6. 今後の課題

水の粘性は変えず密度だけを変える方法を見つけ、その方法を用いて同様の実験を行う。

7. 引用文献

- (i) Z会(2012年)「流水のはたらき」<https://service.zkai.co.jp/books/drill/gijhqj0000003xt8-att/a1468583698705.pdf> 2022年11月2日
- (ii) radyomx(2021年)「砂糖がねばねばする理由」<https://radyomx.com/ja/topics/8641-why-sugar-is-sticky> 2023年6月21日
- (iii) 機械設計エンジニア1年目の教科書(2021年)「粘性・粘性力・粘性係数とは」<https://nanamemo.net/viscosity/> 2023年6月21日