

令和 6 年度

理 数 科 課 題 研 究 報 告 書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

〔 物理分野 〕

- 自作カタパルトを用いた無回転ボールの射出実験 1
井澤 咲太, 植田 健太, 佐古 貫一郎, 野田 健太, 濱田 佳槻
- ドーナツ型円盤の水面落下時における水の跳ね上がり方の研究 5
岸本 春翔, 小天 良真, 鈴木 蓮, 永幡 悠, 廣野 瑛士, 森尾 仁紀
- 1 球と連結球の衝突現象についての研究 9
赤松 克哉, 岩江 洸青, 川上 楓真, 小谷 明之, 正木 兵助, 三村 采生

〔 数学分野 〕

- 逆円錐内を転がる球の運動の考察 13
壽恵 敦, 瀧 元春, 徳田 淳史, 牧原 けん, 水田 淳永, 光岡 航星, 横山 恵也

〔 地学分野 〕

- 津山地域における地すべり調査とモデル化の検討 17
井上 幸菜, 井上 結寿, 奥山 純, 桑守 孝明, 兒玉 悠里, 佐古 亮裕

〔 化学分野 〕

- 磁場効果を利用したゼオライト担持光触媒の触媒作用の制御の検討 21
下山 凜, 武田 真佳, 田中 麻友, 長澤 有祐

〔 生物分野 〕

- 化粧品と皮膚常在菌 25
秋元 万穂, 安藤 優和, 川田 桃子
- 十六夜池のユーグレナの培養方法の確立
～Establishment of a Method for culturing Euglenas in the Izayoi Pond～ 29
長瀬 有慶, 春名 伽保, 水野 悠有

- ・ 謝辞 33

〔 付録 〕

- 研究発表ポスター集 34 ～ 41

自作カタパルトを用いた無回転ボールの射出実験

研究者: 佐古 貴一郎 濱田 佳槻 野田 健太 井澤 咲太 植田 健太

指導者: 津田 拓郎 田野 智大 矢吹 仁志

Abstract

At first, we defined a sphere that moves with a weak rotation of 0.5 times/s or less as a “non-rotating ball”. The purpose of this research was to create a non-rotating ball launching device and discuss its accuracy. We actually created a catapult-type non-rotating ball launching device, visually analyzed videos of the launched ball, and calculated the number of rotations and velocity of the ball. As a result, we confirmed that we could launch the non-rotating ball, although the speed was small.

1. 概要

はじめに、0.5回/s以下の弱い回転で運動する球体を「無回転ボール」と定義した。本研究では無回転ボール射出装置を製作し、その精度について考察することを目的とした。私たちは、実際にカタパルト型の無回転ボール射出装置を作り、射出したボールの様子を撮った動画を目視で解析し、ボールの回転数と速度を計算した。結果として、速度が小さかったものの無回転ボールを射出できることを確認した。

2. 序論

多くの球技では無回転ボールの不規則な軌道を描きながら進むという性質を利用した戦術が存在している(図1)。例えば、野球ではナックルボール、バレーボールではフローターサーブ、サッカーでは無回転シュートなどがあり、無回転ボールは球技において重要な要素である。しかし、既存の無回転ボール射出装置は、ローラーによってボールを射出する仕組みの高価なものばかりである。そこで、本研究は製作が容易で廉価版の無回転ボール射出装置の開発の可能性を探ることを目的とした。



図1 無回転ボールの軌道

3. 本研究で用いる用語の定義

(1) 無回転について

本研究では人が打った無回転ボールを軌道の参考とし、実際のバレーボールのプロ選手のフローターサーブを集めた動画から無回転ボールの回転数を調べ、1秒あたりに0.5回転しているボールを無回転ボールと定義した。

(2) カタパルト式射出装置について

土台とアームで構成され、アームの片端に回転モーメントを加えることで物体を射出する装置のことである(図2)。

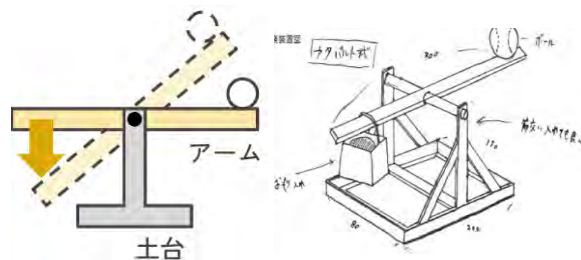


図2 カタパルト式射出装置の概要図(左)と設計図(右)

4. 射出装置製作の過程

射出装置の基本構造としては、当初の筒にボールを入れて、それを後方から押し出す射出方法(打ち出し型)を考えていた。しかし、ボールを射出する力が十分でなく、筒の中においてボールの中心に垂直に力を加えること、装置を地面と固定することが困難であったため計画を変更した。そして、野球の

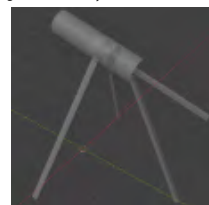


図3 打ち出し型装置の概要図

ピッチングマシーンを参考にカタパルト型の制作を計画し、図2の設計図を基に制作を行った。制作の際には、打ち出し式と同様に回転モーメントを無くすため、ボールに加わる力の作用線上にボールの中心があるようにボールを入れるカゴを工夫した(図4)。

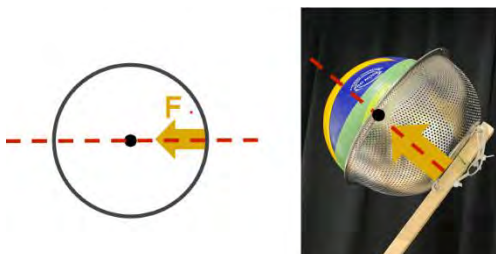
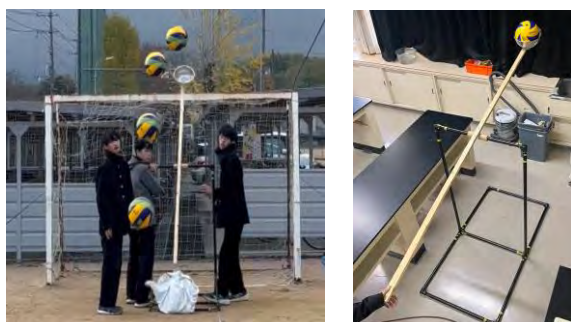


図4 射出装置でのボールの配置について
概要図(左)と実際の様子(右)

5. 研究内容

(1) 実験Ⅰ(射出装置の製作と回転数算出)

射出実験は、金属パイプを用いてアームの長さが2.25mの射出装置を自作した(図5)。実験場所は本校のグラウンドで、ほぼ無風状態のときに行った。射出に使用したボールは5号球のバレーボール(直径約21cm)、おもりは5kgまたは10kgのものを用いた。実験はそれぞれ30回、20回行い、その射出の様子を撮影した。また、ボールの飛距離を記録し、その数値から速度を算出した。撮影した動画は1フレーム(=60分の1秒)ごとにコマ送りし、0.25回を最小単位にして1秒間の回転数を算出し、本研究の無回転ボールの定義との比較を行った。



10フレームごとのボールの様子 製作した射出装置

図5 実験装置(右)と実験の様子(左)

<結果1>

表1 射出したボールの回転数と速度

おもりの質量	10kg	5kg
回転数 [回/s]	1.67	0.29
速度 [km/h]	14.8	13.0

表1から、「①おもり10kgを用いた方が回転数が大きい。」「② おもりが5kg, 10kgで実験したときの速度の差は小さい。」ことが分かった。

<考察1>

5kgでの実験については、無回転ボールの定義をみたしていたが、軌道の不規則変化が見られなかった。原因としては、射出装置で射出したボールの速さが小さく、射出されたボールの後ろにボールの軌道に変化を加えるほどの気流を起こすのに十分な渦ができなかったからであると考えられる。また、10kgにしたときに回転数が大きくなっており、撮影した動画から、射出まではアームから見てボールが静止していることから、ボールとカゴとの静止摩擦力により回転がかかると考え、以下の仮説を立てた。

(2) 実験Ⅰの結果による仮説の設定

まず、仮説を設定するために必要となる変数と定数、ボールにはたらく力を定義する。

g [m/s²]: 重力加速度, m [kg]: ボールの質量

r [m]: アームの中心からボールの中心までの距離

μ : ボールとカゴの間の静止摩擦係数

θ [°]: 射出時のアームと鉛直方向のなす角

本実験における定数としては、 $g=9.80$ [m/s²], $m=0.268$ [kg], $r=1.13$ [m]である。また、ボールの射出方向を前方として、左側から見たときに、時計回りの回転を正回転、反時計回りの回転を負回転とする。そして、これらの物理量を使って、ボールの射出の瞬間にはたらく力について次の①～③に示す考察を行った。

①装置自体が回転しているため、その慣性によ

る回転を考える必要がある。具体的には、 $\frac{v}{2\pi r}$

[回/s]の負の回転の慣性が生じる。

②Nの始点は、静止摩擦力がかかる位置に一致する。その始点がボールの射出方向の延長線のどちら側に来るかによって、静止摩擦力が正の回転を生むか、負の回転を生むかが決まる。また、(最大静止摩擦力の大きさ) $=\mu |N|$ で

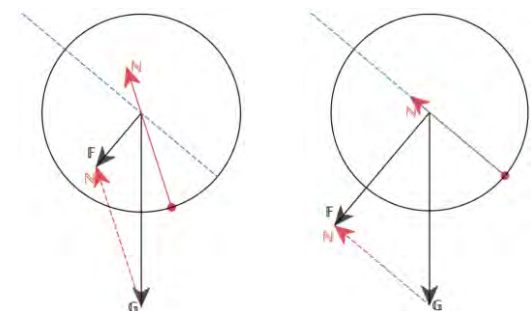
表され、垂直抗力の大きさと摩擦力の大きさが比例関係にある。

③ボールの射出までのボールの運動は円運動で、重力ベクトル+N=向心力ベクトルとなる。

①～③の考察と、実験Ⅰでは $\theta = 40^\circ$ である

ため、向心力 $=m\frac{v^2}{r}$ [N]、重力ベクトル $=mg$ [N]より、 $v=2.91$ [m/s]を基準に次に示す(a)～(c)の3つに分類した(図6)。

(a) $v < 2.91$ m/s のとき (b) $v = 2.91$ m/s のとき



(c) $v > 2.91$ m/s のとき

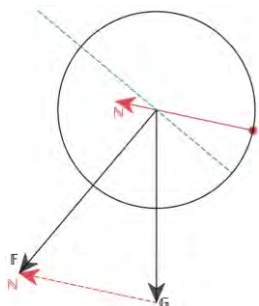


図6 実験Ⅰの考察

(a)のとき静止摩擦力は負の回転を生む。

このとき v が小さくなればなるほど垂直抗力が大きくなり、それに伴い静止摩擦力も大きくなる。

(b)のとき静止摩擦力は回転を生まない。

(c)のとき静止摩擦力は正の回転を生む。

このとき v が大きくなればなるほど垂直抗力が大きくなり、それに伴い静止摩擦力も大きくなる。しかし、静止摩擦力が実際にどれくらいの回転を生むかは様々な要因が関わってくるため、式で表すことが難しい。そのため、次に示す実験Ⅱを行い、(c)のときの静止摩擦力が回転数に与える影響を調べた。

(2) 実験Ⅱ (射出速度の違いによる回転数変化)

ボールの速度によって変わる静止摩擦力とボールの回転数の関係を調べるために人力で

様々な速度でアームを回転させ、ボールを射出した。今回は、測定したデータの力同士の関係を単純にするため、 $\theta = 0^\circ$ で射出した。固定方法は右図のようにカタパルト装置の後ろに椅子をストッパーとして配置し、アームを停止させた。それ以外は実験Ⅰと同条件とした(図7)。



図7 実験Ⅱの様子

<結果2>

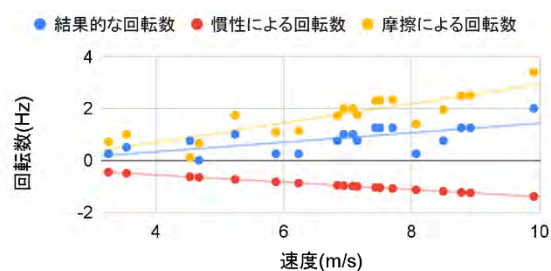


図8 ボールの射出速度と回転数 (1)

図8において、青が実測値、赤が仮説に基づいて計算した慣性による回転数、黄色が青から赤を差し引いた摩擦力によって生まれると考えられる回転数である。グラフの縦軸は正の回転と負の回転をそれぞれ+と-に割り当てている。ボールの速度と静止摩擦力によって生まれると考えられる回転数の相関係数は0.873であった。

<考察2>

相関係数が0.873で強い相関が見られたことから、ボールの速度が大きくなると回転数も多くなる傾向がわかり、これは仮説に矛盾しない。このことから、慣性と静止摩擦力によって回転数が生じていると考えて良いと思われる。しかし、このデータは大きい速度での無回転射出がこの装置では難しいという結論を意味するものではない。

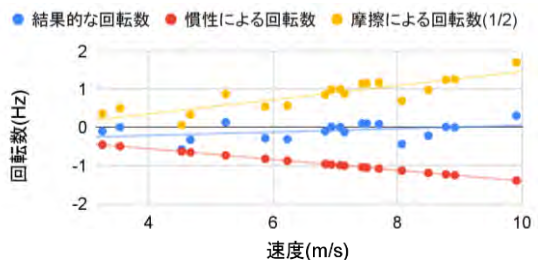


図9 ボールの射出速度と回転数 (2)

図9は、実験Ⅱから求めた静止摩擦力による回転数を半分に変更したものである。静止摩擦係数を小さくするなどして、静止摩擦力による回転数を半分に減らせるとしたら、結果的な回転数は速度にかかわらずほぼ横ばいとなり、非常に大きい速度でも無回転射出を実現できることが予想できる。

6. 結論・展望

実験Ⅰにおいて、おもりが5kgのときは無回転ボールを射出できたが10kgのときは射出できなかったことから、ボールに回転を与える要因について仮説を立て、実験Ⅱを行った。実験の結果から、ボールに回転を与える要因として、慣性と静止摩擦力が有力であり、この仮説が正しいとすると、静止摩擦係数を小さくすることで、静止摩擦力が回転に与える影響を減らせば、速度が大きい無回転ボールを射出できると予想できた。

今後は大きな速度で射出できるように射出装置のアームの剛性を向上させるなどの改良を進め、実験を行うことで仮説の検証を行いたい。大きな速度で無回転ボールを射出できるようになれば、無回転ボールにみられる不規則軌道を確認、分析できると期待できる。そして、研究動機であるスポーツ分野での無回転ボールの理解促進や技術の向上に繋がれると考えている。

7. 謝辞

本研究において手厚く指導、協力してくださった津山工業高等専門学校の前利 仁先生、谷口 圭輔先生、本校教員津田 拓郎先生、田野 智大先生、矢吹 仁志先生に深くお礼申し上げます。

8. 参考文献

① 回転及び無回転のサッカーボールに働く空気力
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmesports/2003/0/2003_9/_pdf (2025年1月29日 閲覧)

② サッカーボールのシュート射出装置の製作と飛翔予備実験
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmesports/2008/0/2008_49/_pdf
(2025年1月29日 閲覧)

③ 四ローラ式ボール射出機の射出機構の開発
https://www.jstage.jst.go.jp/article/transjsme/83/856/83_17-00225/_pdf
(2025年1月29日 閲覧)

ドーナツ型円盤の水面落下時における 水の跳ね上がり方の研究

研究者名 岸本 春翔 森尾 仁紀 小天 良真 鈴木 蓮 永幡 悠 廣野 瑛士
指導者 津田 拓郎 田野 智大 矢吹 仁志

Abstract

The purpose of this study was to clarify the relationship between the size of the hole in the disk and the height of the water that rises from the hole, when a disk with a hole in the center (hereinafter referred to as a disk) is dropped onto the water surface. For this purpose, we constructed a theoretically valid equation, confirmed its validity, and discussed the relationship between the size of the hole in the disk, the initial velocity of the water ejected from the disk, and the highest point reached by the disk. We also made a device to drop disks horizontally on the water surface, dropped disks in a horizontal state, and filmed the water splashing up and analyzed it by video analysis. The results showed that the smaller the hole, the faster the initial velocity of the water.

1. 研究の概要

本研究は中心に穴の空いた円盤(以降円盤と呼称する)を水面に落下させたとき、円盤の穴の大きさと穴から跳ね上がる水の高さの関係を明らかにすることを目的とした。そのために、理論的に成り立つ式を組み立て、その正当性を確かめ、円盤の穴の大きさと突出する水の初速度及び最高到達点の関係性について考察を行った。また円盤を水平に水面に落下させる装置を自作し、水平な状態で円盤を落下させ、跳ね上がる水の様相を撮影し動画解析により分析を行った。その結果、穴が小さいほど跳ね上がる水の初速度は速くなることがわかった。

2. 序論

水の出ているホースの先端を指で潰して穴を小さくした時、水圧の増加により、水はより遠くまで飛ぶ。この現象の仕組みに興味を持ち、本研究ではホースから出る水の運動を穴の空いた円盤を水面に落下させることで再現して、穴を通過した水が最も高く飛ぶ条件を見つけることを目的とした。そして、突出した水滴の達する最高点は、穴から突出する際の初速度に関係し、初速度が大きいほど水滴の最高点の高さも大きくなると考え、穴の大きさを変えたときの水滴の初速度を算出し、比較することを目指した。

水面から1mの高さから水深0.2mの水槽に落下させた。その際、円盤を水平な状態で着水させるため、上方に水平な鉄板と電磁石を設置し、磁力により一度円盤を水平に固定した後、スイッチを切ることで水平な状態で自由落下させた(図2)。



(左：中心の穴5mm, 右：中心の穴10mm)

図1 使用した円盤

3. 研究方法

(1) 実験装置の概要

直径30mm, 厚さ3mmで中心の穴の大きさがそれぞれ5mmと10mmの円盤(図1)を用い、

(2) データの収集

円盤の着水により跳ね上がる水の様相を側面から動画撮影し、動画を動画編集ソフトtrackerを用いて分析することで、水面から突出した直後の水の初速度を算出した。

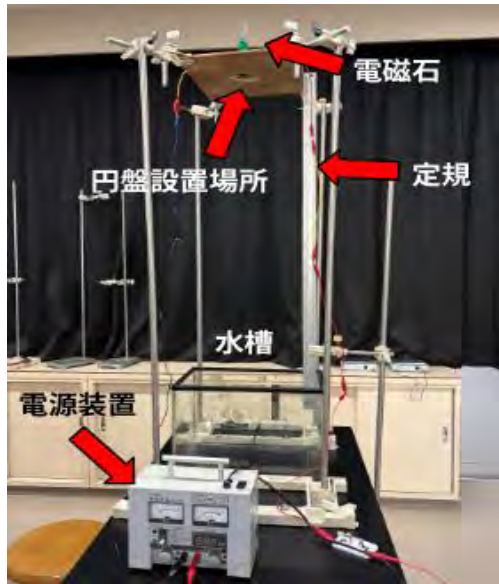


図2 実験装置

(3) 理論式の作成

円盤の穴から水が突出する仕組みについて、落下する円盤の速度が関わっていると仮定し、円盤の速度について理論的に表す式(図3)を作成した。

そして、円盤の穴から水が飛び出す現象の物理的な考察を行い、次に示す仮説を設定した。

$$\begin{aligned}
 ma &= mg - kv \\
 m \frac{dv}{dt} &= mg - kv \\
 \frac{dv}{dt} &= -\frac{k}{m} \left(v - \frac{mg}{k} \right) \\
 \frac{dv}{v - \frac{mg}{k}} &= -\frac{k}{m} dt \\
 \log \left| v - \frac{mg}{k} \right| &= -\frac{k}{m} t + C \\
 v - \frac{mg}{k} &= e^{-\frac{kt}{m} + C} \\
 v &= e^C \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k} \dots \textcircled{1} \\
 v = 0 \text{ のとき } t = 0 \text{ より} \\
 e^C &= -\frac{mg}{k} \quad \textcircled{1} \text{ に代入して} \\
 v &= -\frac{mg}{k} \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k} \\
 v &= \frac{mg}{k} \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)
 \end{aligned}$$

図3 落下中の円盤の速度理論式

m [kg]:円盤の質量
 g [m/s²]:重力加速度
 a [m/s²]:物体の加速度
 t [s]:時間
 k :空気抵抗係数
 c :積分定数

【仮説】

図4のように、円盤が着水時、周囲の水を押し除けることで円盤の下の水の圧力が増加するため、水を押し除けない円盤の中央では相対的に圧力が小さくなり、円盤の穴の中と周囲で圧力差が生じる。これにより周囲の高圧領域の水が低圧領域である円盤の中央に向かって急速に加速し、パスカルの原理より円盤の穴の部分の水が上向きに上昇する。このとき、円盤が水を押し除ける速度が大きい、つまり落下する円盤の質量および速度が大きいほど跳ね上がる水の初速度は大きくなる。また、円盤の穴の大きさが小さいほど圧力が集中し、水面の上昇速度は大きくなる。そのため穴から跳ね上がる水の初速度も大きくなり、高く跳ね上がる。

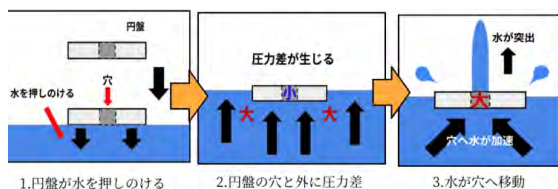


図4 円板の穴の大きさと突出する水の初速度に関する仮説

4. 実験結果・考察

(1) 理論的な考察

まず円盤の落下速度を求める。落下中の円盤に掛かる力を重力と空気抵抗の2力とし運動方程式を立て、 v について解くと上記の式のようになる。この式から円盤の質量 m が大きくなるほど、また空気抵抗係数 k が小さくなるほど円盤が落下する速度は速くなり飛び出る水の初速度も大きくなる。また、円盤の空気抵抗係数 k は円盤の落下の様相をtrackerで分析し、ある一点での円盤の落下の速度と加速度を求め、円盤にはたらく空気抵抗は速度 v を用いて kv と表されることから運動方程式を用いて求めた。上記の仮説より理論的に求めた空気抵抗係数 k は、穴の大きさが10mmのとき0.0325、5mmのとき0.0121となった。このことから、穴の大きさが小さいほうが質量は大きくなり、空気抵抗係数 k は小さくなるため落下速度は速くなる。したがって、穴が小さい円盤ほど突出する水の初速度は速くなると言える。

(2) 動画分析による結果と考察

動画分析により、穴から突出した水の初速度を図5にまとめた。

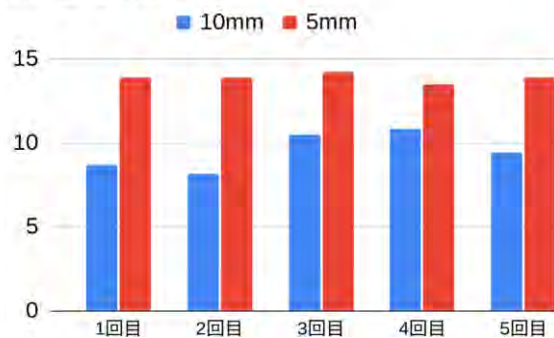


図5 動画分析から求めた水の初速度

図5より、理論的考察と同じく穴の大きさが小さいほど初速度が大きくなる結果となった。また、撮影した動画のいくつかは、円盤の着水後

水が2回跳ね上がるのが確認でき、1回目と2回目の水の跳ね上がり方にはいくつかの差異が見られた。具体的には、2回目の水の跳ね上がりは、1回目に比べ水の上昇速度が小さく、最高地点の高さも低かった。この2回目の跳ね上がりについて、水面の様子を同時に観察すると、円盤が水面に着水した際に発生した波が水槽の縁で反射し、再び円盤の着水地点付近で波の重ね合わせの原理により、1回目と同じく水が跳ね上がっていることが分かった。しかし、水槽の縁で反射する際に波のエネルギーは保存されていないために減少し、再び波が重なっても振幅が小さくなり、そこから跳ね上がる水の初速と水の最高地点の高さがともに小さくなったと考えた。

(3) 実測値からの結果と考察

撮影した動画を分析し、それぞれの円盤を落下させたときに跳ね上がる水の初速度を算出した(表1)。そして、水が跳ね上がり始めてから、一定時間ごとの水の高さについて動画をコマ送り(=30分の1秒)しながら水の運動を鉛直投げ上げ運動とみなして求めた(図6, 図7)。

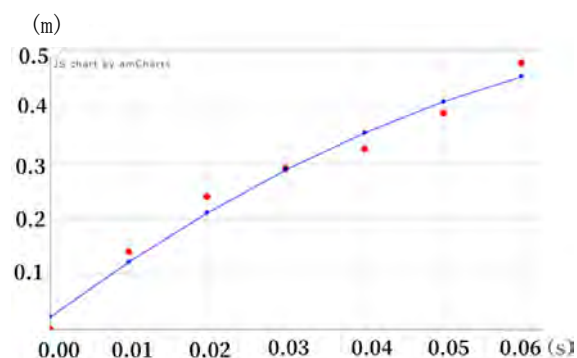


図6 水の跳ね上がる高さ(円盤の穴10mm)

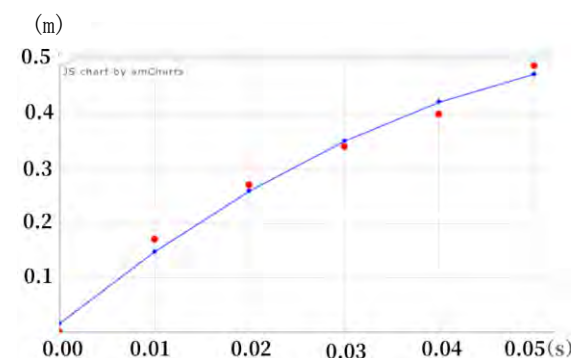


図7 水の跳ね上がる高さ(円盤の穴5mm)

図6, 図7のグラフにおいて, 横軸は水面がある高さに到達するまでの時間, 縦軸はある時間における水面から水滴までの距離を示している。 $v = \frac{dx}{dt}$ より, このグラフの傾きは各時刻での水の速度を示しており, 図7の方がグラフの傾きが急なことから, グラフを用いた分析からも円盤の穴の大きさが小さいほうが跳ね上がる水の速度の大きさが大きくなると分かる。そしてこのことから円盤の穴が5mmの方が最高地点の高さが大きくなると予想できる。

5. 今後の展望

今回の水が円盤の穴から飛び出すとき, 実際には穴を通過する水には表面張力や水と円盤との間の摩擦力など, 水の運動を妨げる力のはたらくため, ある穴の大きさを下回ると水の初速度は減少していくことが考えられる。今後は穴の大きさをさらに小さくすることで, この値の算出にも挑戦していきたい。

また, 2回目の跳ね上がりが本当に水槽の縁に跳ね返り中央で合成されたものなのかどうかを確かめるため, 今回使用した水槽よりも中央から縁までの距離が大きいものを用いて実験し, 2回目の跳ね上がりが発生するまでの時間変容についても同時に研究を進めていきたい。

6. 謝辞

本研究において, 様々な助言をくださった国立津山工業高等専門学校の前利 仁先生, 谷口 圭輔先生, 本校教員津田 拓郎先生, 田野 智大先生, 矢吹 仁志先生に深く感謝申し上げます。なお, 本研究で空気抵抗係数 k に関する情報収集について生成系AIを利用した。

7. 参考文献

1. 水はねの最高点の高さの法則, 大河内 徹他,
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/R04ssh/sc2/22221.pdf>
(2025年1月29日 閲覧)
2. 高校生から味わう理論物理入門(未来の教室)
<https://manabitimes.jp/physics/1931>
(2025年1月29日 最閲覧)

3. 技術計算製作所

https://gijyutsukeisan.com/webapp/analysis/calc_regression/calc.php

(2025年1月29日 閲覧)

4. 高校物理から始める水鉄砲の力学, 小宅 宇海
https://sitmathclub.github.io/research/pdf/2021/omiya/material_oyake.pdf

(2025年1月29日 閲覧)

5. 物理基礎AI(第3回) 運動の法則, 鹿児島大学
<https://www.eee.kagoshimau.ac.jp/~watanabelab/Phys2019/%E7%89%A9%E7%90%86%E5%AD%A6%E5%9F%BA%E7%A4%8EAI-2019-3-R2.pdf>

(2025年1月29日 閲覧)

1球と連結球の衝突現象についての研究

研究者 小谷 明之, 岩江 洸青, 赤松 克哉, 川上 楓真, 正木 兵助, 三村 采生
指導者 津田 拓郎, 田野 智大, 矢吹 仁志

Abstract

This study aimed at analyzing the behavior of multiple super balls during collisions by controlling various conditions and conducting experiments using a custom-made device. In the experiment, the super ball dropped from above was defined as the "upper ball", and the super ball placed below was defined as the "lower ball". The objective was to clarify the regularity of the height achieved during the collision. The results revealed that as the number of upper balls increased, the height to which the lower ball bounced tended to become greater.

1. 研究概要

本研究では複数のスーパーボールが衝突した際のそれらの挙動について、条件を制御しながら分析をするため、独自の装置を作成し実験を行った。その際上部から落下させるスーパーボールを上部球、下においたスーパーボールを下部球と定義し、これらの衝突による高さの規則性について明らかにすることを目的とした。その結果、上部球の数を増やすことで、下部球の跳ね上がる高さは大きくなる傾向にあることがわかった。

2. 序論

ソフトテニスでは地面に転がっているボールに対してラケットで上から叩いてはねさせて拾うことがあり、この動作から地面に置いてあるボールに上から衝撃を与えたときの現象に興味を持った。また、スーパーボールを複数連結させて地面に衝突させる「すつとびボール」の研究では、下部球に相対的に質量の大きい上部球を自由落下させる実験を行っていたが、上部球の弾性をラケットのガットの弾性とすれば、この運動をソフトテニスでボールを拾う際の運動と同じ現象として扱うこともできると考えた。先行研究では衝突後に下部球の跳ね上がる高さの規則性について解明するものはなかった。本研究では上部球の条件を変えて落下させることで下部球の挙動についての現象を解明することを目的とした。

3. 研究内容

方法について

- ①天井から直径4.3mm, 長さ約2.5mの金属製ワイヤーを鉛直に張り、銅板と金床の穴に通す。
 - ②ワイヤーの張力を強くし固定する。
 - ③1mmの穴をあけた直径6cmの上部球（緑色、図1）をワイヤーに通す。
 - ④下部球（桃色、図1）をワイヤーに通し、銅板上に設置する。
 - ⑤銅板上の下部球に上部球を落下させる。
 - ⑥上部球の個数を変えながら、下部球の跳ね上がる高さを動画撮影により最小単位1mmで計測する。
- 実験装置の写真を図1に示す。左側は横から見たもの、右側は上から見たものである。

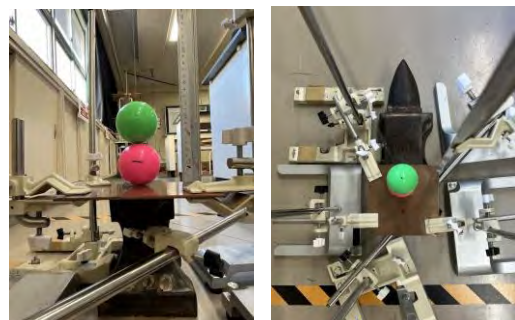


図1 実験装置の写真
(左：横から、右：上から)

実験装置について

先行研究を参考に、ワイヤーを鉛直に張ることで球が鉛直方向で運動するように制御することを試みた。

図2のように球に穴を3箇所開ける方法は、穴が1つのときと比べて球同士の衝突の際に加工されていない球の曲面同士を接触させることができ、また球の水平を保ちやすいと考えた。しかしワイヤー3本を近距離で、鉛直かつ張力の強い状態に保つことは困難であり、ワイヤーとボール間の摩擦も大きくなるためこの方法は断念した。

金床は、スタンドだけでは足りない銅板固定を強化するために使用した。固定する板が銅である理由はない。

ワイヤーの張力の固定にはネジを使うことでワイヤーの取り外しが容易になるようにした。図3に実験装置の概略図を示す。

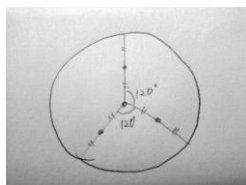


図2 3つの穴の開け方

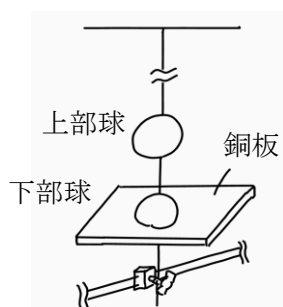


図3 実験装置の概略図

4. 実験

【実験1】

上部球の個数が1個、2個それぞれの場合について、下部球の跳ね上がる高さの測定を行った。

方法

上部球の個数を変え、下部球の跳ね上がる高さを測定した。

仮説

上部球の数を増やすにつれて、上部球が持つ運動エネルギーが増加するため、下部球の跳ね上がる高さも増える。

結果

図4は上部球1球を落下させた場合と上部球2球を落下させた場合のデータである。上部球が1個の場合に比べ、2個の場合

の方が下部球の跳ね上がる高さが大きくになっている。

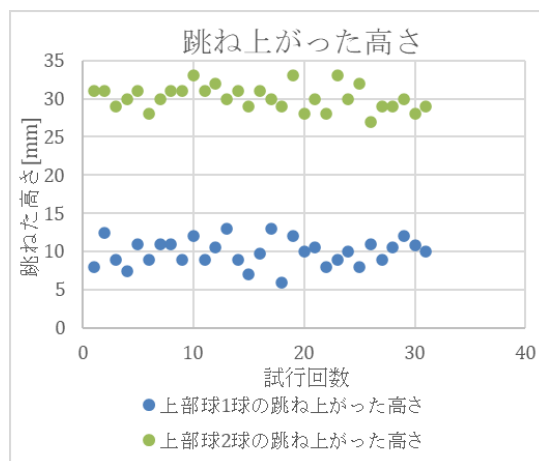


図4 跳ね上がる高さの測定結果

【実験2】

台車を用いて、床と球・球同士の係数の測定を行った。

方法

台車と記録タイマーを使用する。図5のように台車の先端にボールを固定し、片方の台車を動かし、もう1つの台車に衝突させる。衝突直前と直後のそれぞれの台車の速度を測定して反発係数を算出する。

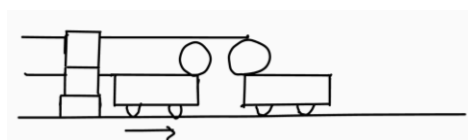


図5台車を使った実験の様子

結果

床と下から1球目の反発係数

・・・ 0.6886

下から1球目と2球目間の反発係数

・・・ 0.4507

下から2球目と3球目間の反発係数

・・・ 0.3504

5. 考察

上部球の数が増えると質量が大きくなり、衝突時に下部球の縮みが大きくなると考えられる。そのため下部球が、上部球と銅板を押す弾性力が大きくなり、衝突後に下部球が跳ね上がる初速度が大きくなると考えられる。そして、衝突後の下部球の運動は鉛直投げ上げ運動とみなせるので、

最高点の高さは初速度に依存し, 上部球2個の方が高く跳ね上がったと思われる。

・上部球1球について

反発係数と運動量保存則によりこの現象を考察した。2球間での衝突は以下のようなメカニズムで起こると考えられる。その様子を図6に示す。

- ①下部球に上部球が衝突する
- ②下部球が鉛直下向きの速度を持つ, 下部球が銅板に衝突する
- ③下部球が鉛直上向きの速度を持つ, 上部球と下部球が衝突する
- ④上部球が鉛直上向きの速度を持つ
下部球が鉛直下向きの速度を持つ
- ⑤下部球が銅板と衝突し, 鉛直上向きの速度を持つ
- ⑥上部球と下部球が共に跳ね上がる

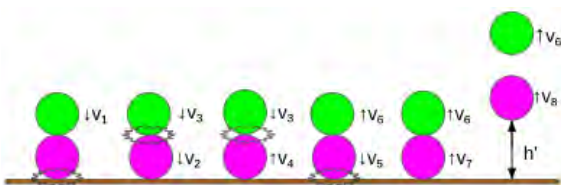


図6 2球間での衝突のメカニズム

下部球と床との反発係数を e_1 , 上下2球の反発係数を e_2 として, 下部球の跳ね上がる高さ h' の表式を求めた。

衝突ごとに反発係数の数値を代入することで球の速度の向きが判別できる。鉛直下向きを正とする。上部球の最終的な上向きの速度 v_6 は次のようになる。

$$v_6 = \frac{1}{4}v_1 \left\{ (1 - e_2)^2 - (1 + e_2)^2 \cdot e_1 \right\}$$

その後の運動は初速度 v_7 の鉛直投げ上げ運動に等しく, そこから下部球の跳ね上がる高さ h' を計算することができ, 以下の

$$h' = \frac{1}{16}h(e_2^2 - 1)^2(e_1 - 1)^2 \cdot e_1^2$$

式を得る。

私たちが使用したボールの反発係数を代入すると, $h' = 3.96\text{mm}$ となり, 実測値とのずれは 5.84mm となった。

図7に示した現象が起こるためには, v_6 は鉛直上向きである必要がある。仮に v_6 が鉛直下向きを向く場合, 上部球は下部球とさらに衝突するためである。実際に使用したボールの反発係数を代入して, v_6 が鉛直上向きになっていることを確認した。さらに, この現象が起こるためには, $v_6 > v_8$ である必要がある。すなわち,

・ v_6 が鉛直上向き

・ $v_6 > v_8$

の2つの条件が必要となる。このことから, 下部球と床との反発係数(e_1), 上下2球の反発係数(e_2)に対して制限をつけることができる。

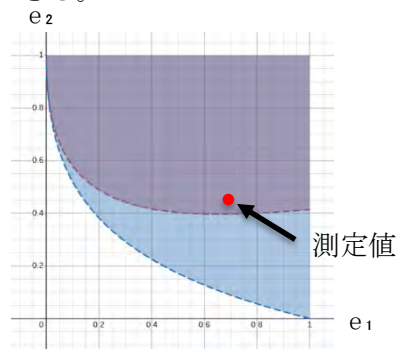


図7 v_6 と v_7 に関する条件を図示したグラフ (横軸が e_1 , 縦軸が e_2)

図7に赤色で示した部分は, $v_6 > v_8$ が成り立つ領域, 青色で示した部分は v_6 が鉛直上向きとなる領域を示している。ただし, どちらも境界線は領域内に含まない。赤の領域と青の領域が重なっている領域において, 上で示した2つの条件が同時に成り立つ。つまりこの部分が, e_1 と e_2 の存在範囲である。図8中の赤点は, 実験2で測定した反発係数の値を示しており, 条件を満たすような領域に存在していることがわかる。

・上部球2球バージョン

上部球1球バージョン同様に考える。上部球が2球となると使用したスーパーボールの反発係数によって, ボールの振る舞いかなり変わる。計算過程で反発係数が大きく絡む式が出て, その正負の判別が反発係数に依存し, 一般式を構築することは不可能であった。しかし, 私達が使用したスーパーボールの反発係数を代入することは可能であり, $h' = 1.332\text{mm}$ となった。こ

れは実測値30.0mmと大きくずれが生じている。これは反発係数測定時に生まれたものが理論式を立てる際、衝突の度に蓄積され、大きなずれを生じさせたと考えられる。

6. 今後の展望

今回の実験で生じた誤差は上部球1球のときは5.84mm, 上部球2球のときは28.688mmとなった。これは読み取る目盛りとカメラが水平になっていなかったことで実際の高さよりも高く読み取ってしまったこと、測定したのが人の手であることが原因であると考えられる。また、衝突の度にエネルギーが摩擦や音エネルギー、熱エネルギーとして失われていくことも挙げられる。さらに、この失われたエネルギーは、上部球の数を増やしていくと、衝突回数が増えることにより大きくなる。これらの失われたエネルギーからスーパーボールに残されたエネルギーを計算し、そこから h' を計算する方法を試してみたいと考えている。また、これからは、これらの測定方法やエネルギーの損失によって生じる誤差をできるだけなくし、上部球が3球, 4球のときの h' を求める。さらに、異なる反発係数のボールを使って実験し、理論式の正しさを確かめていく。

7. 謝辞

実験装置作成に協力してくださった国立津山工業高等専門学校の曾利 仁先生, 谷口 圭輔先生に深く感謝申し上げます。

8. 参考文献

すつとびボールの運動の研究（静岡立科学技術高等学校第28回山崎賞，第29回山崎賞）

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h24/123159.pdf>

（2025年1月29日 閲覧）

<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/113111.pdf>

（2025年1月29日 閲覧）

逆円錐内を転がる球の運動の考察

研究者 壽恵 敦, 瀧 元春, 徳田 淳史, 牧原 けん, 水田 淳永, 光岡 航星, 横山 恵也
指導者 花房 真輝

Abstract

In this study, our aim is to describe the motion of a sphere rolling upon the surface of cones whose axis stand perpendicular to the ground and which open upwards, while considering the forces of friction. We crafted two cones of different angles of opening, and took videos of their movements. We then calculated the location of the ball from the videos with a computer and then the direction of the frictional force. We also checked the ratio of frictional force to normal force at each instant of time.

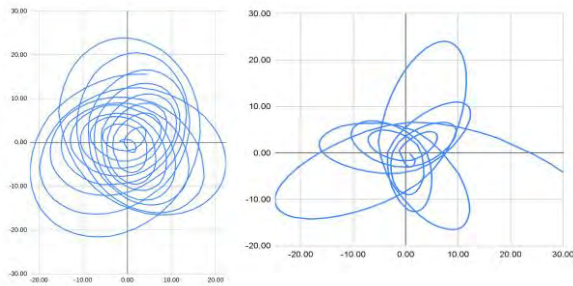
The findings of our analysis are these: 1) The direction of the frictional force increases and decreases according to the rate of change of the radius, centered around $90^\circ + \alpha (> 0)$ from the direction of the velocity opposite to the axis of the cone. 2) The ratio of the frictional force to the normal force is greater when the cone has a larger opening angle, decreases and increases as the distance between the axis and the sphere grows and lessens.

1. 研究の概要

本研究では、上向きに開いた円錐面上を転がる球にかかる摩擦力について分析を行った。アクリル板で作成した円錐上に鉄球を転がし、その動画を解析し、0.03 秒ごとの鉄球に働く摩擦力の大きさと向きを導出した。その結果、摩擦力の向きは速度方向から軸と逆向きに $90^\circ + \alpha$ の方向を中心に球の円錐の頂点からの変化率と対応して増減していることと、摩擦係数が円錐の頂点からの距離の変化に対応して増減することがわかった。

2. 序論

逆円錐面上を転がる球の軌跡は様々であり、例えば子どもの玩具としてビー玉とともに円錐が置いてあれば、子どもは自らビー玉に様々な動きをさせ目を楽しませる。(様々な動き: グラフ 1, 2)

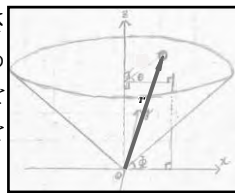


グラフ1

グラフ2

球の動きは、摩擦力がない場合には、運動方程式を解くことにより微分方程式の形で求められる。

球から軸に下ろした垂線の長さを r 、軸に対するある垂線に対する球から軸に下ろした垂線の角度を θ 、円錐面の地面に対する角度を φ とおくと(右図)、



$\ddot{r} = \cos\varphi(r\dot{\theta}^2\cos\varphi - g\sin\varphi) \wedge r\ddot{\theta} - 2\dot{r}\dot{\theta} = 0$
と表せる。導出を以下に示す。

球の位置ベクトルは

$\mathbf{r} = (r\cos\theta, r\sin\theta, r\tan\varphi)$ とおけ、微分は

$$\dot{\mathbf{r}} = (\dot{r}\cos\theta - r\dot{\theta}\sin\theta, \dot{r}\sin\theta + r\dot{\theta}\cos\theta, \dot{r}\tan\varphi)$$

二階微分は

$$\ddot{\mathbf{r}} = (\ddot{r}\cos\theta - 2\dot{r}\dot{\theta}\sin\theta - r\ddot{\theta}\sin\theta - r\dot{\theta}^2\cos\theta, \ddot{r}\sin\theta + 2\dot{r}\dot{\theta}\cos\theta - r\ddot{\theta}\cos\theta - r\dot{\theta}^2\sin\theta, \ddot{r}\tan\varphi)$$

一方で、球に働く垂直抗力による加速度の大きさを n 、重力加速度の大きさを g とおくと、

$$\ddot{\mathbf{r}} = (-n\sin\varphi\cos\theta, -n\sin\varphi\sin\theta, n\cos\varphi - g)$$

よって、

$$\begin{cases} \ddot{r}\cos\theta - 2\dot{r}\dot{\theta}\sin\theta - r\ddot{\theta}\sin\theta - r\dot{\theta}^2\cos\theta = -n\sin\varphi\cos\theta \\ \ddot{r}\sin\theta + 2\dot{r}\dot{\theta}\cos\theta - r\ddot{\theta}\cos\theta - r\dot{\theta}^2\sin\theta = -n\sin\varphi\sin\theta \\ \ddot{r}\tan\varphi = n\cos\varphi - g \end{cases}$$

これを解くと、

$$\begin{cases} n = (\ddot{r}\tan\varphi + g)/\cos\varphi \\ \ddot{r} = \cos\varphi(r\dot{\theta}^2\cos\varphi - g\sin\varphi) \\ r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} = 0 \end{cases}$$

摩擦力のない場合の議論は以上のように単純である。しかし、摩擦力を考慮した球の運動の正確な記述においては球の回転を考える必要があるが、運動が三次元的であることも合わせ議論が煩瑣となり、運動を解くことも大変になる。よって、本研究では球に働く摩擦力を実験的に求め、それを球の位置や速度により記述することで、運動のより簡潔な記述をすることを目的とした。その

うえで「球の回転を無視して運動の反対向きに摩擦が働くということができ、その大きさは(垂直抗力) $\times$ (面が平らなときの動摩擦係数)とみなせる」という仮説を立てた。

本研究では、アクリル板を用いて開き角の異なる円錐を作成し、球に円錐上を運動させ、その運動を撮影し、運動データから摩擦力の働く向きと大きさを求めた。

3. 実験方法

- ① アクリル板で水平面とのなす角が ϕ となる逆円錐を作る。
- ② 図1を用いてアクリル板の摩擦係数を測定する。
- ③ 逆円錐の中心の真上にカメラを設置する。(図2)
- ④ 逆円錐内に球を投げ入れ、その様子を撮影する。
- ⑤撮影した動画をTrackerで解析する。
- ⑥⑤で得たデータの値を分析する。

↓図1

図2→



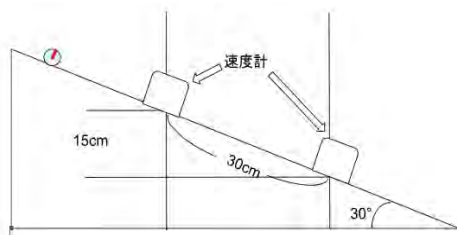
①, ②, ⑤, ⑥の詳細を以下に示す。

[①の作成方法]

まず、アクリル板を、中心角 $360^\circ \times \cos\phi$ なる扇形に切る。次に扇形の二つの直線部が合うようにアクリル板を曲げ、二つの直線部を接合する。この際、はじめはテープを用いたが、はんだごてで溶接するほうがゆがみや段差がより減ったため、接合にははんだごてを用いることとした。

[②の測定]

1. 球を斜面に沿って転がし、その様子を撮影する
2. 球に印をつけ、それをもとに回転数を割り出し(円周) $\times$ (回転数)の値と実際の距離移動を比較する。これより滑っていないことがわかり、角速度を求めることができる。
3. 角速度から回転エネルギーを求める。
4. 速度計のある2点間の力学的エネルギーの差を求める。
5. その差が摩擦力のした仕事であり、それから摩擦係数が求められる。

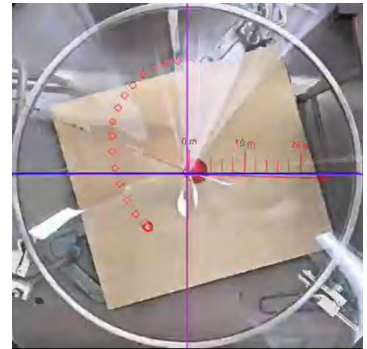


[②の測定結果]

摩擦係数 $\mu = 0.379$ であり、これは一般的にアクリル板の摩擦係数とされている 0.38 と十分近かった。

[⑤の詳細]

Tracker というソフトウェアを用いて、逆円錐の上方から見た球の位置を解析した。今回使用したオートトラッカー機能は対象のテンプレート画像を認識させ、その



そのテンプレートに最も一致する画像をフレームごとに検索することによって機能している。

実験時、動画を 1200% 以上に拡大し、球の存在範囲を示す円を表示させた後その範囲内に球が必ず収まることをルールとして画像を確認した。

実験中常に異常認識がないかどうか確認したため、誤差は最大で表示された円と球の大きさの差異である 0.3mm となった。また、テンプレートに一致する画像を Tracker が見つけられなかった場合にはそのフレームナンバーを記録し、上記のルールに則って、手動でデータを取った。実験後、それらのフレームで得られたデータに異常がないかを確認し、正しいデータであることを確認した。

[⑥の分析方法]

⑤で収集した 1 フレーム(=1/30 秒)の球の位置の情報をもとに、球の速度、加速度、図4における r, θ とその変化率を算出した。そのうえで、摩擦力、垂直抗力、摩擦力の速度方向に対する角度、摩擦力と垂直抗力との比を算出した。

(i) 時刻 t 秒における速度(または加速度)はそれぞれ、 $\{(\text{時刻 } t+1/30 \text{ 秒における位置(速度)}) - (\text{時刻 } t-1/30 \text{ 秒における位置(速度)})\} \times 15$

として求めた。 r, θ の速度も同様。

(ii) 摩擦力の速度方向に対する角度 ϕ と、摩擦力と垂直抗力との比 μ の求め方は、以下の通りである。

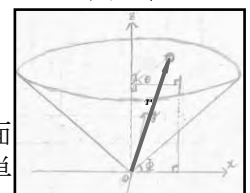
図4↓

座標を図4(右)のようにとる。

球の位置ベクトルを

$\mathbf{r} = (x, y, z)$ とおく。

このとき位置 $\mathbf{r}$ における円錐面の法線ベクトルの z 軸方向の単位ベクトル $\mathbf{e}_n$ は、ベクトル $\mathbf{r}$ とベクトル $(-y, x, 0)$ の双方に垂直であることから、



$$\mathbf{e}_n = \frac{\mathbf{r} \times (-y, x, 0)}{|\mathbf{r} \times (-y, x, 0)|}$$

$$= \left(\frac{-yz}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}}, \frac{-xz}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}}, \frac{x^2 + y^2}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}} \right)$$

このとき垂直抗力による加速度ベクトル $\mathbf{n}$ は、球の加速度の $\mathbf{e}_n$ への正射影ベクトルなので、

$$\mathbf{n} = (\mathbf{e}_n \cdot (\ddot{\mathbf{r}} - \mathbf{g}))\mathbf{e}_n$$

摩擦力による加速度ベクトル $\mathbf{f}$ は $\mathbf{f} = \ddot{\mathbf{r}} - \mathbf{g} - \mathbf{n}$ で定まる。

このとき $\mu = f/n$ となり、摩擦力の速度ベクトルに対する角度(左向き正) ψ は、速度ベクトル $\mathbf{v}$ を $\mathbf{n}$ を軸として左回りに 90° 回転したベクトル

$$\mathbf{v}_\psi = \mathbf{n} \times \mathbf{v}$$

を考えると、 $\tan\psi = \frac{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}_\psi}{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}}$ なので、 $\psi = \text{atan}\left(\frac{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}_\psi}{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}}\right)$ となる。

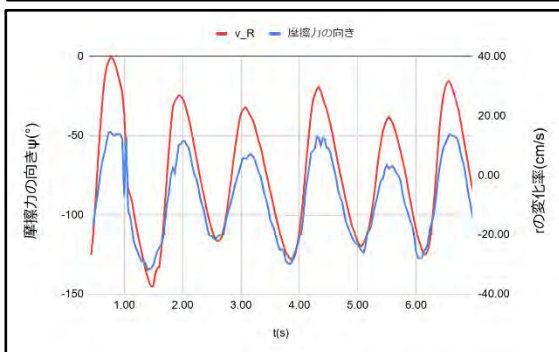
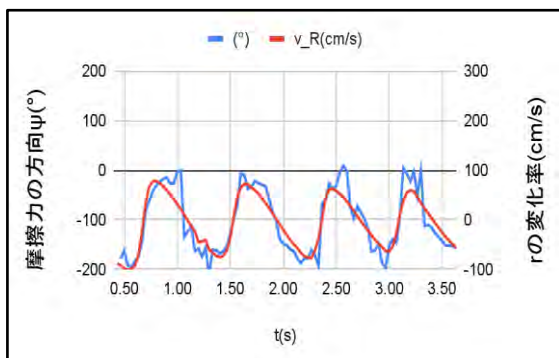
4. 結果

⑥の結果

30° の円錐は8個、 15° の円錐は10個のデータを分析すると、以下の傾向が読み取れた。

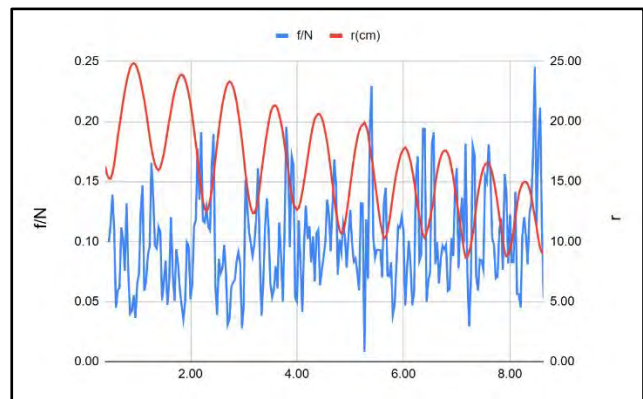
(1)摩擦力の向きは、速度方向から円錐の軸と逆向き $90^\circ + \alpha$ ($30^\circ \rightarrow \alpha = 10^\circ \sim 14^\circ$, $15^\circ \rightarrow \alpha = 1^\circ \sim 2^\circ$) の方向を中心に r の変化率に対応して増減をしている。

$\varphi = 30^\circ$ のある測定における値

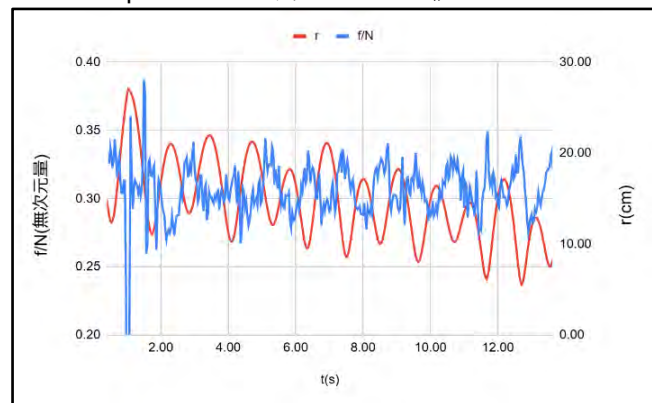


$\varphi = 15^\circ$ のある測定における値

(2)(摩擦力の大きさ)/(垂直抗力の大きさ)の値は、 $\varphi = 30^\circ \rightarrow 0.11$ 程度、 $\varphi = 15^\circ \rightarrow 0.31$ 程度であり、 r が増加すると減少し r が減少すると増加するが、 r の減衰によっては減少しない。



$\varphi = 30^\circ$ のある測定における値



$\varphi = 15^\circ$ のある測定における値

5. 考察及び結論・展望

実験結果より、

(i) 摩擦力の向きは、速度方向から円錐の軸と逆向きに $90^\circ + \alpha$ ($\alpha > 0$, α は φ に対応し、 φ の増大につれ大きくなる) の方向を中心に、 r の変化率に対応して増減をしている。

(ii) μ の値は、 φ が小さいとき面が平らなときの摩擦係数に近く、 φ の増大につれ減少する。

(iii) μ の値は r が増加すると減少し r が減少すると増加するが、 r の減衰によっては減少しないという傾向が見出された。

今後の展望としては、 $\varphi = 15^\circ, 30^\circ$ 以外における実験や、さらに動画のフレーム数を多くして撮影した実験を行いデータを充実させ、 r の変化率と摩擦力の向き φ と α , φ と μ , r と μ の関係をより明らかにするとともに、(i)～(iii)を踏まえたモデルを作成し、シミュレーションを行い実測値と比較することで、モデルをより実用的なものとしていきたい。

6. シミュレーションについて

シミュレーション結果と実際の値を比較することで、モデルの検証ができる。

以下のような手順のシミュレーションを考えた。

- 1 位置ベクトル $\mathbf{r}$, 速度ベクトル $\mathbf{v}$ を初期条件で定義し, 計算の時間間隔 t_{span} , シミュレーションの長さ t を定義する
- 2 以下字下げ部を t / t_{span} 回繰り返す
- 3 運動面に対し垂直な方向ベクトル $\mathbf{e}_n$ (長さ 1) を前頁左上の式で定義する
- 4 考察の傾向 (i) ~ (iii) を用いて, 摩擦係数ベクトル (= 摩擦力ベクトル ÷ 垂直抗力) $\boldsymbol{\mu}$ を定義する
- 5 $\mathbf{r} = \mathbf{r} + \mathbf{v} \times t_{\text{span}}$ として, 位置を再定義する
- 6 $\mathbf{r} + (\mathbf{v} + (\mathbf{n}(\boldsymbol{\mu} + \mathbf{e}_n) + \mathbf{g}) * t_{\text{span}}) * t_{\text{span}}$ が円錐状に来る $\mathbf{n}$ を求める
- 7 $\mathbf{v} = \mathbf{v} + (\mathbf{n}(\boldsymbol{\mu} + \mathbf{e}_n) + \mathbf{g}) * t_{\text{span}}$ で速度を再定義する
- 8 $\mathbf{r}, \mathbf{v}, \boldsymbol{\mu}$ などを出力する
- 2 に戻る

以上のシミュレーションを Python で作成し実行したところ, $\boldsymbol{\mu}$ の値として, 最初に仮に代入した値と 0 とが交互に出力されるという不具合が発生したので, 現在改善中である。

6. 参考文献

Sphere rilling on the surface of a cone
https://www.researchgate.net/publication/237381942_Sphere_rolling_on_the_surface_of_a_cone
 (2025.12 月閲覧)

津山地域における地すべり調査とモデル化の検討

研究者 井上 幸菜, 井上 結寿, 奥山 純, 兒玉 悠里, 桑守 孝明, 佐古 亮裕

指導者 南 洋明, 篠山 優也, 横山 義人

Abstract

In the beginning, we defined “landslide” as a phenomenon in which a portion of land slides or moves due to groundwater or other factors. The purpose of this study is to clarify the conditions under which landslides occur in the Tsuyama area, and to develop a model based on these conditions.

We created a strata model by aligning the conditions of the soil that constitutes the strata and the slope of the strata. Then, we attempted to reproduce the sliding phenomenon using the model.

The result shows that we could observe the landslide phenomenon in the model. We also found that the angle of the slope where the landslide was actually measured during fieldwork (hereafter referred to as “slip-off cliff”) and the that of the slip-off cliff where the landslide occurred in the strata model were consistent with each other to some extent. The angle of the landslide is shown to be to some degree in agreement with the angle of the landslide cliff in the geologic model.

1. 研究の概要

はじめに、土地の一部が地下水等に起因してすべる現象又はこれに伴って移動する現象を「地すべり現象」と定義する。本研究の目的は、津山地域における地すべり現象が起こる条件を明らかにし、その条件を基にモデル化をすることである。研究ではまず、地層を構成する土と地層の傾きの条件を揃えて地層モデルを作成した。そしてそのモデルを使ってすべり現象の再現を試みた。その結果、作成した地層モデルで地すべり現象が観測された。また、フィールドワークで実際に計測した地すべりが起きたとされる斜面の傾斜（以下滑落崖）と、地層モデルで地すべりが起きた滑落崖の傾斜とが、ある程度一致することが明らかになった。

2. 序論

近年、豪雨や地震で土砂災害の一種である地すべりが全国で多く発生している。また、地すべりについて調べると、津山市紫保井地区では地すべりが多く発生しているということがわかり¹⁾、津山市における斜面災害の可能性に興味を持った。本研究では紫保井地区を調査地に選んだが、その理由は津山市で地すべりの発生が確認されていることに加え、学校から近く現地調査に行きやすいこと、民家が建っておらず土を採取しやすいことである。

本研究では、地層の重なりと地層に含まれる岩石に着目して紫保井地域における地すべり現象の発生条件の解明を本研究の目的とした。



図1 津山市中心部の地すべり警戒区域

3. 研究内容

I 現地調査

(1) 事前調査

岡山県津山市紫保井は、地すべり防止区域である。斜面防災対策技術協会の報告書によると、昭和40年代から地すべり活動が活発になったとの記述がある。国土地理院地図の陰影起伏図を確認すると、馬蹄形滑落崖が多く見られた。また、紫保井地域は民家が少なく地面が比較的塗装されていない地域であるので、調査地を選んだ。フィールドワークの目的は、地すべり地形を観察し、地すべりが起きた場所の土壌の試料を採取することである。

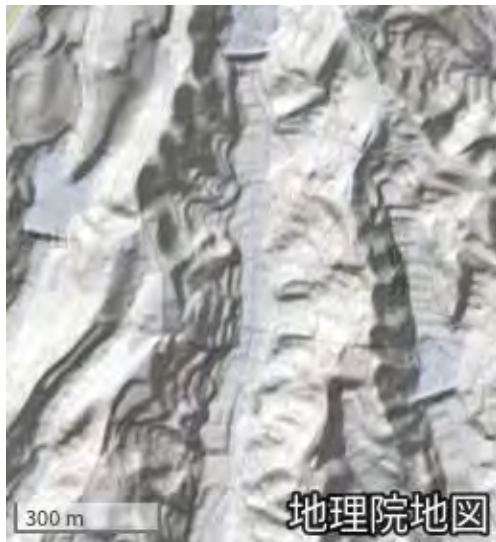


図2 紫保井地区の国土地理院地図

(2) 本調査

滑落崖の2種類の土壌を資料として採取した。道路沿いの露頭と滑落崖を観察した。

①露頭

上部に日本原層、下部に高倉層が見られた。日本原層は地質図に記載されていない地層で、第四紀洪積世にできたと言われている。地層は概ね赤褐色であった。最大で人の頭ほどの大きさの角礫を含んでいた。礫は、花崗岩、チャート、泥岩、デイサイトが見られた。

高倉層は、泥岩の層だった。走向と傾斜はN5E 20W（走向が北から東に5度振れて、西向きに20度傾いている）だった。

日本原層の下位には、基底礫岩が存在するので、日本原層と高倉層は不整合の関係にある。



図3 地層面の写真（大きさの比較のために長さ15cmのボールペンを置いている）

②滑落崖

道路の東側に滑落崖が見られた。傾斜はN10W 60E（走向が北から西に10度振れて、東向きに60度傾いている）だった。地層の傾斜方向と斜面の傾斜方向が反対の、受け盤斜面となっていた。

II 粘土鉱物の同定

<目的>

地すべりが発生した地域の土壌の特性を知るために、2種類の土壌に含まれる粘土鉱物を特定する。

<方法>

- ①500 mL ビーカーに水 200 mL、試料約 40 g を入れ水洗いする。
- ②30 秒静置したあと、水を捨てる。
- ③①と②の工程を5回繰り返す。5回目に静置する時間は15秒にする。
- ④上澄み液をスライドガラスにのせて、水が蒸発した後、偏光顕微鏡で観察する。

<結果>

2種類の地層から得られた試料をクロスニコルで検鏡すると、どちらからも異常干渉色を示す鉱物が認められ、緑泥石と判断した。

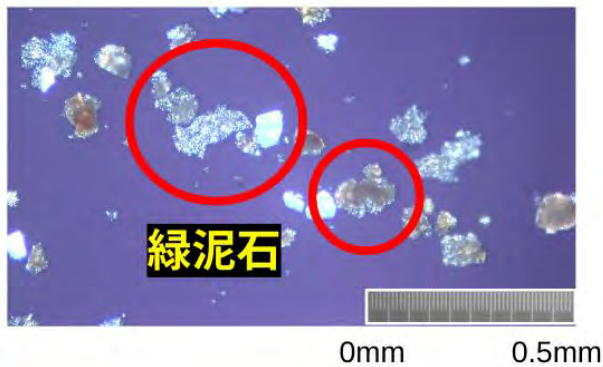


図4 偏光顕微鏡で観察した緑泥石

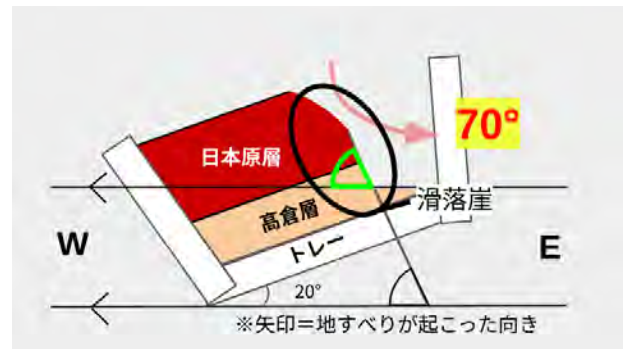


図6 モデルの滑落崖の角度

Ⅲ 地すべりの実験的シミュレーション

(1) 実験1

<目的>

地すべり現象の有無やモデルの変化の観察。

<方法>

- ①現地調査で計測した地層面の角度が 20° であることから、調査地の2層の地層（日本原層、高倉層それぞれ 300 g ずつ）の重なりをトレイの中に再現し、モデルを作成する。
- ②表面の土が水に浸る程度の水をモデルにかける。
- ③静置して乾燥させてから観察する。ひび割れを滑落崖とみなし、計測した角度を現地調査で計測した滑落崖の角度と比較した。

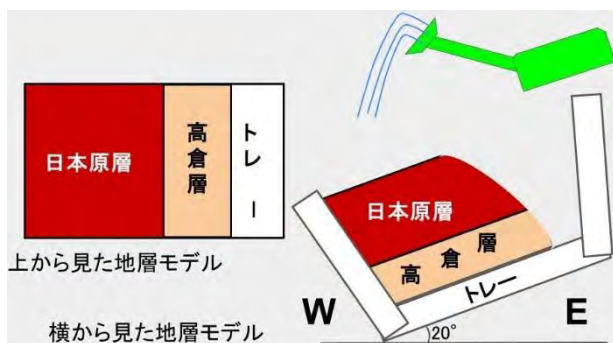


図5 作成したモデルの略図

<結果>

モデルの滑落崖の傾斜は 70° だった。調査地の滑落崖の傾斜は 60° であったので、おおよそ一致している事がわかった。

(2) 実験2

滑落崖が流れ盤ではなく受け盤であったことを疑問に思った。日本原層が高倉層の上部に薄く堆積していることが、地すべりが発生する場所の要因になっていると仮定した。

<目的>

上記過程の検証。

<方法>

- ①実験1と同じモデルと、実験1のモデルの上部の日本原層を高倉層に置き換えたモデルを作成した。
- ②実験1と同様にして実験を行った。
- ③iPadを用いて、モデルの表面の写真を撮影した。撮影した写真を観察し、ひび割れと見られる場所に線を引いた。
- ④客観性を高めるために、複数人がそれぞれ線を引く作業を行った後にひび割れかどうかを話し合って判断した。

<結果>

2つのモデルにはひび割れの大きさや向きのような違いが見られた。



図7 実験2の結果の写真。左は実験1と同じモデル、右は実験1のモデルの上部の日本原層を高倉層に置き換えたモデル。

4. 結論・考察

地層モデルの滑落崖の傾斜は調査した滑落崖のものとはほぼ一致していたことから、紫保井地区で発生した地すべりを再現することができたといえる。

また、新第三系高倉層と第四系日本原層の双方から緑泥石を発見することが出来た。先行研究によって緑泥石が地すべりの原因であることが明らかになっており³⁾、これが紫保井地区地すべりの要因の一つと考えられる。

モデル化実験の結果から、上位の礫岩層と下位の泥岩層の境界部には雨水が集中して、その後乾燥するとひび割れが生じ、さらにその割れ目に水が入ることによって地滑りが起こったと考えているが、さらに検討を重ねる必要がある。

5. 展望

モデル化実験の試行回数は3回のみであった。より多くの実験を行う必要がある。

モデルは調査地から採取した土壌を使用しているため、土の粒子の大きさや粒子の積み重なり方などにおいて本研究で作成したモデルは厳密な調査地のモデルにはならない。そのことが結果にどの程度影響するのか、より調査地に正確なモデルを作成するにはどうしたら良いのかをこれから検討したい。

また、ひび割れの程度を表面からの観察のみで把握しており、内部のひび割れを考慮できていない。ひび割れの程度を測る方法も検討したい。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたって熱心にご指導いただきました津山工業高等専門学校の谷口圭輔先生にこの場をお借りして感謝を申し上げます。

7. 参考文献

1) 斜面防災対策技術協会. 「紫保井地すべり」.
『斜面災害技術』. 46(2).

2) 吉川陽向ほか. 「条件を変えた斜面災害モデル」.
『スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会要旨集』, 348-349

3) 石黒靖彦ほか. (2005). 「地すべり地における緑泥石の風化と粘土鉱物組成」.
『日本応用地質学会発表論文』

磁場効果を利用したゼオライト担持光触媒の 触媒作用の制御の検討

研究者 長澤 有祐, 田中 麻友, 武田 真佳, 下山 凜

指導者 矢野 雄暉, 篠山 優也

Abstract

Generally, a photocatalyst is a substance which shows its nature can decompose organic matter by irradiating UV rays. TiO_2 is the typical example. However, one of the problems is that the cases of the TiO_2 use are often restricted. This is because its reactivity has no peculiarity due to the principle of catalyst reaction while it is expected that TiO_2 to be applied as a substance which can decompose organic matter in industrial drainage. So we aimed at increasing its decomposition efficiency and giving it the selectivity to target molecules by supporting TiO_2 with zeolite and adding a magnetic field to the catalyst reaction based on the preceding studies. At first, we synthesized zeolite-supported photocatalysts and had experiments of decomposition to the target molecules with the photocatalysts. This result shows about 7% of the target molecules were decomposed with the photocatalysts added to the magnetic field. Therefore, we have concluded that zeolite-supported photocatalysts can enhance its catalysis on these experiments using the magnetic field.

1. 研究の概要

一般に、光触媒とは光を照射することで触媒作用を示し、有機物を分解できる性質をもった物質であり、酸化チタンはその代表的な例である。酸化チタンは工業排水中の有機物の分解など、その応用が期待される一方で、触媒反応の原理上、反応性に特異性がなく、利用できる場面が制限されるといった課題がある。そこで我々は先行研究に基づき、酸化チタンをゼオライトに担持させ、磁場をかけることで標的分子に対する分解効率の向上と触媒反応への選択性の付与を目指した。まず始めに、ゼオライト担持光触媒を合成した。続けてそれを用いた標的分子の分解実験を行った。その結果、ゼオライト担持光触媒に磁場をかけた条件において、標的が約7%ほど分解された。このことから、磁場効果によってゼオライト担持光触媒の触媒能を向上させることができる可能性が示された。

2. 序論

光触媒は、外壁の防汚や殺菌など、私たちの日常生活に広く普及してきており、工業排水中の有機物質の分解などの利用も期待されている。しかし、光触媒はその触媒作用の原理上、反応に特異性がなく、使用できる場面が制限されるという課題がある^[1,2]。一方で、分子ふるい効果を有するゼオライトに酸化チタンを始めとする光触媒を担持させ、触媒反応の場の制御を行う研究が行われている^[3]。加えて、磁場効果によって酸化チタン光触媒の分解効率が向上することが報告されている^[4]。そこで、我々は酸化チタンを多孔性

物質であるゼオライトに担持させ、そこへ磁場をかけることによって、有機物の分解効率を向上させつつ、有機物分解作用に選択性を付与させることができるのではないかと考えた(Fig.1)。

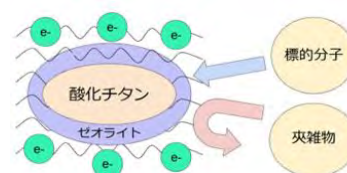


Fig.1 ゼオライト担持光触媒による
標的分子の分解の概念図

3. 実験方法

(1) ゼオライト担持光触媒の合成と評価

水に酸化チタン TiO_2 を加え、1.0wt% TiO_2 ゼル溶液を調製した。このゼル溶液に TiO_2 の重量1に対して0.5と2.0の割合のゼオライト Zeo を加えて攪拌した後、加えた水が蒸発するまで、約60℃で静置し、乾燥させることでゼオライトの表面に TiO_2 ゼルを均一に沈積させた。沈積させた混合物(1.5g)を電気炉で800℃で1時間熱処理し、ゼオライト担持酸化チタン (TiO_2 -Zeo)を得た。その後、合成した試料を走査型電子顕微鏡(SEM)で確認した。さらに、ゼオライトや酸化チタンの構造が保持されているかをX線回折測定(XRD)を行い評価した。

(2) 磁場を用いた標的の分解実験

本実験ではモデル標的分子として、Zeo の細孔径5.0Åよりもサイズが小さく(4.3Å)、定量が容易な酢酸を選択した。0.015mol/Lの酢酸水溶液に対し、 TiO_2 -Zeo(0.010g)を加え24時間沈殿させた。その後バブリングを行いつつ、磁場(240mT)をかけながら約9時間紫外線照射を行った(この条件を以下では TiO_2 -Zeo(+磁場)と記す)。その後、溶液中の酢酸のモル濃度を中和滴定により算出した。また、磁場効果によって TiO_2 の分解効率が向上されたかどうかを評価するために、 TiO_2 や Zeo を加えず、磁場もかけない条件(以下、Control(-磁場))、 TiO_2 (0.010g)を加えて磁場はかけない条件(以下、 TiO_2 (-磁場))、 TiO_2 -Zeo(0.010g)を加えて磁場はかけない条件(以下、 TiO_2 -Zeo(-磁場))でも同様の実験を行った。

【試薬・器具・装置類】

- ・酢酸 (富士フィルム純薬株式会社)
- ・蒸留水
- ・ゼオライト (東ソー株式会社 ZSM-5)
- ・酸化チタン(IV) (ナカライテスク株式会社 純度 $\geq 98.0\%$)
- ・水酸化ナトリウム (富士フィルム純薬株式会社)
- ・紫外線照射器 (大信工業株式会社 紫外線波長 253.7nm)
- ・ネオジム磁石 (240mT)

4. 結果と考察

(1) ゼオライト担持光触媒の合成と評価

SEM で観察された TiO_2 -Zeo の構造と Zeo の構造を比較したが、大きな差は確認できなかった(Fig.2)。さらに、元素分析を行った結果、ケイ素元素と酸素元素がまばらに確認でき、チタン元素もわずかに確認された(Fig.3)。以上から TiO_2 -Zeo は Zeo の構造を保ったまま、 TiO_2 が Zeo によって覆われた状態にあることが示唆された。

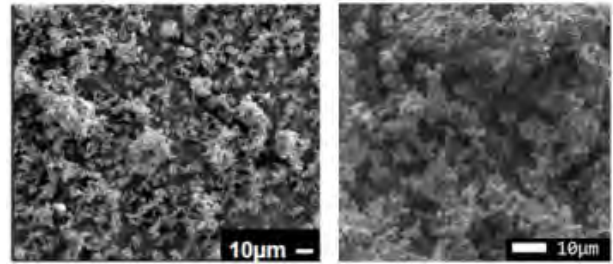


Fig.2 合成された TiO_2 -Zeo の SEM 画像(左), Zeo の SEM 画像(右)

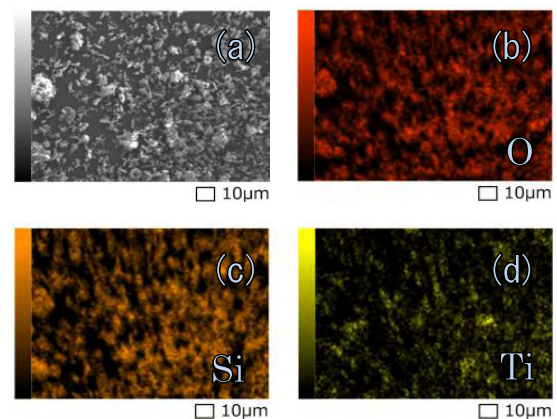


Fig.3 (a) 合成された TiO_2 -Zeo の SEM 画像, (b)~(d) (a)に対応する元素マッピング

続けて、合成した試料の X 線回折測定(XRD)を行った結果、合成した $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ の XRD のピーク位置は TiO_2 の単体と Zeo の単体のそれぞれのピーク位置と一致した。この結果は、合成した $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ において、 TiO_2 と Zeo それぞれの構造が保持されていることを強く支持するものである。(Fig.4)。

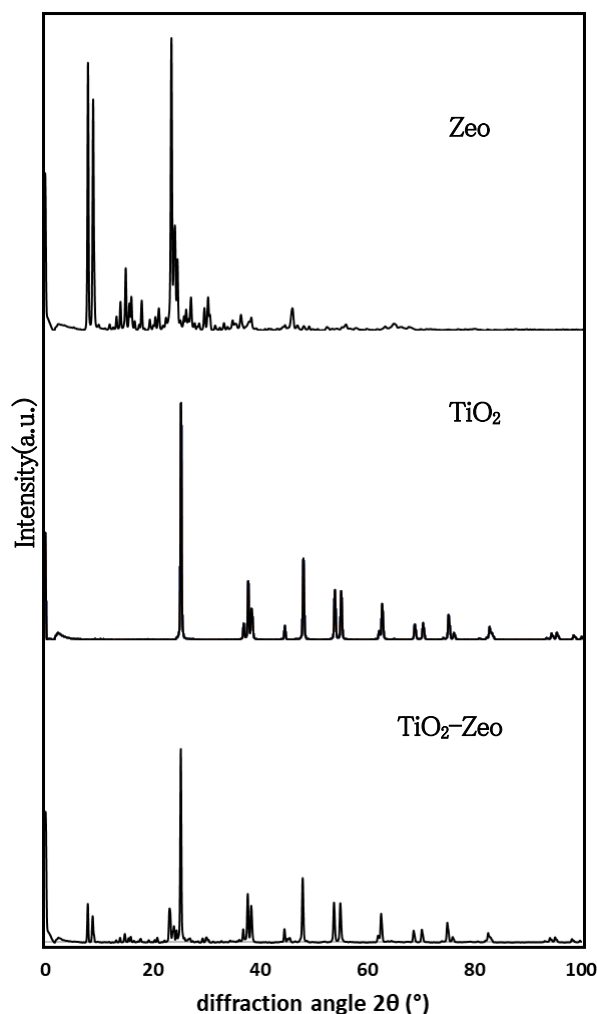


Fig.4 Zeo, TiO_2 および $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ の X 線回折パターン

(2) 磁場を用いた酢酸の分解実験

結果は Fig.5 のようになった。 $\text{TiO}_2\text{-Zeo(+磁場)}$ の条件においては、Control(-磁場)、 TiO_2 (-磁場)、 $\text{TiO}_2\text{-Zeo(-磁場)}$ の各条件と比べて、酢酸のモル濃度が約 7% 低下していることが確認できた。Zeo 自体が有機物を吸着することも知られてはいるが^[3]、今回は磁場をかけた条件のみで酢酸の濃度の減少が確認されたことから、合成した $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ 中の TiO_2 の標的分解効率が磁場効果によって高められた可能性が示唆された。

また、 TiO_2 (-磁場)及び $\text{TiO}_2\text{-Zeo(-磁場)}$ の条件では、予想に反して Control(-磁場)と比較しても、酢酸のモル濃度が微増した。決定的な要因は不明であるが、溶液が入っているビーカーを密閉させるためにつけていたラップに、紫外線照射後の時点で水滴がついていたことから、容器内の水が一部蒸発して減少し、見かけ上酢酸のモル濃度が上昇した可能性が考えられる。

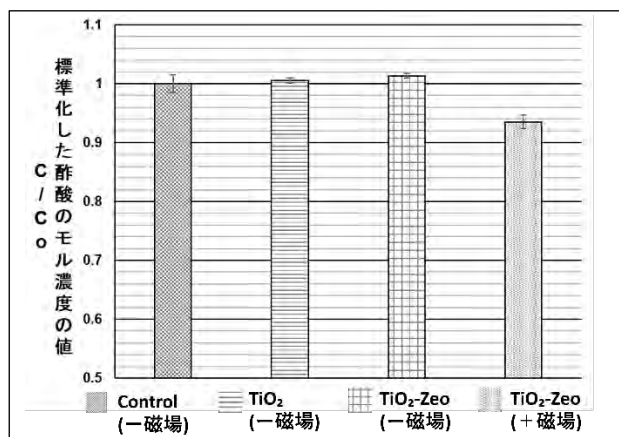


Fig.5 各条件における紫外線照射後の酢酸水溶液のモル濃度
(TiO_2 , $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ 未添加時の酢酸のモル濃度を 1 として標準化)

5. 結論

TiO_2 や Zeo の構造を保持したまま $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ を合成することができた。加えて $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ に磁場をかけることで光触媒の有機物の分解効率を向上できる可能性を示した。

6. 今後の展望

本研究では標的分子として Zeo の細孔径 $5.0\text{\AA}$ よりも小さい $4.3\text{\AA}$ の酢酸を用いた。今後は分子径が Zeo の細孔径よりも大きい標的分子を利用して、 $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ の分解作用に選択性を付与させることができていかどうかを評価したい。また、分解効率をさらに向上させるための $\text{TiO}_2\text{-Zeo}$ の合成条件や、磁場条件の検討を行いたい。

7. 謝辞

谷口圭輔准教授, 田口理沙子様(津山工業高等専門学校)には, 合成したゼオライト担持酸化チタンの SEM 画像撮影や XRD の測定をお忙しい時間を割いて行っていただきました。得られたデータは結果の解釈を深めるもので, 今後の研究にも繋がっていくものだと思います。心より感謝申し上げます。

8. 参考文献

- [1] Fujishima *et al.* “Titanium dioxide photocatalysis” ,J.Photochem.Photobiol.(2000),1,1
- [2] Shiraishi *et al.* “Titanium Oxide-based Photocatalysts for Selective Organic Transformations” J.Japan Petroleum Inst.(2012),55,5
- [3] Yu *et al.* “Photodegradation of Aromatic Pollutants in Water over TiO₂ Supported on Molecular Sieves” Applied Catalysis B.(2001),31,241
- [4] Yuecheng *et al.* “Magnetic field effect on the photocatalytic degradation of methyl orange by commercial TiO₂ powder” ,RSC(2021) Advances(2021),11,6284

化粧品と皮膚常在菌

研究者 安藤優和 川田桃子 秋元万穂
指導者 小西明雄 大澤七海

Abstract

The purpose of this study is to show what kind of skin care products are effective by using “a feasible method even for high school students”. The best way to examine resident skin bacteria is to actually conduct experiments on human skin. However, this method is not feasible for high school students because it may be considered as human experiment as defined by the Declaration of Helsinki. In addition, the method used in previous studies to determine the type of bacteria by DNA analysis is expensive and cannot be used. Therefore, using mediums that can make a difference between *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*, lotion and the number of bacteria was examined.

1. 研究の概要

本研究は、どのようなスキンケア用品が効果的であるかを「高校生でも実現可能な方法」を用いて示すことを目的とする。そこで私たちは皮膚常在菌に着目し、実験を行った。皮膚常在菌を調べる場合、実際に人の肌で実験する方法が一番良い。しかし、それは人体実験となりかねず、高校生でも実現可能な方法とは言えない。また、先行研究で用いられているDNA解析によって菌の種類を判断する方法は高額であるため使うことができない。よって、黄色ブドウ球菌と表皮ブドウ球菌を判別できる培地を用いて、培地に化粧水を加え、化粧水と菌数の関係を調べた。

2. 序論

思春期である高校生の多くは肌の悩みを抱えている。しかしスキンケア用品の種類は多くどれを選べばよいかわからない。そこで本研究では高校生でも扱うことのできる実験方法を組み合わせ、スキンケア用品の有効性を科学的に評価することができるかを検証する。先行研究から、皮膚常在菌と肌の状態は関わりを持つことがわかっている。そのことを踏まえ、皮膚常在菌数の増減を観察することでスキンケア用品の有効性を示すことを目指す。

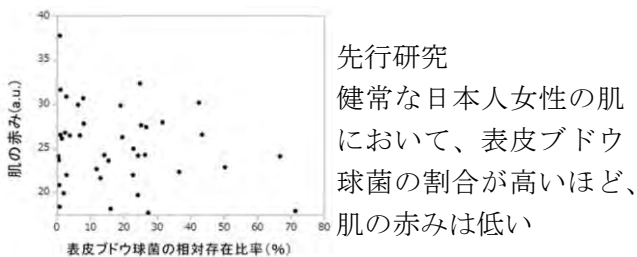


図1：資生堂による先行研究

資生堂、敏感肌では皮膚常在菌叢の多様性が低いことを発見. 20
<https://corp.shiseido.com/jp/news/detail.html>

3. 方法

私たちの肌から採取した皮膚常在菌を培地に植え付け、その上から化粧水を撒くことにより、その効果を検証する。

皮膚常在菌とは皮膚の上に存在する細菌のことであり、私たちのストレスフルな外的刺激などから皮膚を守ってくれている。主なものとしては、増加すると肌トラブルの原因となる黄色ブドウ球菌やその黄色ブドウ球菌を抑える表皮ブドウ球菌、増加するとニキビの原因となるアクネ菌などがある。

私たちは「良い化粧水は表皮ブドウ球菌を増やす」という研究仮説を立て、実験計画を考えた。

研究Ⅰ（計画のみ）

①被検者に化粧水を使ってもらう

（対照実験も行う）

②肌から皮膚常在菌を採取して培養し、菌数を比較する

しかし、人の肌で直接検証実験を行うのは人体実験に当てはまり、研究倫理審査委員会による審査などが必要になるため、人体実験を避けられる方法として研究Ⅱを考えた。

研究Ⅱ

- ①皮膚常在菌を肌から採取し、培地に移す
- ②①の上に化粧水X、Yを撒いて培養する
- ③菌数を数える

- ①皮膚常在菌を肌から採取し、培地に移す

- (1)綿棒を生理食塩水に浸す

(1)では綿棒を使用し、滅菌したヒトの生理食塩水(0.9%NaCl)をマイクロチューブに入れて、綿棒を浸してから、実験に用いた。

- (2)3cm四方の頬から(1)の綿棒で皮膚常在菌を採取し(1)のマイクロチューブに懸濁した。

- (3)(2)の懸濁液をピペットで培地にまき、コンラージ棒で伸ばす。

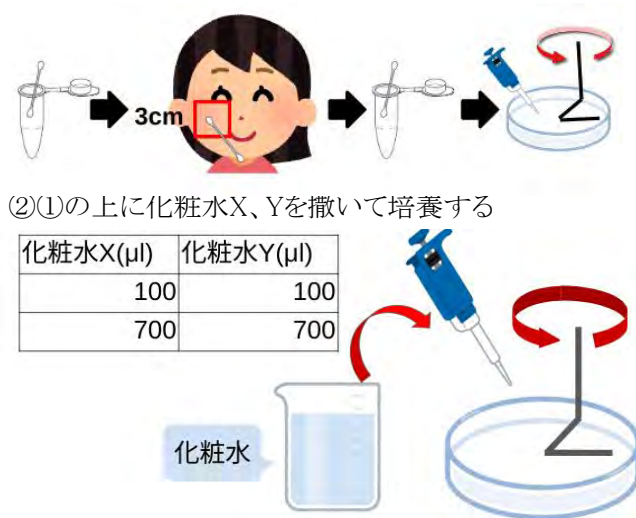


図3：実験条件

予備実験

この実験方法で、皮膚常在菌以外の細菌が混入しないかどうかを予備実験で確かめた。

A: 最初から綿棒に菌が付着しているかどうかの検証
クリーンベンチ内で綿棒を皮膚常在菌を採取する操作をせずにポテトデキストロース寒天培地で培養した。ポテトデキストロース寒天培地では、幅広い菌を培養でき、想定外の菌が混入したかどうかを確認できる。

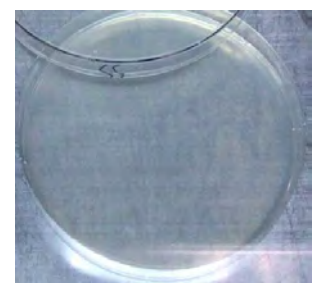
B: 実験作業中に空気の菌を拾わないかどうかの検証

Aの結果から、最初から綿棒に菌が付着していないことがわかったので、クリーンベンチ外で綿棒を開封し、空振ったあとポテトデキストロース寒天培地に塗布した。

その結果、空気中の菌の混入は見られなかった



Aの結果

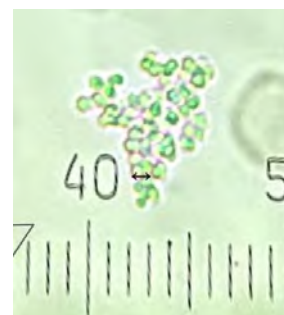


Bの結果

図4：予備実験結果

そこで、私達は3cm四方の肌を綿棒で擦り、その綿棒を培地に擦り、菌を植え付けた。そして、3日間培養した。

○得られた菌コロニー(光学顕微鏡600倍での観察)



典型的なブドウ球菌

約 $1.0 \times 1.0 \mu\text{m}$

図5写真中の接眼マイクロ

メーター1メモリ $2.5 \mu\text{m}$

ブドウ球菌の特徴と一致

図5：予備実験で得られたコロニー(光学顕微鏡での観察)

○得られた菌コロニー(実体顕微鏡での観察)

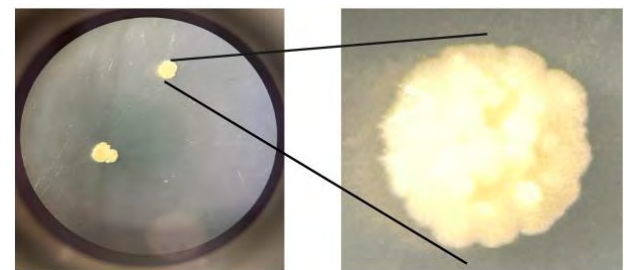


図6：予備実験で得られたコロニー(実体顕微鏡)

コロニーの形状は、ブドウ球菌の特徴と一致した。

予備実験の時点で、不特定な菌を培養すると病原菌が混入することも考えられ、危険であるとの指摘を受けたため、ブドウ球菌を選択培養できるマンニト食塩寒天培地を用いた。

◎マンニト食塩寒天培地

ブドウ球菌以外の菌の増殖を抑制する。また、病原性のある黄色ブドウ球菌を見分けられる。病原性のある黄色ブドウ球菌の生えた培地は、直ちに処分した。



図7：マンニット食塩寒天培地（菌が生えている状態）

◎乾燥状態

培養器の中を乾燥状態にし、水分不足で細菌が増えにくい状態を作る。（乾燥機のトレイに水を入れない）この事により、化粧水の保湿効果がより大きく影響するようになり、表皮ブドウ球菌の菌数に差が見られるのではないかと考えた。

③培養後、菌数を数える

3日後、菌コロニーに印をつけながら菌数を数える。

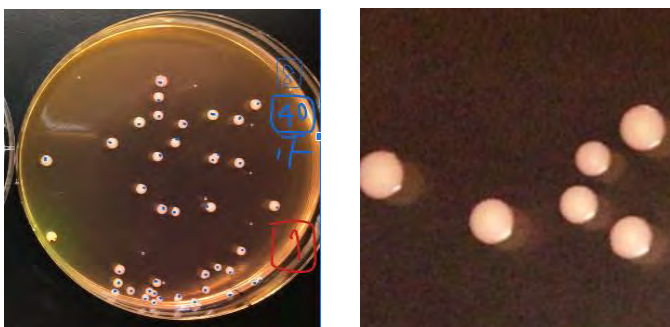


図8：生えた菌の様子

4. 実験結果

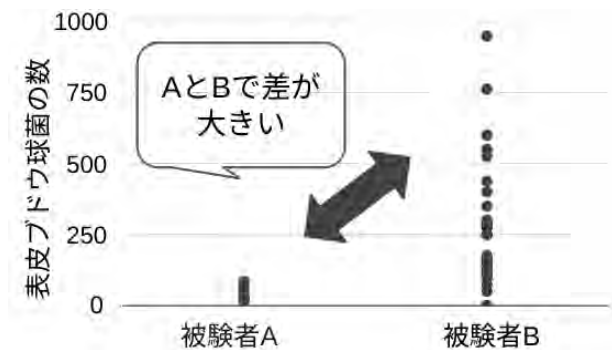


図9：被験者ごとの菌の様子

図9のグラフは被験者A、Bの3cm四方の頬から皮膚常在菌を採取し、その数を点で示したものである。同じ条件で実験を行っても、先行研究の通り被験者Aと被験者Bでは表皮ブドウ球菌の数が大きく異なることがわかった。

被験者AとBでこれほど大きく表皮ブドウ球菌の状態が異なると、効果のある化粧品も異なることが考えられる。よって、どんな人にも効く化粧水を明らかにすることは難しいことがわかった。

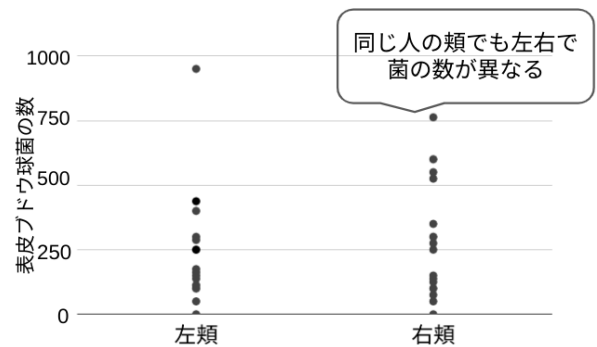


図10：同じ人の頬の差

図10のグラフは同じ人の左頬・右頬からそれぞれ皮膚常在菌を採取し、同じ条件で実験を行ったものである。グラフから、同じ人の頬でも左右で菌の数が異なることがわかった。

このことから、左右の頬で条件を変えて、片方を対象実験とすることは難しいことがわかった。

図9、図10から違う人、または違う場所から菌を採取すると結果がばらつくことがわかったため、同じ人、同じ場所から菌を採取し、結果のばらつきを抑えたいと、化粧水と菌数の関係を調べた。



図11：化粧水の種類と量（被験者A）

グラフから、化粧品X、Yともに量が多いほど表皮ブドウ球菌の数が増える傾向にあることがわかった。また、化粧水Yよりも化粧水Xのほうが表皮ブドウ球菌の数が増える傾向があることがわかった。よって、被験者Aには化粧水Xのほうが適していると推測できる。菌数が0になっているものは実験中のミスであると考えている。

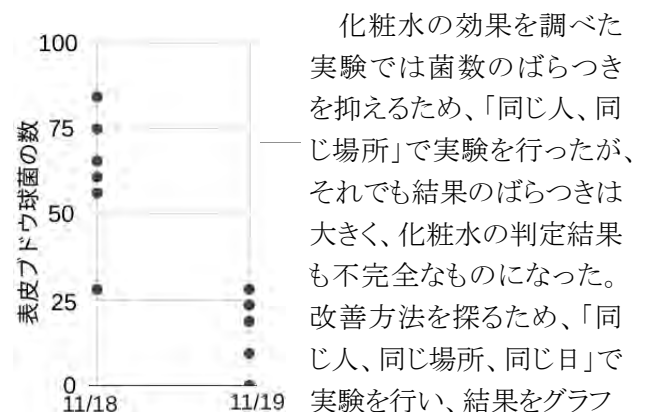


図12：同じ日同じ条件でのばらつき

に示した。

日毎のばらつきが大きく、同じ日ではそれに比べるとばらつきが小さい傾向がある。(ばらつきが小さいと化粧水の効果を判定する実験がやりやすくなる)しかし、ばらつきの大小を判断するための有意差検定をするにはデータ数が足りない。これから実験枚数を増やした実験を行いデータ数を増やすことで、有意差検定を行い正確に判定したいと考えている。

4. 今後の展望

図9の被験者Bのように、同じ人、同じ場所から表皮ブドウ球菌を採取しても、日ごとのばらつきが大きい。これについては、病原性のある菌を正確に排除し、培養後の表皮ブドウ球菌の菌数を測定し、同数の菌を培地に植えるところから実験を行えば、化粧水の効果をより正確に検討できるのではないかと考えられる。しかし、病原性のある菌を正確に判断するにはDNA解析が必要になり、「高校生でも実現可能な方法」とは言い難い。

また、被験者を一人に絞り、被験者の使う化粧品を変えて厳密に対照実験を行うと、「その人にあった化粧水」を明らかにすることができるかも知れない。しかし、「厳密な対照実験」は使いたい化粧水を使わせないなど人体実験としての側面を持ってしまう。

「高校生でも実現可能な方法」を追求した今回の実験方法でも、菌数のばらつきが改善できれば、表皮ブドウ球菌の特性に適応した化粧水の特定はできるものとする。

5. まとめ

皮膚常在菌は、先行研究の通り個人間の菌数のばらつきが大きく、同じ人、同じ条件でも菌のばらつきがみられた。特に、日毎のばらつきは大きかった。また同じ人の頬でも左右差も大きかった。実験より、化粧水の量が多いほど表皮ブドウ球菌が増えやすいと推測でき、被験者Aには化粧水Xのほうが適していると推測できる。すべての人に当てはまる化粧水を見つけ出すのは難しいかもしれないが、このように個人にあった化粧水を見つけ出すことはできる可能性が高い。

6. 謝辞

本研究において実験計画や分析方法など多くの貴重なアドバイスを美作大学短期大学部の桑守正範先生、澤村弘美先生にいただきました。先生方、大変ありがとうございました。

7. 参考文献

資生堂、敏感肌では皮膚常在菌叢の多様性が低いことを発見.2020

<https://corp.shiseido.com/jp/news/detail.html>

倫理、人体実験について

https://www.aprin.or.jp/e-learning/rse/rse_p06

目に見えないヒト常在菌叢のネットワークをのぞく

<https://www.sasappa.co.jp/online/abstract/jsasem/1/049/html/1110490301.html>

健康人より分離した皮膚常在菌について

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sccj1979/35/1/35_1_34/_pdf

アキュディア™ マンニト食塩培地 顆粒

<https://industrial-diagnostics.biz.sdc.shimadzu.co.jp/products/05236/>

Establishment of a Method for culturing Euglenas in the Izayoi Pond

Ukyo Nagase, Kaho Haruna, Yu Mizuno

Supervisors Akinori Tsuboi

Abstract

Euglenas are organisms that are currently expected to be utilized in various fields. In this study, we cultured euglenas to find a way to utilize the large ones collected from the Izayoi Pond in Tsuyama high school. We used nanobubble water and Hyponex, which was considered effective based on the previous research and our experiments. Also, the examination for water quality of the Izayoi Pond revealed the Pond includes a lot of sulfate. Although the culture of the large euglenas couldn't be achieved, we could culture small euglenas by culture fluid of hyponex, nanobubble water, and sulfate, so we could find out the effective elements.

I 研究の概要

ミドリムシは、現在様々な分野での活用が期待されている生物である。本研究では、津山高校内の十六夜池で採取できた大型ミドリムシの活用方法を見つけるために、大型ミドリムシの培養に取り組んだ。先行研究や予備実験から有効だと考えられた、ナノバブル水とハイポネックスを用いた培養液での培養を行った。そして、十六夜池の水質検査を行った際に、多く検出された硫酸塩を用いた培養液での培養を行った。大型ミドリムシの培養は実現できなかったが、小型のミドリムシでは、ハイポネックスと硫酸塩とナノバブル水の培養液で培養することができた。

II Introduction

In the Izayoi Pond in Tsuyama high school, we can collect euglenas of 154 μ m(Fig. 1). At the beginning of the experiment, after culturing the big Izayoi euglenas, we were supposed to carry out the experiment to find out how to utilize them. However we couldn't achieve this. Then, we aimed to establish a method for culturing the big Izayoi euglenas. Also, the terms of culturing were determined based on the environment of the Izayoi Pond.



Fig. 1 Big Izayoi Euglena

III Experiments

From the previous studies, it was revealed that Hyponex and nanobubble water were effective, so we added these to the culture fluid. As a result, we succeeded in culturing small Izayoi euglenas with 0.5% of Hyponex and nanobubble water. However we couldn't culture big ones.

1. Experiment & Result 1

Method

The Izayoi Pond has poor sunlight.(Fig. 2)

We believe that the light environment of the pond affects the euglenas. We put two kinds of euglenas (①small Izayoi euglenas, ②bought by our school)in plastic bottles, and put them in the pond on the bottom and middle for 1 week.



Fig.2 Izayoi Pond in a sunny day in summer

Result

we couldn't see changes in size. (Fig. 3, Fig 4)
This shows us that big Izayoi euglenas and small ones are not the same species.

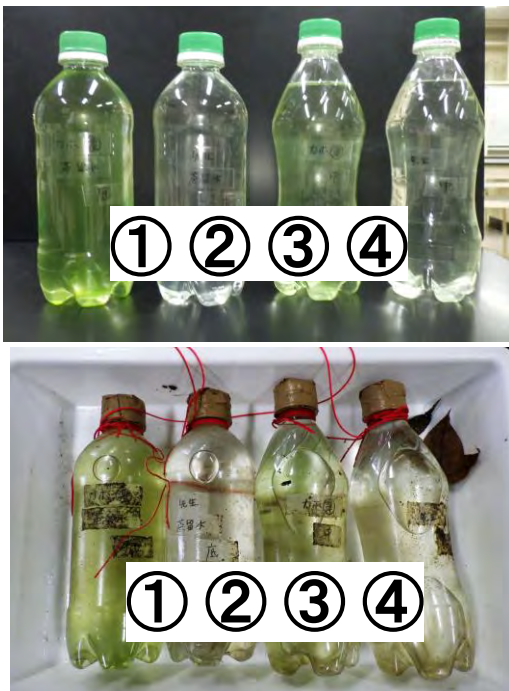


Fig. 3 Result 1

	Small Izayoi Euglenas	Normal Euglenas
Bottom	①	②
Middle	③	④

Fig. 4 table of Fig.3

2. Experiment & Result 2

Method

As in experiment 1, the culture was set up in an artificial weather equipment(Fig, 5) in darkness to determine whether the little or no sunlight in the Izayoi Pond was related to euglenas.



Fig. 5 Artificial weather equipment

Result

We didn't succeed in culturing euglenas, but the Scenedesmus got clear.(Fig. 6).

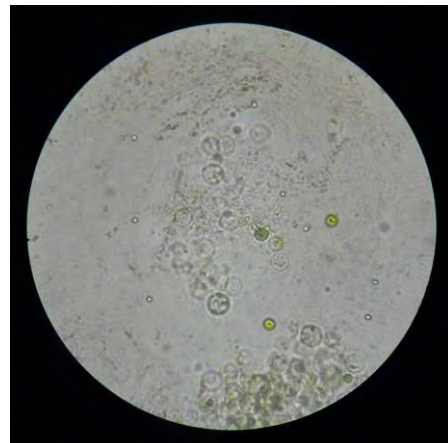


Fig. 6 Scenedesmus

3. Experiment & Result 3

Method

We believe that the water quality of the Izayoi Pond affects the euglenas, so we examined it.

The result is Fig. 7.

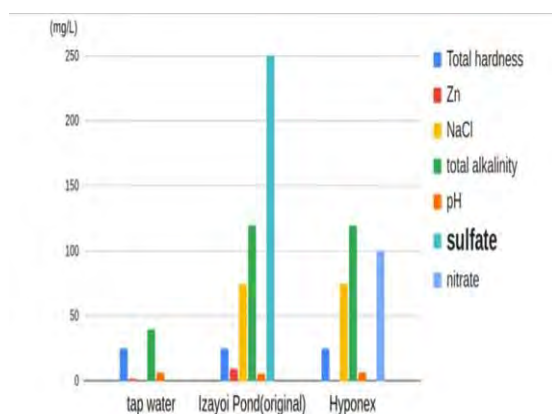


Fig.7 Water properties in each liquid

From this, we found the Izayoi Pond contains a lot of sulfate. This is why we tried to culture with Na_2SO_4 .

Result

As a result, although we couldn't see an increase of euglenas, compared with the culture fluid with sulfate and that without sulfate, the former has less Scenedesmus.(Fig. 8)

Until now, since the increase in Scenedesmus was interfering with the culture of Izayoi euglenas, culturing with sulfate proved to be effective.

- sulfate(250mg/L)
- nanobubble
- hyponex
- nanobubble
- hyponex

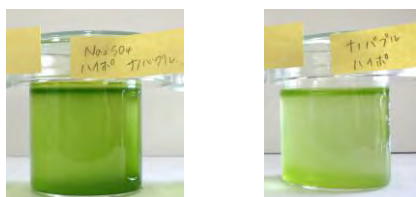


Fig. 8 Result 3

IV Discussion

In our preliminary experiments we were not able to see a change of small euglenas. We confirmed that small euglenas and big ones were different species.

Also, from our main experiments, the environment in the Izayoi Pond which contains sulfate and has poor sunlight was effective in propagating Euglenas.

From the previous research, it was revealed that euglenas make HS when they make wax ester. This may prevent other organisms from propagating.

In addition, compared with the culture fluid we used in the experiments, we thought Hyponex was necessary to culture euglenas.

However, from the result of the water quality test, the water from the Izayoi Pond didn't contain nitrate but the Hyponex contains it. This shows us that the culture fluid which doesn't contain nitrate is more suitable for culture fluid.

V Conclusion

Our study found that hyponex, nanobubble water, and a sulfate culture fluid were effective. In addition, culturing euglenas in the dark was also effective to decrease the number of Scenedesmus.

VI Future Plans

In this study, the experiment about solar radiation was not perfect.

In experiment 1, the PET bottles absorbed ultraviolet radiation, so we were not able to test the effects of ultraviolet radiation.

In experiment 3, it is not accurate to culture in the dark all the time because we have not been able to accurately measure the amount of sunlight exposure in the Izayoi Pond. So, from now on, we'd like to accurately survey the environment of the Izayoi Pond and culture under conditions based on that environment.

In addition, since Euglenas are said to like blue wavelength in the previous study, we'd like to gather only euglenas with the original device(Fig. 9), and then start culturing.

Also, we'd like to find the suitable culture terms by changing the kind of sulfate or concentration of it.



Fig. 9 our original device

VII Special Thanks

We would like to thank Professors Masanori Kuwamori and Hiromi Sawamura, professors of the Department of Nutrition at Mimasaka University Junior College, for their guidance in conducting this research.

VIII References

(1) 石川県立金沢泉丘高等学校 3 年. 海野李他 4 名. (2019). ミドリムシの増殖と光合成一効率の良い増殖方法、光合成と pH の関係一. 理数研究論文集. 30-34

(2) 株式会社ユーグレナ. (2020). ユーグレナのアミノ酸・有機酸発酵における pH の重要性を発見～ユーグレナは、発酵時の pH で形が変わる～. <https://www.euglena.jp/news/20201002/>. 2024 年 11 月 5 日

(3) 株式会社ユーグレナ. (2019). ミドリムシが油を生産する際の硫黄に関する副次的反応を解明. バイオ燃料生産効率化に貢献する成果. <https://www.euglena.jp/news/20190130-2/>. 2024 年 12 月 6 日

(4) 岡山県立津山高等学校. 奥田希実他 2 名. (2014). ミドリムシの光走性と光合成の関係. 理数科課題研究報告書. 27-30

本年度も課題研究を進めるにあたり、多くの外部指導者の方々にご指導・ご助言をいただきました。ご多忙のところ、快くご指導をいただき、充実した研究を行うことができました。
教員・生徒一同より厚く感謝を申し上げます。

研究指導	津山工業高等専門学校	曾利 仁 様
	津山工業高等専門学校	谷口 圭輔 様
	美作大学短期大学部	桑守 正範 様
	美作大学	澤村 弘美 様

外国語指導	本校 GSO	江原 Martina 様
-------	--------	--------------

指導助言	大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻燃焼工学領域	赤松 史光 様
	高知県立大学	大村 誠 様
	広島大学病院形成外科・国際リンパ浮腫治療センター	光嶋 勲 様
	美作市立大原中学校	甲本 智之 様
	京都大学国際高等教育院	杉山 雅人 様
	岡山大学異分野基礎科学研究所	鈴木 孝義 様
	岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域	永禮 英明 様
	神戸大学大学院保健学研究科	野田 和恵 様
	福山大学	秦野 琢之 様
	岡山大学学術研究院教育学域	藤井 浩樹 様
	広島大学大学院人間社会科学研究科	松浦 拓也 様

自作カタパルトを用いた無回転ボールの射出実験

岡山県立津山高等学校 理数科 佐古貫一郎 井澤咲太 植田健太 野田健太 濱田佳槻

1. 研究動機・目的

既存の無回転ボール発射装置は高価であり、廉価版を開発することでスポーツの場での無回転ボールの理解促進、技術向上を目指し、簡易的な無回転ボールの射出装置の政策を目的とした。

2. 用語について

【無回転ボール】

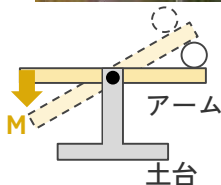
弱い回転で飛びながら、予測困難な軌道を描くボールのこと。本研究では目安として0.5回/s以内の回転を無回転と定義した。

参考データ [TOP 20 Floating Serves Volleyball | Float Serve](#)



【カタパルト型射出装置】

土台とアームで構成され、アームの片端に回転モーメントを加えることで物体を発射する装置



3. 実験Ⅰ（射出装置の製作と回転数算出）

＜実験方法Ⅰ＞

①射出装置の製作

金属パイプを用いてカタパルト型の射出装置を製作

（縦1.42m 横0.76m

高さ1.37m アーム2.25m）

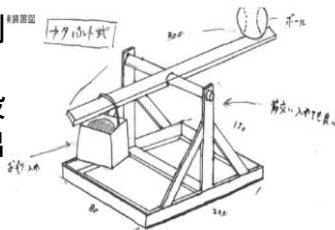
- ・おもりの質量は5kg or 10kg
- ・おもりの高さは1.8m
- ・屋外、ほぼ無風状態
- ・ボールはバレーボールを使用（MIKASA製5号球直径21cm）



射出装置（実物）

②射出実験

カタパルト型発射装置の片側におもりを1.8mの高さで取り付け、もう一方にボールを設置し放すことでボールを射出



射出装置（設計図）

③撮影・解析方法

カメラを前方12mに設置してボールの運動を撮影し、1フレーム（60分の1秒）ずつコマ送りしながら1秒間の回転数を求めた。また、飛距離と発射時の角度から、ボールの速度を求めた。



10フレームごとのボールの様子

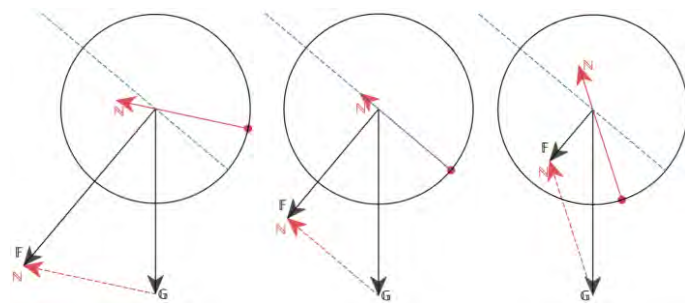
＜結果・考察Ⅰ＞

回転数 (回/s)	10kg	5kg	速度 (m/s)	10kg	5kg
平均値	1.67	0.29	値	4.1	3.6
標準偏差	0.58	0.20			

おもりが10kgのほうが回転数が増加した。

→＜仮説＞ボールの回転は、ボールと装置の接触点での摩擦力の大きさに関係する。

- ・摩擦力は垂直抗力に比例し、ボールは射出するまで円運動
- ・向心力は $m \frac{v^2}{r}$ (m : 質量[kg], r : 回転半径[kg], v : 速度[m/s])
- ・垂直抗力ベクトル N = 向心力ベクトル F - 重力ベクトル G



$v \rightarrow$ 大のとき

$N \perp F$ のとき

$v \rightarrow$ 小のとき

v が大きくなると垂直抗力の作用点に変化

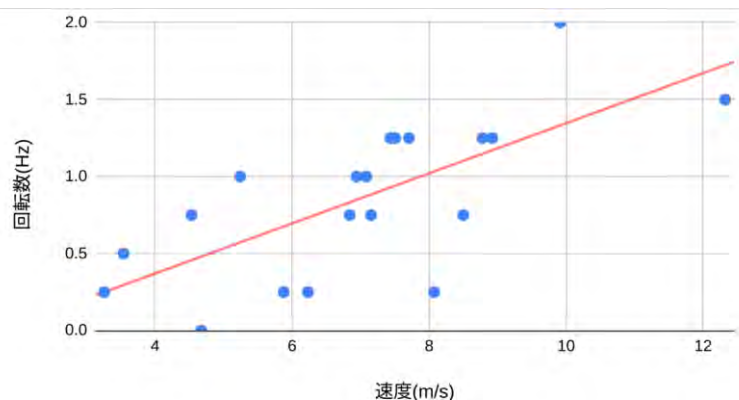
摩擦力の作用点と垂直抗力の作用点が同じため⇒アームの回転速度を変えるとボールの回転が発生

4. 実験Ⅱ（射出速度の違いによる回転数変化）

＜実験方法Ⅱ＞

実験Ⅰにおいて、おもりの重力の代わりに手でアームを下げる。→様々な速度でアームが鉛直になったときに、ボールを射出する。

＜結果・考察Ⅱ＞



射出速度とボールの回転数には正の相関 ($r = 0.70$)。

→アームの回転速度の増加に伴う摩擦力がボールの回転を生じさせている。

5. 展望

摩擦力を減らすことで高速度かつ無回転を実現

→より回転しないボールの射出を目指す

有孔円盤と水の突出

岡山県立津山高等学校 理数科
小天良真 岸本春翔 鈴木蓮 永幡悠 廣野瑛士 森尾仁紀

1. 研究動機・目的

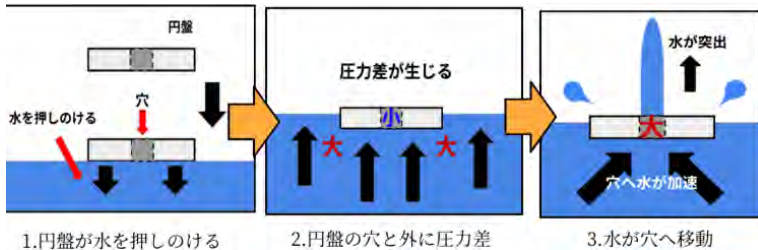
水の出ているホースの先端を指で潰して穴を小さくした時、水圧の増加により、水はより遠くまで飛ぶ。
→ホースから出る水の運動を穴の空いた円盤を水面に落下させることで再現し、穴を通過した水が高く飛ぶ条件を見つけることを目的とした。

2. 研究概要

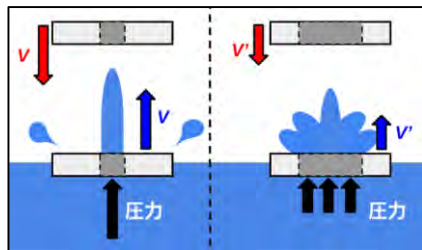
円盤を水平に水面に落下させる装置を自作し、二種類の穴の大きさの円盤を水面に落下させ、跳ね上がる水の様相をカメラで撮影し動画を解析した。

3. 研究仮説

円盤が水面に落下したに穴から水が突出する理由について次の様に考えた。



円盤の落下速度が大きく、穴の大きさが小さいほど、突出する水の初速度が大きくなる高さは高くなる。
→突出する水の高さが高くなるはず。



4. 理論的考察

落下する円盤の速度について理論式を導出

m [kg]: 円盤の質量

g [m/s²]: 重力加速度

a [m/s²]: 物体の加速度

t [s]: 時間

k : 空気抵抗係数

C : 積分定数 とする。

→後述の実験から求めた円盤の着水時の速度を用い空気抵抗係数 k は、穴の直径5mmで0.00121
穴の直径10mmで0.0325

→円盤の穴が小さいほど落下速度が大

→水の初速度も大となり穴に水が集中し、より高く飛ぶ

$$ma = mg - kv$$

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{k}{m} (v - \frac{mg}{k})$$

$$\frac{dv}{v - \frac{mg}{k}} = -\frac{k}{m} dt$$

$$\log \left| v - \frac{mg}{k} \right| = -\frac{k}{m} t + C$$

$$v - \frac{mg}{k} = e^{-\frac{kt}{m} + C}$$

$$v = e^C \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k} \dots \textcircled{1}$$

$$v = 0 \text{ のとき } t = 0 \text{ より}$$

$$e^C = -\frac{mg}{k} \textcircled{1} \text{ に代入して}$$

$$v = -\frac{mg}{k} \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k}$$

$$v = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$kv = mg(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$ma = mg - mg(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$F = mge^{-\frac{kt}{m}}$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

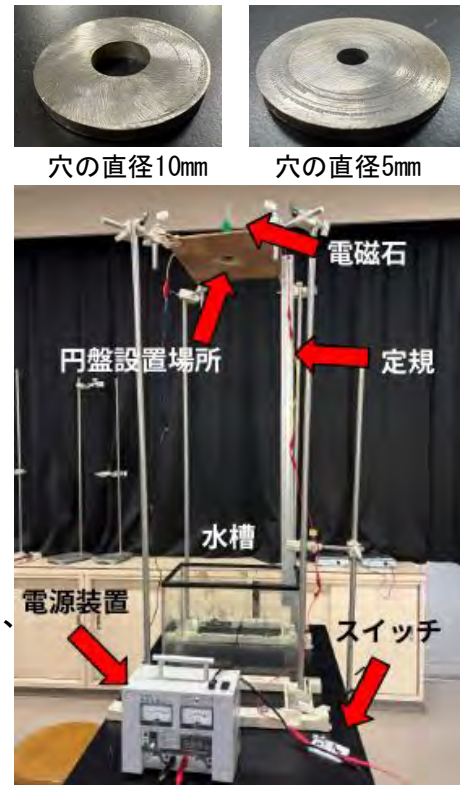
$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

$$V = \frac{mg}{k} (-e^{-\frac{kt}{m}} + 1)$$

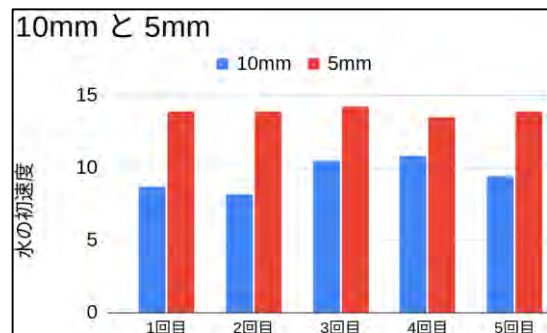
5. 実験方法

- ①直径30mm、厚さ3mmで中心の穴の大きさがそれぞれ5mmと10mmの円盤を電磁石と鉄板を用いて円盤を水面から1mの高さに水平に固定した。
- ②スイッチを切り円盤を水平な状態で水深0.2mの水槽に自由落下させた。
- ③円盤の着水により跳ね上がる水の様相を動画で撮影し、動画編集ソフト「tracker」を用いて分析した。



実験装置

6. 実験結果・考察



水の初速度の平均値

穴の直径5mmのとき13.9m/s, 10mmのとき9.4m/s

→穴が小さいほうが水の初速度が速くなった。

7. 結論

実験結果から、理論的考察、実験結果による考察ともに円盤の穴小⇒円盤の落下速度大、水の初速度大
→水が高く飛ぶ

8. 今後の展望

穴を通過する水には表面張力や摩擦力など、水の運動を妨げる力がはたらくため、ある一定の穴の大きさを下回ると、突出する初速度は減少していくことが考えられる。今後はこの値も算出していきたい。

9. 参考文献

・水はねの最高点の高さの法則

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

・高校生から味わう理論物理入門（未来の教室）

<https://manabitimes.jp/physics/1931>

ドーナツ型円盤の水面落下時における 水の跳ね上がり方の研究

岡山県立津山高等学校 理数科
小天良真 岸本春翔 鈴木蓮 永幡悠 廣野瑛士 森尾仁紀

1. 研究動機・目的

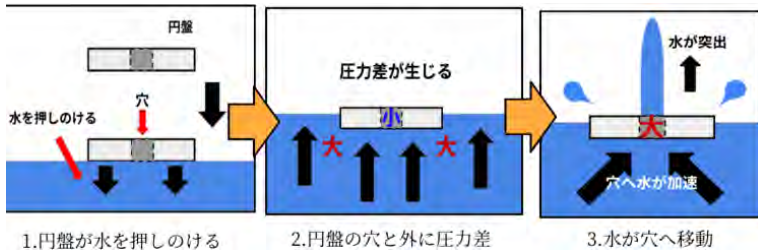
水の出ているホースの先端を指で潰して穴を小さくした時、水圧の増加により、水はより遠くまで飛ぶ。
→ホースから出る水の運動を穴の空いた円盤を水面に落下させることで再現し、穴を通過した水が高く飛ぶ条件を見つけることを目的とした。

2. 研究概要

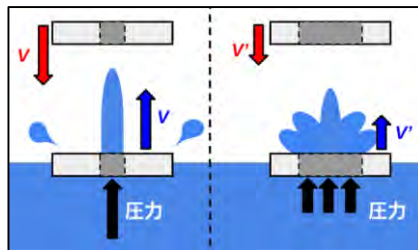
円盤を水平に水面に落下させる装置を自作し、二種類の穴の大きさの円盤を水面に落下させ、跳ね上がる水の様相をカメラで撮影し動画を解析した。

3. 研究仮説

円盤が水面に落下したに穴から水が突出する理由について次の様に考えた。



円盤の落下速度が大きく、穴の大きさが小さいほど、突出する水の初速度が大きくなる高さは高くなる。
→突出する水の高さが高くなるはず。



4. 理論的考察

落下する円盤の速度について理論式を導出

m [kg]: 円盤の質量

g [m/s²]: 重力加速度

a [m/s²]: 物体の加速度

t [s]: 時間

k : 空気抵抗係数

C : 積分定数 とする。

→後述の実験から求めた円盤の着水時の速度を用い空気抵抗係数 k は、穴の直径5mmで0.00121
穴の直径10mmで0.0325

→円盤の穴が小さいほど落下速度が大

→水の初速度も大となり穴に水が集中し、より高く飛ぶ

$$\begin{aligned}ma &= mg - kv \\ m \frac{dv}{dt} &= mg - kv \\ \frac{dv}{dt} &= -\frac{k}{m} \left(v - \frac{mg}{k} \right) \\ \frac{dv}{v - \frac{mg}{k}} &= -\frac{k}{m} dt\end{aligned}$$

$$\log \left| v - \frac{mg}{k} \right| = -\frac{k}{m} t + C$$

$$v - \frac{mg}{k} = e^{-\frac{kt}{m} + C}$$

$$v = e^C \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k} \dots \textcircled{1}$$

$$v = 0 \text{ のとき } t = 0 \text{ より}$$

$$e^C = -\frac{mg}{k} \textcircled{1} \text{ に代入して}$$

$$v = -\frac{mg}{k} \cdot e^{-\frac{kt}{m}} + \frac{mg}{k}$$

$$v = \frac{mg}{k} \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)$$

$$kv = mg \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)$$

$$ma = mg - mg \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)$$

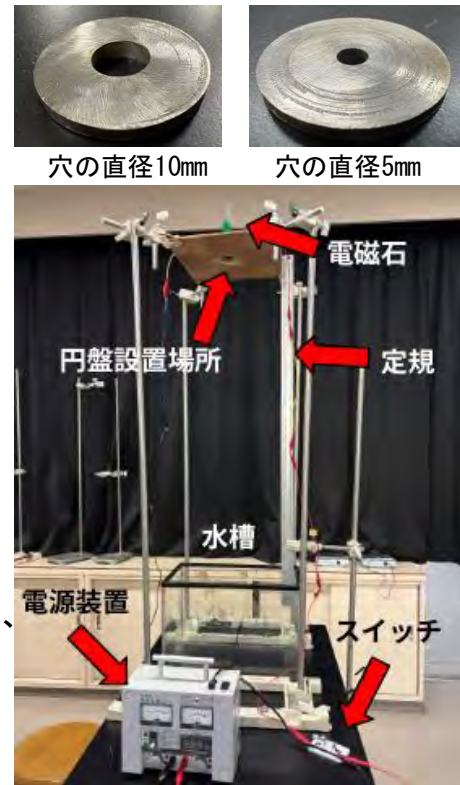
$$F = mge^{-\frac{kt}{m}}$$

$$V = \frac{mg}{k} \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)$$

円盤の落下速度の式
 V [m/s]: 円盤の速度 m [kg]: 円盤の質量 g [m/s²]: 重力加速度 k : 空気抵抗係数

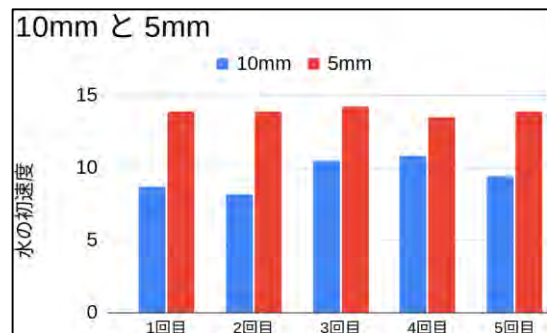
5. 実験方法

- ①直径30mm、厚さ3mmで中心の穴の大きさがそれぞれ5mmと10mmの円盤を電磁石と鉄板を用いて円盤を水面から1mの高さに水平に固定した。
- ②スイッチを切り円盤を水平な状態で水深0.2mの水槽に自由落下させた。
- ③円盤の着水により跳ね上がる水の様相を動画で撮影し、動画編集ソフト「tracker」を用いて分析した。



実験装置

6. 実験結果・考察



水の初速度の平均値

穴の直径5mmのとき13.9m/s, 10mmのとき9.4m/s

→穴が小さいほうが水の初速度が速くなった。

7. 結論

実験結果から、理論的考察、実験結果による考察ともに円盤の穴小⇒円盤の落下速度大、水の初速度大
→水が高く飛ぶ

8. 今後の展望

穴を通過する水には表面張力や摩擦力など、水の運動を妨げる力がはたらくため、ある一定の穴の大きさを下回ると、突出する初速度は減少していくことが考えられる。今後はこの値も算出していきたい。

9. 参考文献

・水はねの最高点の高さの法則

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

・高校生から味わう理論物理入門（未来の教室）

<https://manabitemes.jp/physics/1931>

有孔円盤と水の突出

岡山県立津山高等学校 理数科

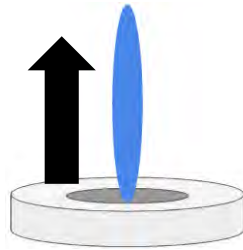
小天良真 岸本春翔 鈴木蓮 永幡悠 廣野瑛士 森尾仁紀

①研究動機

ホースの先を小さくした時、圧力が増加し、水はより遠くまで飛ぶ。水が最も遠くまで飛ぶ穴の大きさの発見を本研究の目的とした。

②研究概要

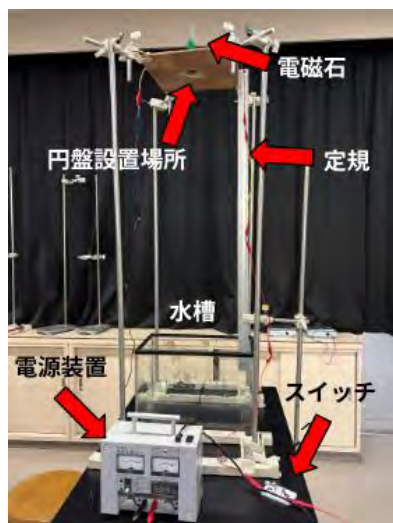
円盤の穴から突出した水の初速度を調べる



穴の直径
10mm

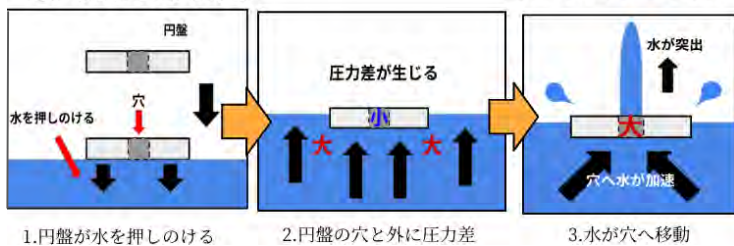
穴の直径
5mm

←実験装置図



③研究仮説

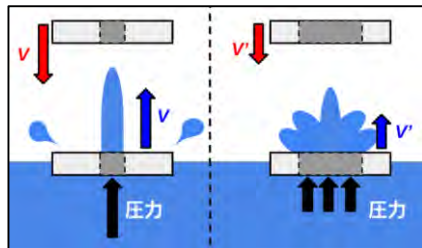
〈水が突出する過程〉



1.円盤が水を押し下げる

2.円盤の穴と外に圧力差

3.水が穴へ移動



この過程から

①落下速度大

⇒水の初速大

②穴が小⇒水が集中

①②の時、水は高く飛ぶ

④研究方法

円盤の落下速度

水の初速

穴の大きさ

3つの関係性を調べる

I.円盤の落下速度

円盤の空気抵抗係数 k

穴の直径 5mm・・・0.00121

10mm・・・0.0325

円盤の落下速度の式

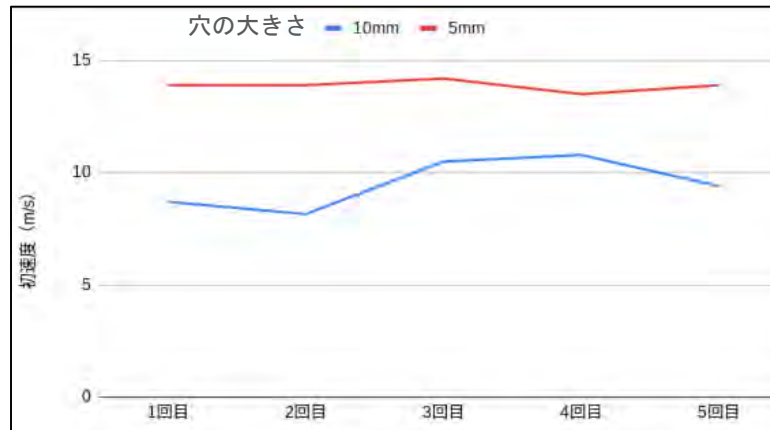
$$V = \frac{mg}{k} \left(-e^{-\frac{kt}{m}} + 1 \right)$$

V [m/s]:円盤の速度 m [kg]:円盤の質量 g [m/s²]:重力加速度 k :空気抵抗係数

穴の大きさ小→空気抵抗係数小、質量大
∴上式より、円盤の落下速度大

II.水の初速度

突出した水の初速度 (m/s)



実測値から、穴小⇒水の初速大

IV.結論

実験結果から、

円盤の穴小⇒高く飛ぶ

(∵円盤速度、水の初速大)

⑤今後の展望

穴を通過する水には表面張力や摩擦力など、水の運動を妨げる力がはたらくため、ある穴の大きさを下回ると水の初速度は減少していくことが考えられる。今後はこの値も算出していきたい。

⑥参考文献

・水はねの最高点の高さの法則

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

・高校生から味わう理論物理入門(未来の教室)

<https://manabitimes.jp/physics/1931>

1球と連結球の衝突現象についての研究

岡山県立津山高等学校 理数科

小谷明之 赤松克哉 岩江洸青 川上楓真 正木兵助 三村采生

1.研究目的

水平面上に設置した1つのスーパーボール（以下：下部球）に上からスーパーボール（以下：上部球）を衝突させる。上部球の数を増やしていったとき、下部球の跳ね上がる高さがどう変化するかを明らかにすることを目的とした。

2.研究背景

テニスボールを上からラケットで叩くことによってボールが跳ね上がる現象に興味を持った。先行研究の「すっとびボールの研究」では、下部球の跳ね上がる高さについては明らかになっていなかった。

3.仮説

上部球の数を増やすと、衝突時に上部球が持つ運動エネルギーが増加するため、下部球の跳ね上がる高さも大きくなる。

4.方法

- ①天井から金属製ワイヤーを鉛直に張り、銅板と金床の穴に通す。
- ②ワイヤーの張力を強くし固定する。
- ③上部球(緑色、図1)と下部球(桃色、図1)をワイヤーに通し銅板上に設置。
- ④銅板上の下部球に上部球を落下させる。
- ⑤上部球の個数を変えながら、下部球の跳ね上がる高さを側面から動画を撮影し定規の目盛りの最小単位1mmで算出する。

・ワイヤー2.5m

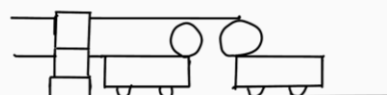
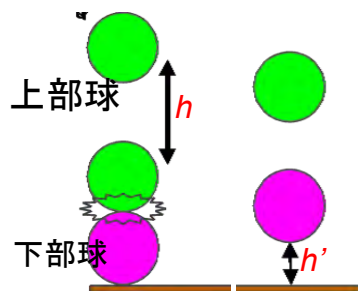
⇒ 下部球の跳ね上がりを大きくするため

・金床 ⇒ 銅板のより強い固定

・固定したマジックハンドで上部球を落下

⇒ ブレ軽減

ワイヤーには油を塗り摩擦力を軽減



反発係数測定図
(台車、記録タイマー)

金床



図1:実験装置
(横から)



図2:実験装置
(上から)

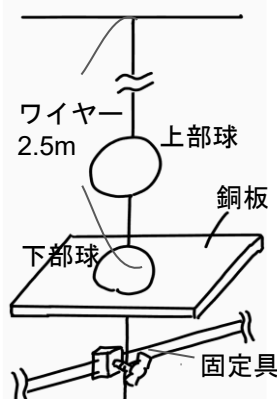
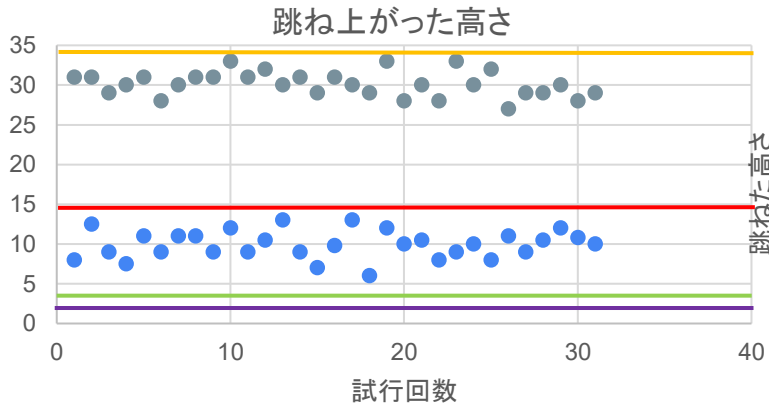


図3 装置の概要

5.結果

図4、5より上部球が1個の場合に比べ、2個の場合の方が下部球の跳ね上がる高さが大きくなっている。



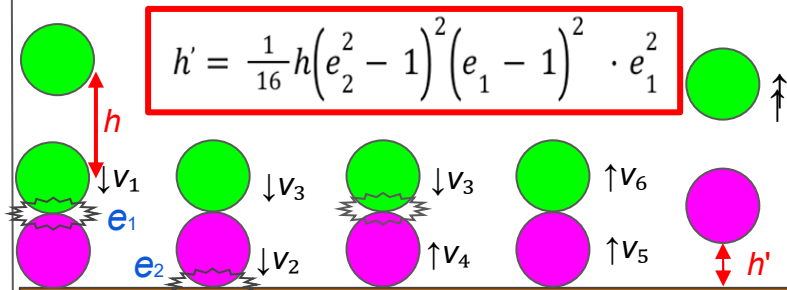
● 上部球1球の跳ね上がった高さ ● 上部球2球の跳ね上がった高さ

■ : 2球の最大値(33.0) ■ : 1球の最大値(13.0)

■ : 2球の理論値(1.33) ■ : 1球の理論値(3.85)

6.考察

例えば上部球1球のとき、下図の様に弾性衝突が順番に起こるとすると、力学的エネルギー保存と運動量保存則より下部球の跳ねる高さ h' が計算できる。



$V_1 \sim V_6$: 各衝突前後での2球の速度

e_1 : 2球の反発係数, e_2 : 下部球と床との反発係数

h : 上部球の高さ, h' : 下部球の跳ね上がる高さ

上記の式に高さと反発係数を代入すると理論値は $h'=3.95\text{mm}$ となり、実験値の平均 9.81mm との差が 5.86mm となった。この誤差は h' の測定時に生まれたものと反発係数測定時に生まれたものが含まれていると考えられる。また、上部球2球のときの実験値の平均が 30.0mm であることから、上部球の数が増えると下部球の跳ね上がる高さは増加することが立証できた。

7.今後の展望

上部球が1球の理論値と実測値の差を、衝突の際失われたエネルギーの観点から考えていきたい。また、上部球を増やした時の高さの規則性を見出したい。

8.参考文献

すっとびボールの運動の研究（静岡立科学技術高等学校第28回山崎賞，第29回山崎賞）

逆円錐内を転がる球の運動の考察

岡山県立津山高等学校 研究者: 壽恵 敦, 瀧 元春, 徳田 淳史, 牧原 けん, 水田 淳永 光岡 航星, 横山 恵也

I. 研究背景

逆円錐内を球が転がるとき、球は不規則な軌道を描きながら運動を行う
球の運動を一般化するにあたり、運動時常に働く摩擦力の働き方を考える必要がある
運動に働く摩擦力の向き、大きさについて考察することを目的として実験を行った

II. 仮説

本来は、球の並進運動と回転運動を同時に考える必要があるが、以下のように近似的に簡単に表せると考えた

摩擦力の向き： 運動の反対向き

大きさ：【垂直抗力】×【平面上での動摩擦係数】

III. 研究手法

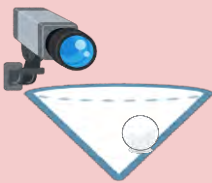
理論班

関数を
組んで計算



実験班

アクリルで制作
動画の撮影



解析班

運動を
PCで解析

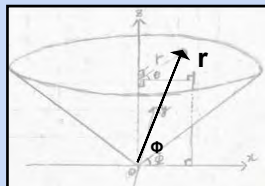


研究では上記の3つの班に分かれて作業を行った。
理論班の考察は①、実験班が行った実験については②
実験班を踏まえた解析班の考察は③に示した

① 理論による導出

$$\begin{aligned} e_n &= \frac{\mathbf{r} \times (-y, x, 0)}{|\mathbf{r} \times (-y, x, 0)|} \\ &= \frac{-yz}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}}, \frac{-xz}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}}, \frac{x^2 + y^2}{\sqrt{(xz)^2 + (yz)^2 + (x^2 + y^2)^2}} \\ \mathbf{n} &= (e_n \cdot (\ddot{\mathbf{r}} - \mathbf{g}))e_n \quad \mathbf{f} = \ddot{\mathbf{r}} - \mathbf{g} - \mathbf{n} \\ \mathbf{v}_\perp &= \mathbf{n} \times \mathbf{v} \\ \psi &= \text{atan}\left(\frac{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}_\perp}{\mathbf{f} \cdot \mathbf{v}}\right) \quad \mu = \frac{|\mathbf{f}|}{|\mathbf{n}|} \end{aligned}$$

e_n : 位置 $\mathbf{r}$ における円錐面の法線ベクトルの z 軸方向の単位ベクトル
 $\mathbf{n}$: 垂直抗力による加速度ベクトル
 $\mathbf{f}$: 摩擦力による加速度ベクトル
 $\mathbf{v}_\perp$: 速度ベクトル $\mathbf{v}$ を $\mathbf{n}$ を軸として左回りに 90° 回転したベクトル
 ψ : 摩擦力の速度ベクトルに対する角度(左向き正)



② 実験方法

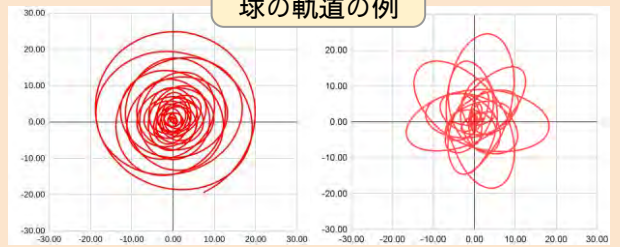
- 1, アクリル板(1mm)を右写真のように逆円錐に加工
- 2, 球を投げ入れ、運動の様子を真上から撮影する

逆円錐装置



③ 解析結果

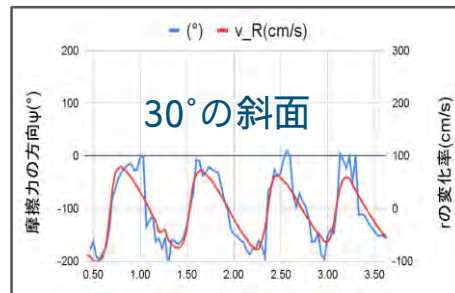
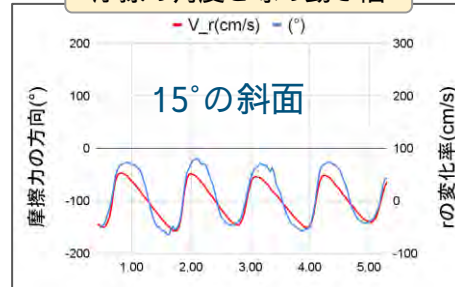
真上から見た
球の軌道の例



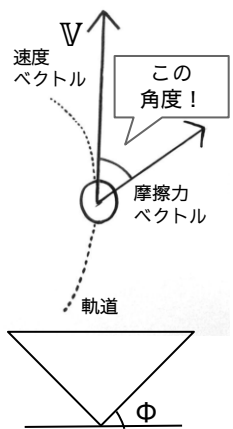
ある時刻ごとの球の位置をplotしたもの

IV. 結果・考察 (1)

摩擦の角度と球の動き幅

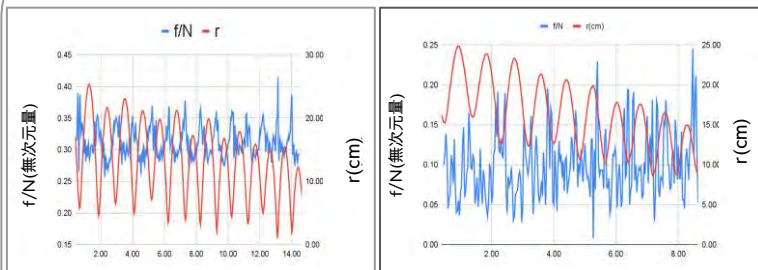


※青線の示す角度



摩擦力の向きは、速度方向から円錐の軸と逆向きに $90^\circ + \alpha$ ($\alpha > 0$) の方向を中心に、 r の変化率に対応して増減をしている
(α は ϕ に対応し、 ϕ の増大につれ大きくなる)

V. 結果・考察 (2)



- ・ μ の値は ϕ が小さいとき、面が平らなときの摩擦係数に近く、 ϕ の増大に伴い減少する
- ・ μ の値は r が増加すると減少、 r が減少すると増加する
 r の減衰による減少はしないと考えられる

VI. 今後の展望

働く力が垂直抗力のみ

$$\ddot{\mathbf{r}} = \cos\Phi(r\ddot{\theta}^2\cos\Phi - g\sin\Phi) \wedge \mathbf{r}\ddot{\theta} - 2\dot{r}\dot{\theta} = 0$$

結果(1)、(2)を用いて上記のような微分方程式を立て、その解が実際の球の軌道に沿うか考察したい

津山地域における地すべり調査とモデル化の検討

岡山県立津山高等学校 理数科 桑守孝明 児玉悠里 井上幸菜 井上結寿 奥山純 佐古亮裕 指導者 南洋明 横山義人

1. 研究目的

津山地域における地すべり現象が起こる条件の解明とモデル化

2. 現地調査

津山市紫保井の地質、地層面と滑落崖の走向を調査



黄色:高倉層
(図1)調査地の地質図



緑:日本原層 青:高倉層
(図2)調査地の模式図

表1 各層の走向(傾斜)

	走向 (傾斜)
高倉層	N5E 20W
不整合面	N30E 12W

表2 滑落崖の走向(傾斜)

	走向 (傾斜)
高倉層	N10E 60W

3. 地すべりの実験的シミュレーション

〈目的〉地すべり現象の有無やモデルの変化の観察

〈条件〉

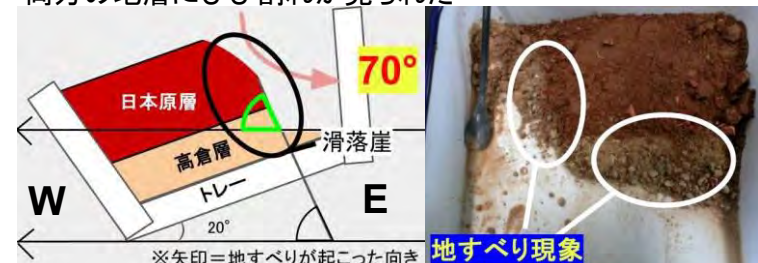
- ・高倉層 300 g
- ・日本原層 300 g
- ・地層面の角度 20°

〈結果〉

- ・傾きとは逆方向に地すべりが起きている
- ・モデルの滑落崖の角度は70° になった
- ・両方の地層にひび割れが見られた



(図3)地層モデルの略図



(図4)実験後の地層モデルの略図 (写真1)地層モデルの写真



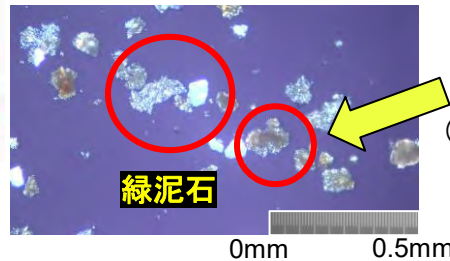
A:日本原層と高倉層 B:高倉層のみ
(写真2)モデルのひび割れ



4. 粘土鉱物の同定

現地調査で採取した2種類の土壌から粘土鉱物を分離した。
〈方法〉

1. 500 mLビーカーに水200 mL、試料約40 gを入れ、水洗いする
2. 30秒静置したのち水を捨てる
3. 手順1、2を5回繰り返す (5回目の手順2は15秒静置)
4. 上澄み液をスライドガラスにのせて乾燥させ、偏光顕微鏡で観察する



異常干渉色を示す鉱物が多く認められた

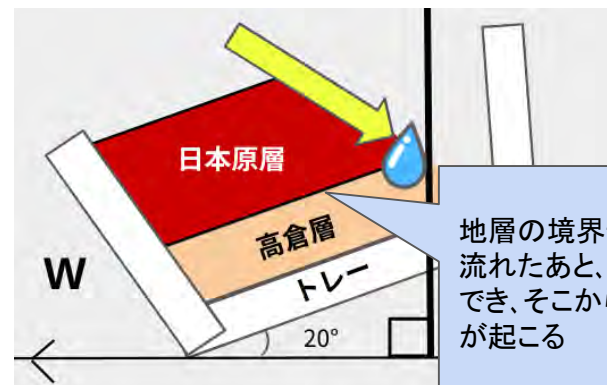
(写真3)クロスニコル(偏光板2枚)で検鏡した緑泥石

5. 結論・考察

地層モデルの滑落崖の傾斜の角度は調査地で計測した傾斜の角度とほぼ一致していたため、**調査地で発生した地すべりを再現できたといえる。**

先行研究によって緑泥石が地すべりの原因であることが明らかになっている

調査地の地すべりの要因の一つと考えられる



(図5)地すべりが起こる仕組み

6. 今後の展望

- ・地すべり地帯で起こっている現象のさらなる解明
- ・ひび割れの程度の定量化の方法の検討

日本全国の災害対策へ活用する

7. 参考文献

- 1) 斜面防災対策技術協会「紫保井地すべり」、『斜面災害技術』46(2).
- 2) 吉川陽向ほか「条件を変えた斜面災害モデル」、『スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会要旨集』348-349
- 3) 石黒靖彦ほか(2005)「地すべり地における緑泥石の風化粘土鉱物組成」、『日本応用地質学会発表論文』

磁場効果を利用したゼオライト担持光触媒の触媒作用の制御の検討

岡山県立津山高等学校 理数科2年 長澤有祐 田中麻友 武田真佳 下山凜

研究の背景および目的

酸化チタン光触媒の有機物分解作用には選択性がないため利用が制限

ゼオライトを用いた触媒反応の場の制御や磁場効果を用いた標的の分解効率の向上が報告

ゼオライトと磁場効果を活用した、酸化チタン光触媒への選択性の付与と標的の分解効率の向上の検討

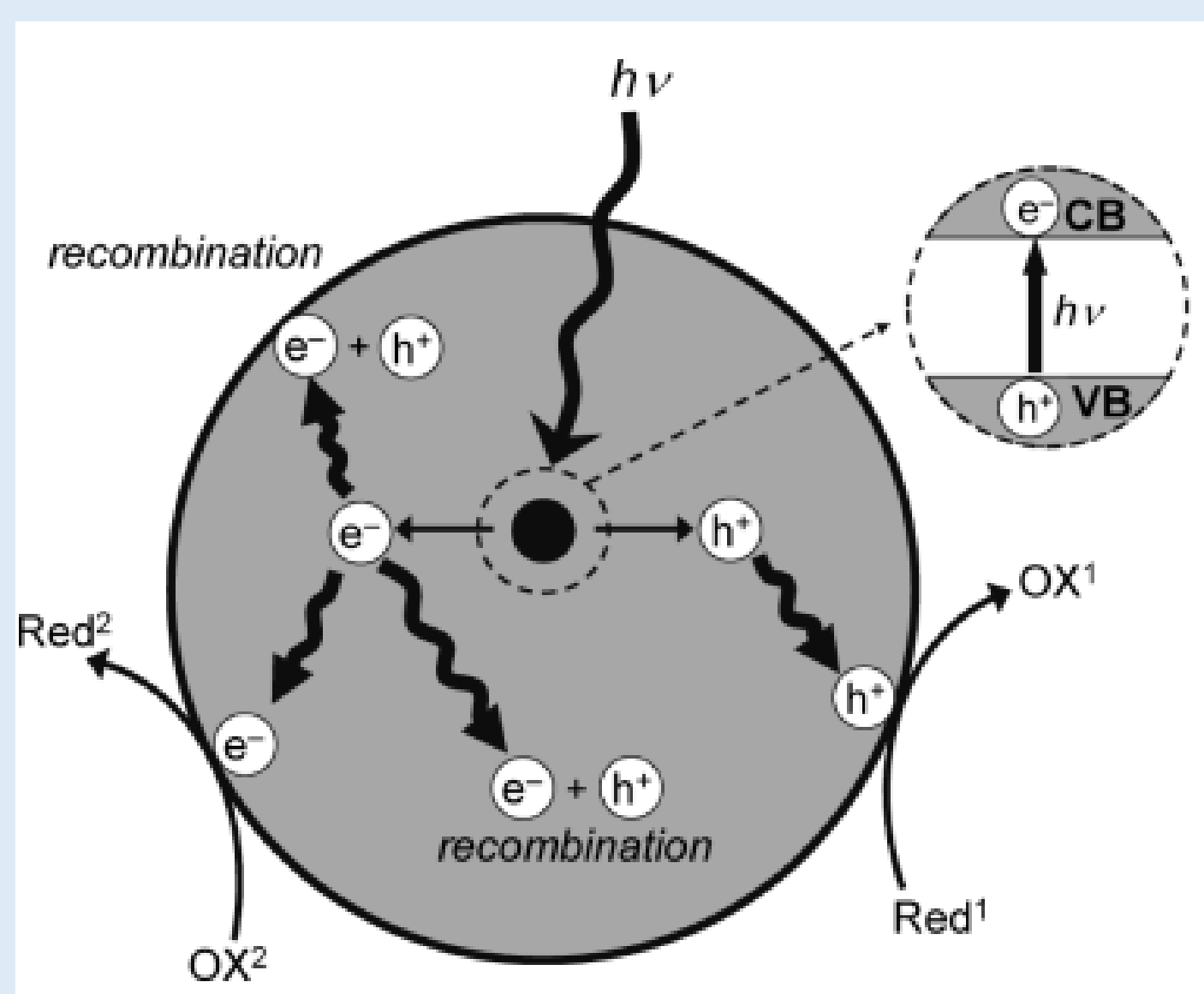


Fig.1 光触媒の原理

Shiraishi *et al.*/J.Japan Petroleum Inst.(2012),55,5

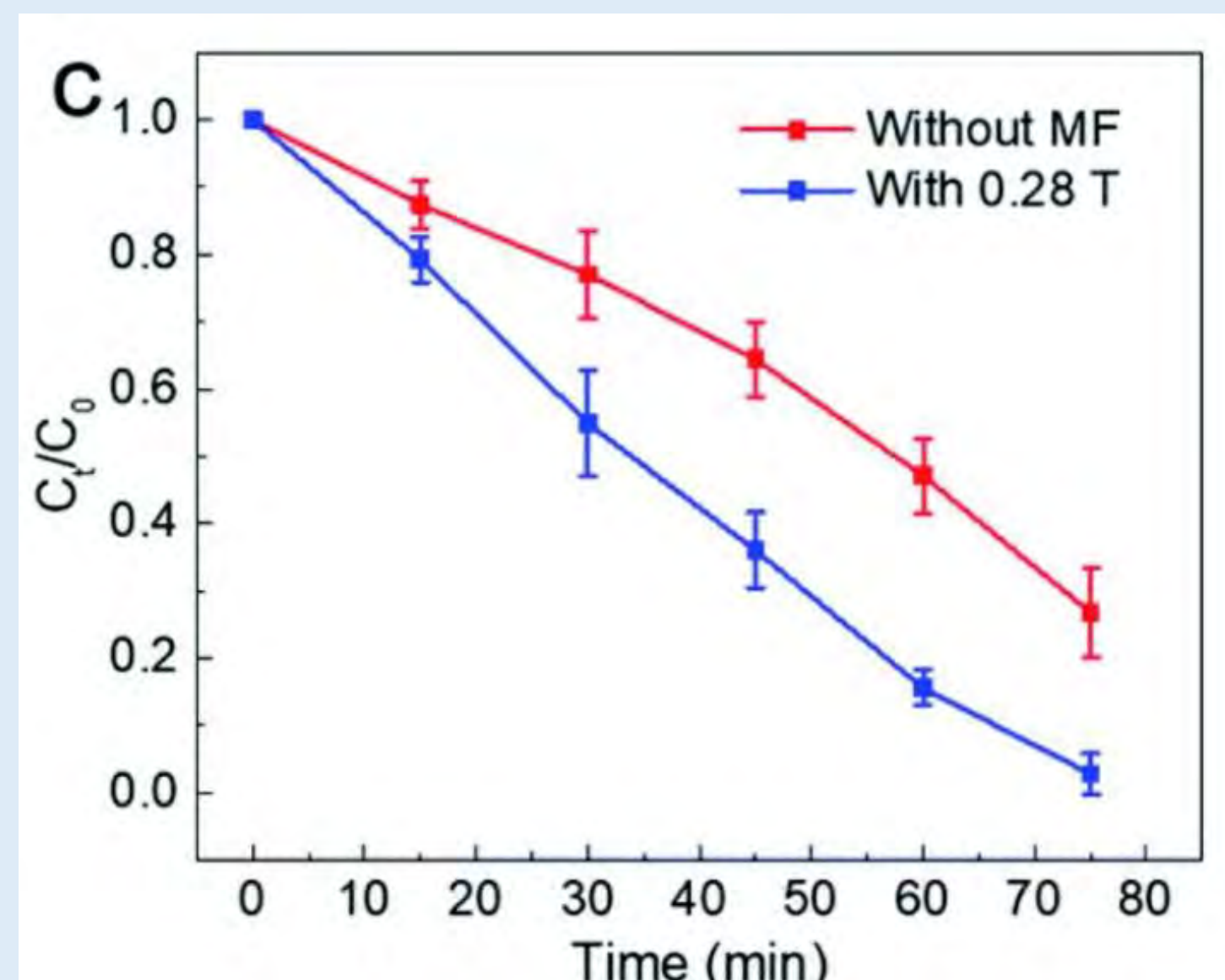


Fig.2 磁場効果による標的の分解率の変化

Yuecheng *et al.* / RSCAdvances(2021)

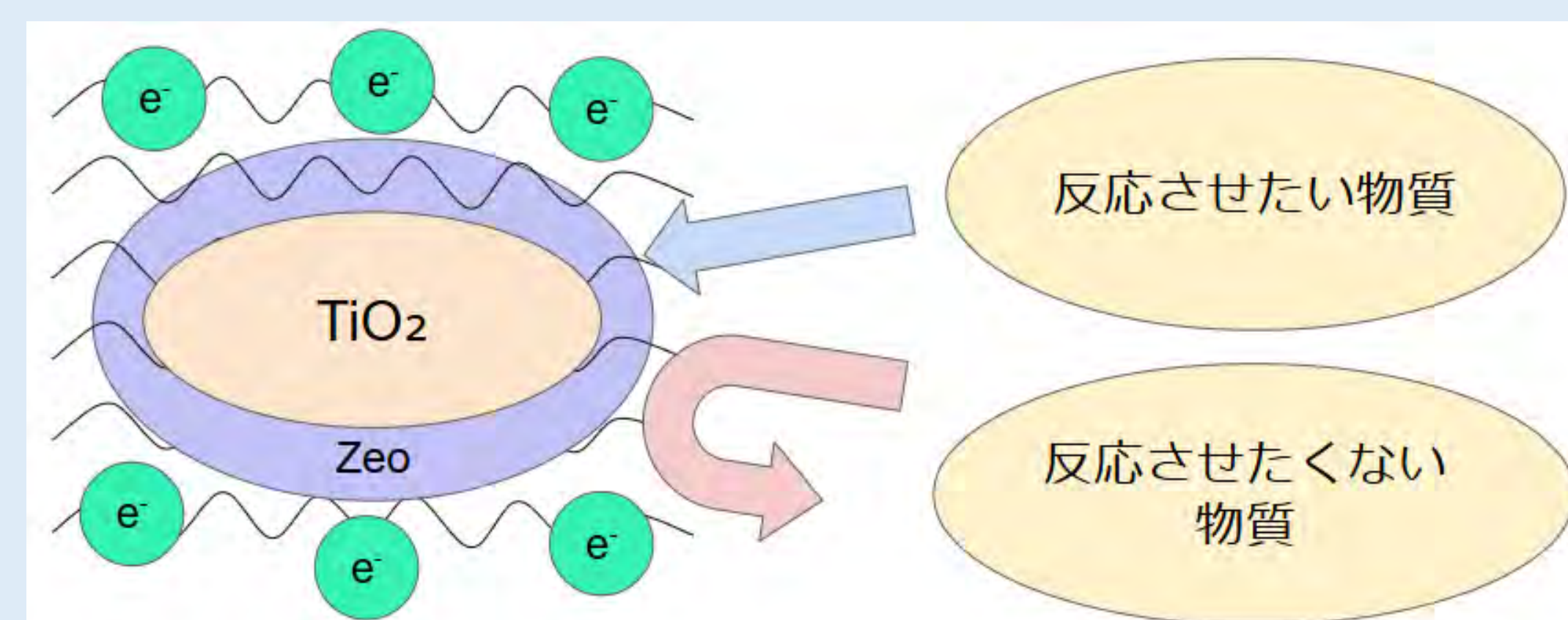
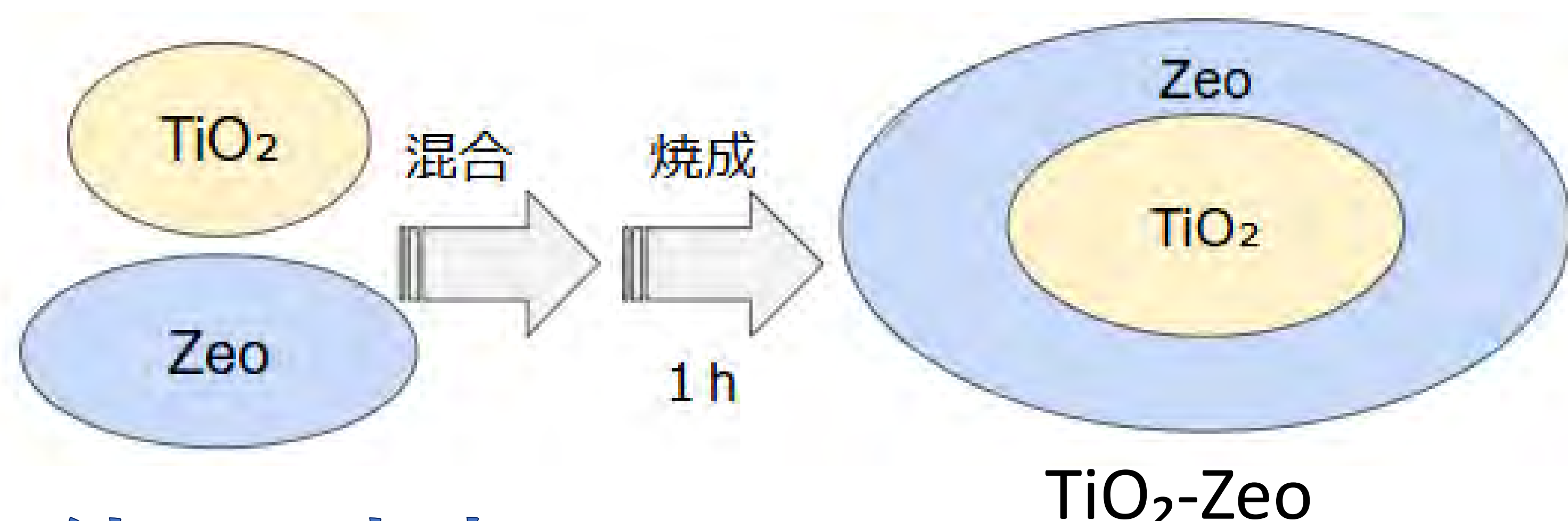


Fig.3 ゼオライト担持光触媒による標的分子の分解の概念図

実験

(1) ゼオライト担持光触媒TiO₂-Zeoの合成

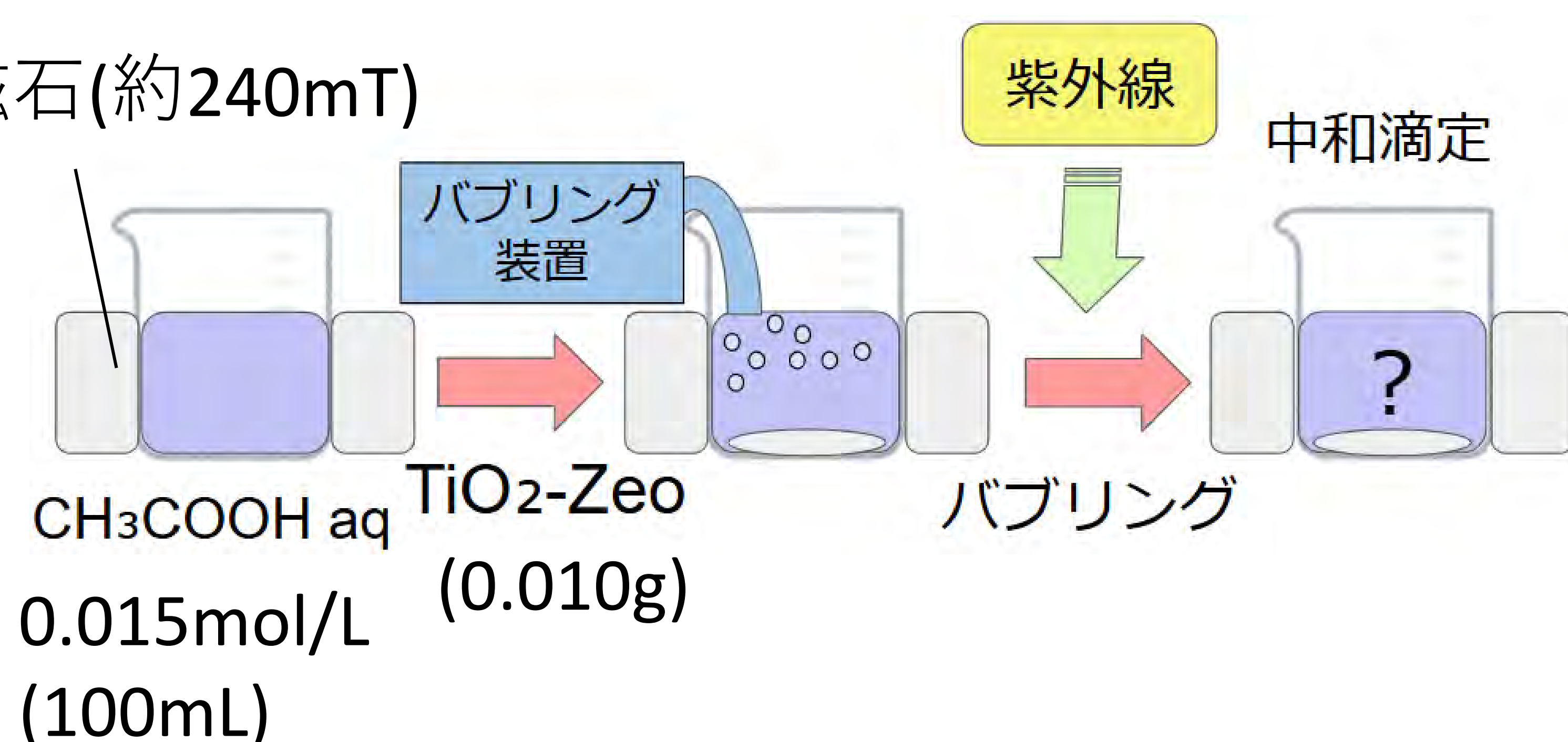
[混合比] 酸化チタンTiO₂:ゼオライトZeo = 2 : 1
[焼成温度] 800℃



TiO₂-Zeo

(2) TiO₂-Zeoと磁場を用いたモデル標的(酢酸)の分解

磁石(約240mT)



結果と考察

(1) ゼオライト担持光触媒TiO₂-Zeoの合成

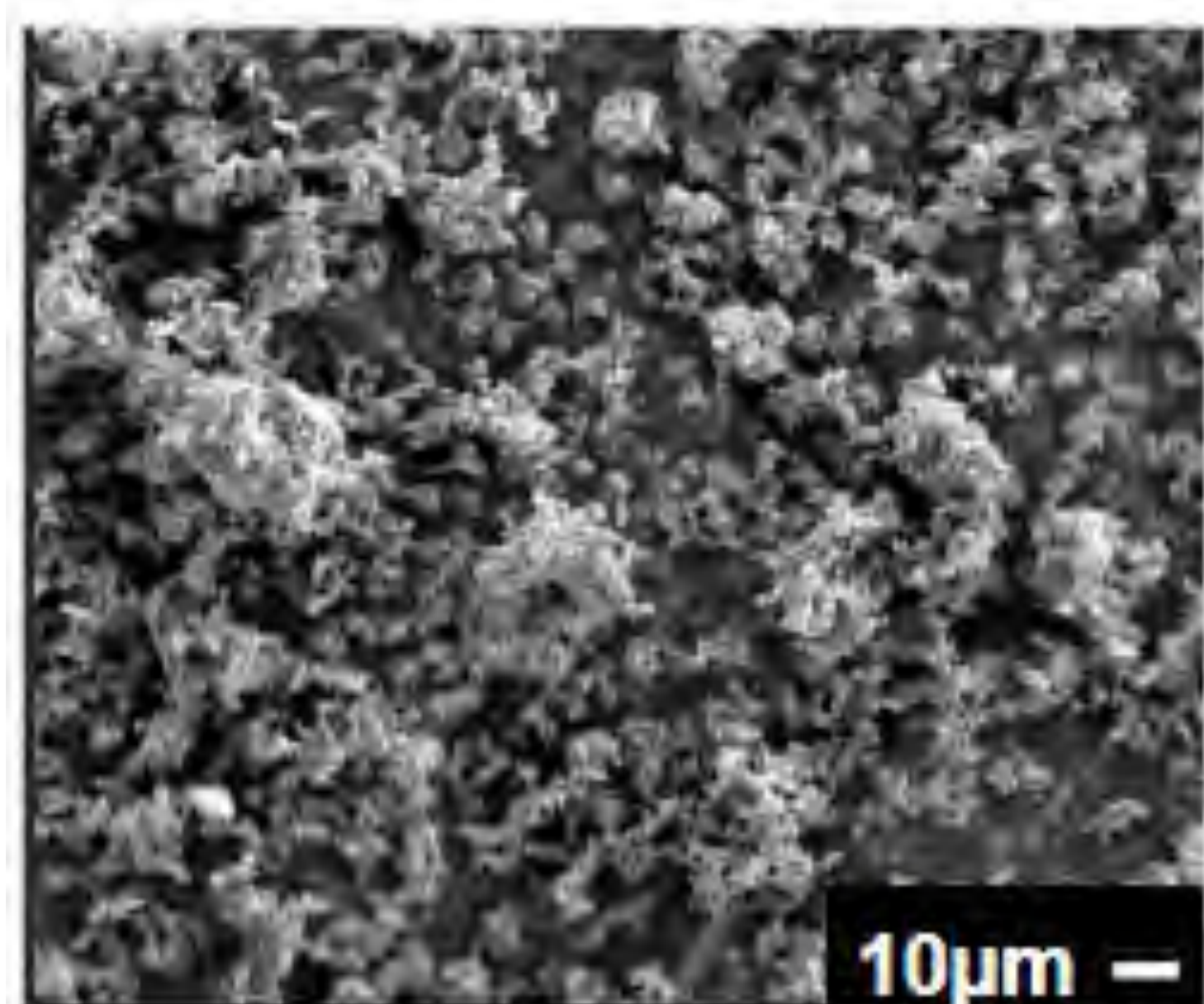


Fig.4 観察されたTiO₂-ZeoのSEM画像

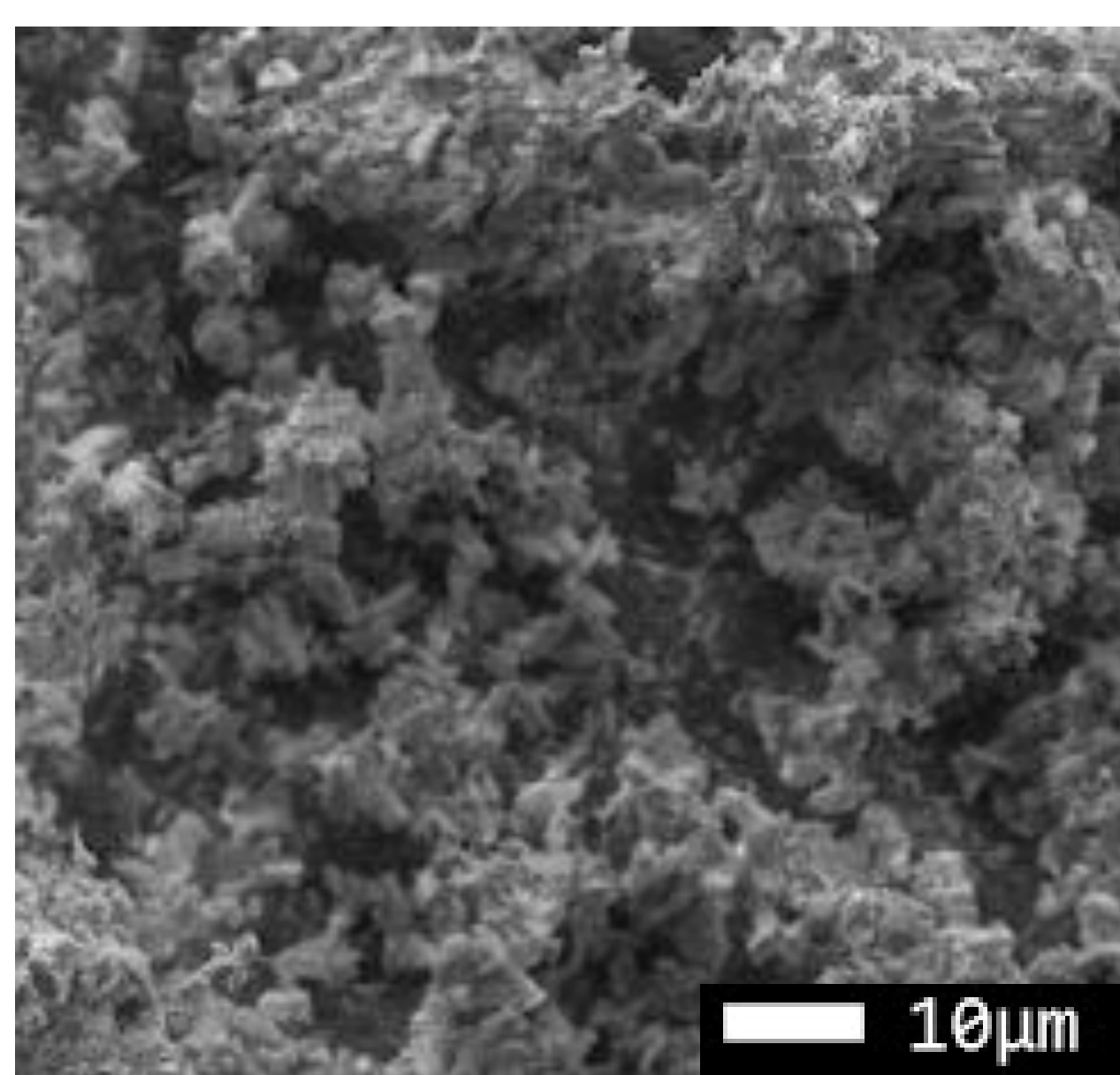


Fig.5 Zeo単体のSEM画像

合成したTiO₂-ZeoとZeoの構造に大きな差なし

Zeoliteの結晶構造を保ったままで複合化

結論と今後の展望

合成したTiO₂-Zeoに磁場をかけることによって分解効率が向上することが確認できた。

今後は、Zeoliteの細孔径(5.0Å)よりも大きい分子を利用して、合成したTiO₂-Zeoの選択性の評価を行いたい。

(2) TiO₂-Zeoと磁場を用いたモデル標的(酢酸)の分解

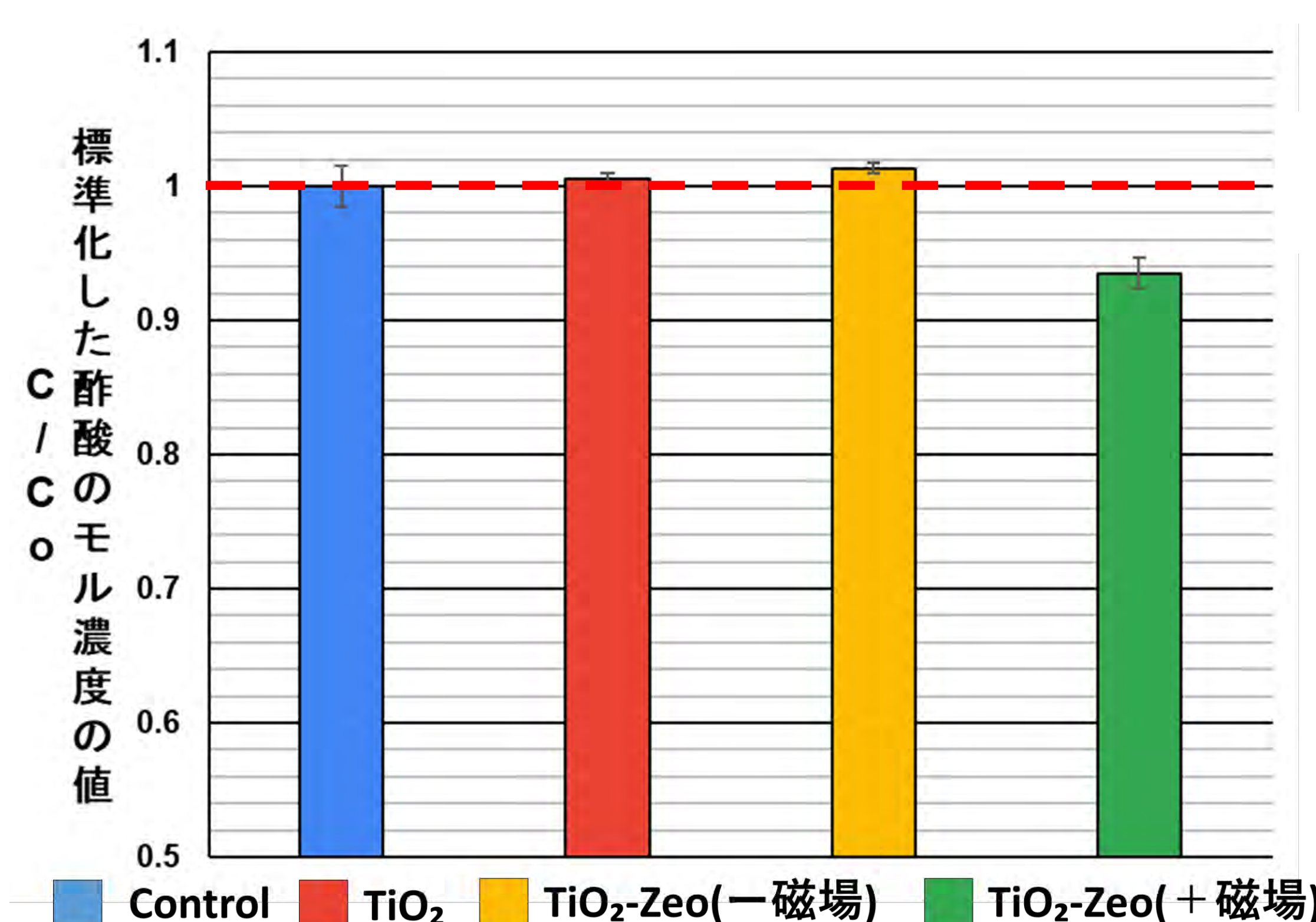


Fig.6 各条件における紫外線照射後の酢酸水溶液のモル濃度
TiO₂、TiO₂-Zeo未添加時の酢酸のモル濃度を1として標準化

TiO₂-Zeo(+磁場)で酢酸のモル濃度が約7%減少

TiO₂-Zeo(+磁場)で分解効率が向上

化粧水と皮膚常在菌

研究者 安藤優和 川田桃子 秋元万穂
指導者 小西明雄 大澤七海

はじめに

本研究は思春期である高校生の多くが肌の悩みを抱えているがスキンケア用品の種類は多く、どれを選べばよいかわからないことに着目した

研究目的

「高校生でも実現可能な方法」で化粧水を評価する

仮説

良い化粧水は表皮ブドウ球菌を増やす

※皮膚常在菌...皮膚上に存在する細菌のこと
表皮ブドウ球菌はその一種で肌トラブルを防ぐ

黄色ブドウ球菌
の増殖を抑える

増殖すると
トラブルの
原因に

増殖するとニ
キビの原因に

バランスが
崩れると
肌トラブル
の原因に

表皮ブドウ球菌 黄色ブドウ球菌 アクネ菌

実験 1 (計画のみ)

- ①被験者が化粧水を使用 (対照実験も行う)
- ②肌から皮膚常在菌を採取、培養して菌数を比較する

しかし、人の肌で直接検証実験を行うのは**人体実験**に当てはまり、研究倫理審査会による審査などが必要になるため、別の方法を考え以下の実験を行った

実験 2

- ①肌から皮膚常在菌を採取し、寒天培地に移す
 - (1)綿棒を生理食塩水に浸す
 - (2)頬3cm四方の範囲から綿棒で皮膚常在菌を採取する
 - (3)綿棒を(1)の生理食塩水に浸し、皮膚常在菌を移す
(※マイクロチューブの個数に制限があるため。)
 - (4)(3)の生理食塩水を寒天培地へ塗布する
- (※1 病原性のある菌を正確に判断できるDNA解析を用いた方法は高校生には実現が難しい)
- (※2 培地としては、ブドウ球菌を選択的に培養でき、病原性のある黄色ブドウ球菌を見分けることが出来るマンニット食塩培地を用いた)

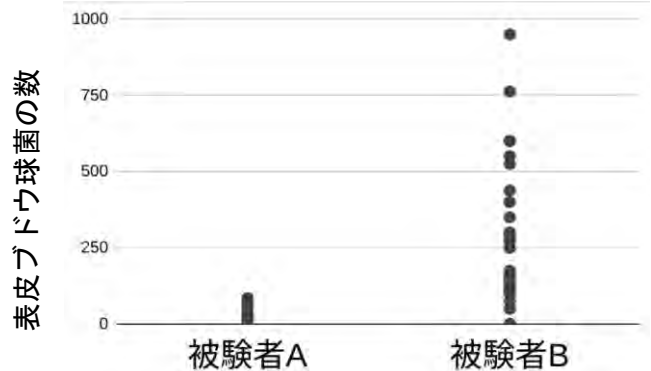


- ②①上に化粧水をまいて培養
(市販の化粧水から化粧水X,Yを選んだ)
- ③菌数を数える



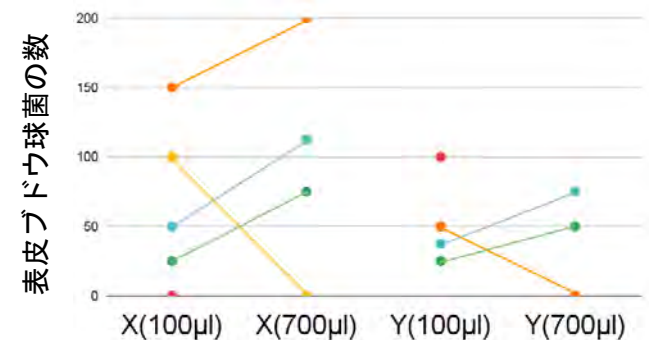
結果

○結果 1 被験者ごとの違い (化粧水なし)



- ・ばらつきが大きい傾向がある
- ・被験者ごとに表皮ブドウ球菌の数が異なる傾向がある
→被験者を一人に絞って実験する必要がある
→実験を行い結果2が得られた

○結果 2 化粧水の種類と量 (被験者A)



※同じ色の点は同じ日に実験を行った

- ・化粧水の量が増えると菌数が増える傾向がある
- ・化粧水Xのほうが効果が大きい傾向がある

考察

- ・被験者Aには化粧水Xのほうが適していると推測できる
- ・化粧水の量が多いほど効果は出やすいと推測できる

今後の展望

- ・被験者の使う化粧水を変えて厳密に対照実験を行えば「その人にあった化粧水」を明らかにすることができるかもしれない→ただし人体実験になる
- ・病原菌を排除し、同数の表皮ブドウ球菌を実験に使えば化粧水の効果をより正確に検討できるのではないかな

参考文献

- ・資生堂、敏感肌では皮膚常在菌叢の多様性が低いことを発見.2020
<https://corp.shiseido.com/jp/news/detail.html>
- ・健康人より分離した皮膚常在菌について
https://www.jstage.jst.go.jp/article/scgj1979/35/1/35_1_34/_pdf
- ・アキュディア™ マンニット食塩培地 顆粒
<https://industrial-diagnostics.biz.sdc.shimadzu.co.jp/products/05236/>

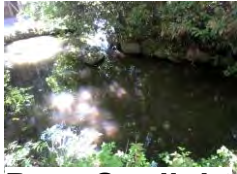
Establishment of a Method for Culturing **Euglenas** in the Izayoi Pond

Okayama Prefectural Tsuyama High School Science and Mathematics Course
Ukyo Nagase Kaho Haruna Yu mizuno

Introduction & Purpose



In the Izayoi Pond in Tsuyama high school, there were euglenas of **154μm** length.



They have any special features...?

Establishment of a culturing method

Poor Sunlight (Izayoi Pond) → clarify their environment.

Preliminary Experiments



0.5%

is the best.

(Liquid fertilizer)



water contains many tiny bubbles

► **Effective**

Main Experiments

We carried out an experiment to confirm about **effect of environment.**

1



Before

Location in experiment	Small Izayoi euglenas	Normal euglenas
Bottom	①	②
Middle	③	④

No Change in cell size



After

2

We tried to prevent Scenedesmus from increasing.

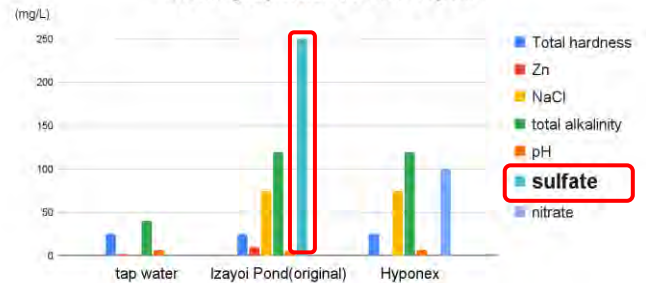


※darkening the device for 3 days



3

Water properties in each liquid



We added **Na₂SO₄**.

• sulfate(250mg/L)
• nanobubble
• hyponex



• nanobubble
• hyponex



Na₂SO₄ was effective to prevent Scenedesmus from propagating.

Conclusion



×



×

Na₂SO₄

+



We only found out the environment for euglenas. However we couldn't culture big euglenas yet.

Future Plans

- ① We're going to change the types and concentration of sulfate.
- ② We're planning to gather only euglenas with the original device. In this way, we can grasp the number of euglenas accurately.

References

- 1) 石川県立金沢泉丘高等学校3年. 海野李他4名. (2019). ミドリムシの増殖と光合成効率の良い増殖方法、光合成とpHの関係一. 理数研究論文集. 30-34
- 2) 株式会社ユーグレナ. (2020). ユーグレナのアミノ酸・有機酸発酵におけるpHの重要性を発見～ユーグレナは、発酵時のpHで形が変わる～. <https://www.euglena.jp/news/20201002/>. 2024年11月5日
- 3) 株式会社ユーグレナ. (2019). ミドリムシが油を生産する際の硫黄に関する副次的反応を解明、バイオ燃料生産効率化に貢献する成果. <https://www.euglena.jp/news/20190130-2/>. 2024年12月6日
- 4) 岡山県立津山高等学校. 奥田希実他2名. (2014). ミドリムシの光走性と光合成の関係. 理数科課題研究報告書. 27-30