

# イシクラゲの抗菌性・抗カビ性について

班員 角間 俊太郎、延田 結美、船山 拓真、松本 風彩  
担当教員 田賀 大地

キーワード：イシクラゲ、阻止円、細菌、真菌

It is known that *Nostoc commune* has anti-mold and antibacterial properties. We found these anti-mold and antibacterial properties are water soluble. In addition, its depends on its density.

## 1 はじめに

イシクラゲ(*Nostoc commune*)はネンジュモ属に属する陸棲藍藻の一種である。膨潤状態と乾燥状態のふたつの状態をもち、乾燥状態では無代謝状態となり生命を維持する機能を有することが知られている。

このイシクラゲは湿り気が多い環境にあってもカビが生えていなかった。そこで、その理由を明らかにすることを目的として本研究を行った。



図1 乾燥状態のイシクラゲ



図2 膨潤状態のイシクラゲ

## 2 実験

### 実験 I

方法：カビが生えた餅を2個用意し、それぞれに膨潤状態と乾燥状態のイシクラゲを置いた。その後、それらの餅のカビの生え方を観察した。

結果：乾燥状態のイシクラゲはカビで覆われたのに対し、膨潤状態のイシクラゲの場合ではイシクラゲの周囲をカビが避けるようにして生えた。



図3 膨潤状態のイシクラゲを置いた部分

考察：イシクラゲは何らかの抗カビ成分を生産していることが示唆された。

以降の実験ではすべてサブロー寒天培地を使用して実験をおこなった。

### 実験 II

方法：乾燥状態、膨潤状態のイシクラゲをそれぞれすり潰し、水道水50mLで抽出

した。抽出物を培地の中心に塗布し、市販のコウジカビ10gを生理食塩水40mLで攪拌したものをその周囲に塗布した。培地は、乾燥状態抽出・湿潤状態抽出それぞれ3個ずつ作成し、20日間観察した。

結果：乾燥状態、膨潤状態のどちらも抽出物を塗布していない部分、塗布した部分の両方ともコウジカビで覆われた。しかし、抽出物を塗布した部分では、いずれもコウジカビの状態に変化がみられた。乾燥状態のイシクラゲの抽出液を塗布した部分のコウジカビは孢子を形成せず、また膨潤状態のイシクラゲの抽出液を塗布した部分のコウジカビは黒く変色した。



図4 乾燥状態のイシクラゲの抽出物を塗布



図5 膨潤状態のイシクラゲの抽出物を塗布

考察：何らかの抗カビ成分を生産していることが示唆された。

### 実験Ⅲ

方法：ディスク拡散法による感受性試験により、イシクラゲ抽出物の効果を確認した。実験には真菌類子のう菌である酵母と細菌類枯草菌である納豆菌を用い、以下の手順で抗カビ性と抗菌性を評価した。

- ①納豆40g、またはドライイースト3gを水100mLと混ぜる。
- ②①をそれぞれ培地一面に塗布した。
- ③イシクラゲ25gを水25mLで抽出した抽出液を直径6mmの濾紙に染み込ませ、培地上の5か所に置いた。



図6 ディスクを置いた培地

なお、イシクラゲの水への抽出時間は48、72、120時間とした。

- ④24時間後、それぞれのろ紙の周りの阻止円の有無を確認し、阻止円ができていた場合には、直径をノギスで測定した。

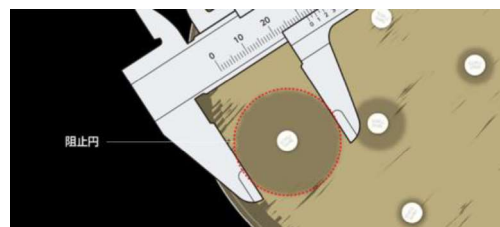


図7 阻止円と大きさの測定方法

結果：酵母を塗布した培地では48、72時間で全く阻止円が見られなかった。しかし120時間では全てのろ紙で阻止円が見られた（表1）。一方、納豆菌を塗布

した培地では全ての抽出時間で阻止円が見られた（表 2）。

表 1 イシクラゲの抽出時間と酵母を塗布した培地に見られた阻止円の割合

抽出時間 (h)	48	72	120
割合(%)	0 (N=10)	0 (N=10)	100 (N=5)



図 8 酵母 48 時間抽出



図 9 酵母 72 時間抽出



図 10 酵母 120 時間抽出

表 2 イシクラゲの抽出時間と納豆菌を塗布した培地に見られた阻止円の割合

抽出時間 (h)	48	72	120
割合(%)	100 (N=10)	10 (N=10)	100 (N=5)



図 11 納豆菌 48 時間抽出



図 12 納豆菌 72 時間抽出



図 13 納豆菌 120 時間抽出

それぞれの培地で見られた阻止円の大きさを比較すると、酵母菌は 120 時間抽出したもので平均  $6.34 \pm 0.17$  mm (サンプル数：5) の阻止円が見られた。

納豆菌では 48 時間抽出したもので  $6.51 \pm 0.48$  mm の阻止円が見られた。(サンプル数：10)

72 時間抽出したもので 6.6 mm の阻止円が見られた(サンプル数：1)。

120 時間抽出したものでは、これらより大きい  $8.89 \pm 0.71$  mm の阻止円が見られた。(サンプル数 5)

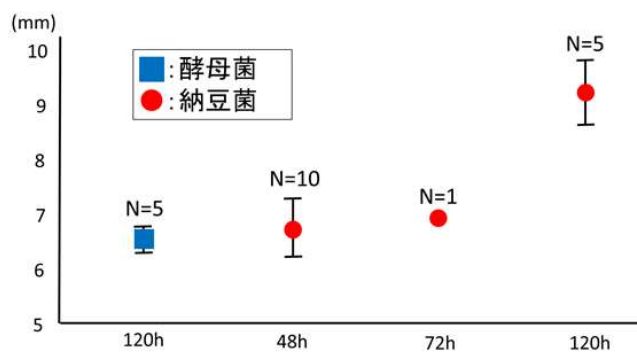


図14 阻止円の大きさ（直径）と抽出時間との関係

考察：蒸留水で抽出したイシクラゲ抽出液に酵母（真菌）と納豆菌（枯草菌）に  
対し効果を示した。水で抽出する時間が長いほど強い効果を示すことから、イシクラゲが持つ抗カビ性・抗菌性物質は水溶性の物質であると考えられる。  
さらに、酵母に効果を示すには長い抽出時間が必要であったことから、真菌に作用するためにはある程度の濃度が必要であると予想される。

### 3 今後の課題

より多量の抗カビ性・抗菌性物質を抽出するために、効果的な抽出方法を検討する。また、抽出に使用する溶媒を水以外のものを用い（例：エタノールなど）、水溶性の物質以外で抗カビ性、抗菌性をもつ物質がないかを調べる。さらに成分分析により、抗カビ性・抗菌性物質の特定を行いたい。

### 4 参考文献

菊池 賢（2014）感染症四方山話(9)：家庭でできる微生物学実験その2. THE CHEMICAL TIMES 233 (3):18-23.

小林昭雄(1996)混合培養系の有用物質生産への応用. 生産と技術48(2)：56-58.



# ワイゼンベルク効果について

班員 階戸 悠介、竹中 雅士、松本 花、山本 瑚春  
担当教員 山本 一博

キーワード：非ニュートン流体、スライム、粘弾性

When we put a rod into a non Newtonian fluid which has viscoelasticity such as slime non Newtonian fluid winds and rises the rod. So, in this research we will reveal what causes the height of the Slime to become tall.

## 1 はじめに

ワイゼンベルク効果とは、粘弾性のある非ニュートン流体（スライムなど）の中に棒を差し込んで回転させると、流体が棒に巻きつくように盛り上がってくる現象のことである。（図1）

非ニュートン流体に棒を入れて回すと流体は中心に近いほど速く、周辺部ほど遅く回転する。流体が周方向にひき伸ばされて粘弾性力が生じ、その結果、外側の流体が内側を中心方向に押す力が生じて流体が棒に巻きつくように上がってくる。（図2）

非ニュートン流体としてスライムを用い、実際にワイゼンベルク効果がみられるのかどうか実験したところ、スライムの巻き上がる高さが一定のところでは止まることに気が付き、実験目的を「ワイゼンベルク効果におけるスライムの巻き上がりの高さに影響を与える要因を明らかにすること」とした。

今回の実験でワイゼンベルク効果に影響を与える要因として私たちが考えたものは、「量」、「深さ」、「固さ」の3つである。



図1 ワイゼンベルク効果の様子



図2 ワイゼンベルク効果が起こる仕組み

## 2 研究方法と結果

### ・実験道具

スライム（自作）、棒（直径 5mm）、ハンドミキサー、スタンド、容器（直径 6.8cm の筒状）、ストップウォッチ（図 3）



図3 実験道具

### ・実験方法

- 1 スライムを作った
- 2 スライムを一定量計測し、容器の中に入れ、ハンドミキサーに棒を取り付けた装置をスライムの中に入れた
- 3 30 秒間、固定したハンドミキサーを回転させた
- 4 スライムの巻き上がりの高さを調べた

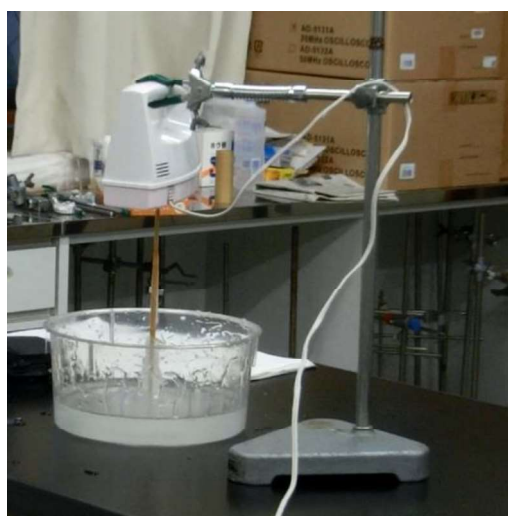


図4 実験の様子

### ・スライム

#### 〈材料〉

せんたくのり、水、ホウ砂

#### 〈作り方〉

- 1 せんたくのりと水を1:1の割合で混ぜる
- 2 ホウ砂と水を1:100の割合で混ぜる
- 3 1の水溶液と2の水溶液を8:1の割合で混ぜる

### ・「高さ」と「深さ」の定義

流体の表面から流体の巻き上がった長さを「高さ」、流体の中にある棒の長さを「深さ」とした。(図4)

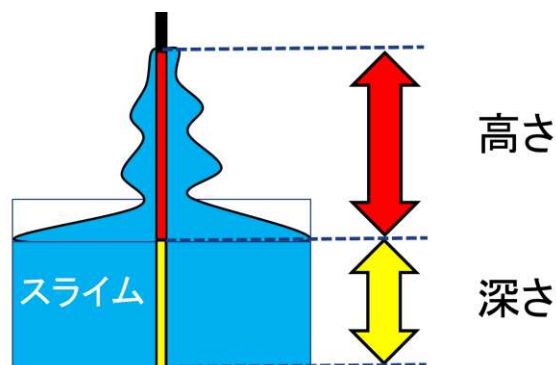


図5 「高さ」と「深さ」の定義

### 予備実験：量と深さを変える

#### 仮説

スライムの量が増えスライムと棒の触れる面積が増えるにつれてスライムはより巻き上がってくる

#### 実験条件

棒を固定したままで、スライムの量を150mL～250mLと25mLずつ変えた

### 実験結果

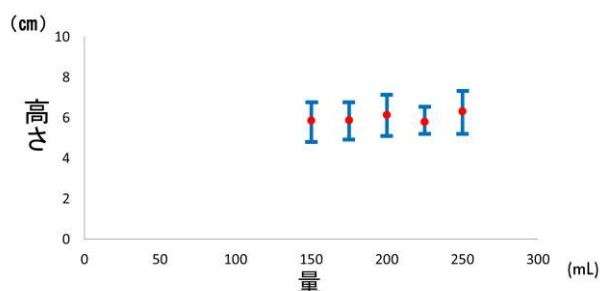


図6 量と深さを変えたときの高さ

### 考察

仮説に反して、スライムの巻き上がりの高さに上昇傾向はみられず、量と深さを変えたがスライムの巻き上がりの高さに違いは見られなかった。

→予備実験の場合、量と深さの二つが変化しているため、量と深さをそれぞれ一方のみを変えて、再度実験を行った。

### 実験 1：スライムの量だけを変える

#### 仮説

スライムの量を増やすほどスライムの巻き上がりの高さは高くなる

#### 実験条件

- ・スライムの量を 150mL～250mL と 25m mL ずつ変えた
- ・棒を差し込む深さを 4cm と一定にした

#### 実験結果

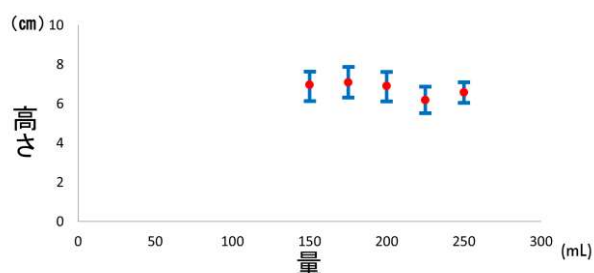


図 7 量と高さの関係

#### 考察

仮説に反して、スライムの巻き上がりの高さには上昇傾向はみられず、スライムの量が 150mL～250mL の間では、スライムの巻き上がる高さとの関係はみられなかった。よって、スライムの量はワイゼンベルク効果に影響を与える要因ではない。

### 実験 2：棒の差し込む深さだけを変える

#### 仮説

スライムに棒を差し込む深さが深いほどスライムの巻き上がりの高さは高くなる

#### 実験条件

- ・スライムの量を 254mL と一定にした
- ・棒を差し込む深さを 1cm～7cm まで 1cm ずつ変えた

#### 実験結果

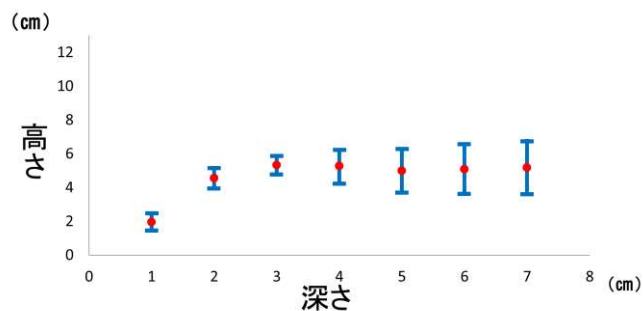


図 8 深さと高さの関係

#### 考察

棒を差し込む深さが 4cm～7cm の間では、スライムの巻き上がる高さとの関係はみられなかった。しかし、棒を差し込む深さが 1cm～3cm の間では、スライムの巻き上がる高さに上昇傾向がみられた。よって、スライムに棒を差し込む深さが 3cm 以下あるとき、ワイゼンベルク効果に影響を与える。

### 実験 3：スライムの固さを変える

#### 仮説

柔らかいスライムの方が巻き上がる

#### 実験条件

- ・スライムの量を 150mL と一定にした
- ・棒を差し込む深さを 4cm と一定にした
- ・スライムの固さはスライムを作る際の水とせんたくのりの割合で変化させた（表 1）

表 1 水とせんたくのりの割合

	水：せんたくのり
柔らかいスライム	1：2
固いスライム	2：1

#### 実験結果



図 9 スライムの固さと高さの関係

## 考察

仮説通り、柔らかいスライムはよく巻き上がったが固いスライムはほとんど巻き上がらなかった。よって、スライムの固さはワイゼンベルク効果に影響を与える要因である。

## 3 結論

流体の巻き上がりの高さに影響を与える要因は、流体の量ではなく、表面から 3cm までの深さと流体の固さであることがわかった。

## 4 今後の展望

- ・ 流体の固さの段階を細かく分け、巻き上がりの高さが最も高くなる固さを見つける
- ・ 棒の回転数、材質などのほかの要因が流体の巻き上がりの高さに影響を与えるのか調べる

## 5 参考文献

- ・ Weissenberg, Karl  
“A continuum theory of rheological phenomena.” (1 March 1947)
- ・ J・ウォーカー, 戸田盛和, 渡辺慎介, 1980.  
ハテ・なぜだろうの物理学, 培風館, II 150-151

# グラスハープにおける温度と周波数の関係

班員 大窪 未来、河崎 紀子、寺井 珠海、蓮本 深琴  
担当教員 屋敷 秀樹

キーワード：グラスハープ、共鳴音の周波数、音

It is known that the frequency of the resonance in Glass Harp changes the pitch according to the amount of water in the Glass. The purpose of our research is to find out whether some factors which can affect in addition to the amount of water.

## 1 はじめに

グラスハープとは濡れた指でグラスを擦ると指とグラスの間に摩擦が生じることでグラスが振動し、音が発生するものである。グラス内の水の量を変えることによって音（共鳴音の周波数）が変化することが知られている。本研究では、水の量以外にも共鳴音の周波数が変化する要因があるのではないかと考え、その要因を明らかにすることを目的に行った。

## 2 共鳴音の周波数の測定方法

共鳴音の周波数は、録音した共鳴音の周波数をパソコンの周波数解析ソフトを用いて調べた。

## 3 実験

実験 1 グラス内の空気層の高さと発生する共鳴音の周波数の関係

仮説 1 共鳴音の周波数には、気柱共鳴が関係している。

結果 1 グラスハープは気柱共鳴のように、空気層の高さで、共鳴音が生じるわけではないことが分かった。

実験 2 グラス内の水の温度と発生する共鳴音の周波数の関係

仮説 2 水の温度と共鳴音の周波数には関係がある。

### 実験方法

- ・低温、常温、高温の水をグラスに入れ音の高さを調べた。
- ・形状の異なる 2 種類のグラスを用いて実験を行った。
- ・グラス内の空気の体積をそろえるため、水で満たしたグラスから駒込ピペットで水を 50mL とりのぞいた。



図 1 グラス A



図 2 グラス B

### 結果 2

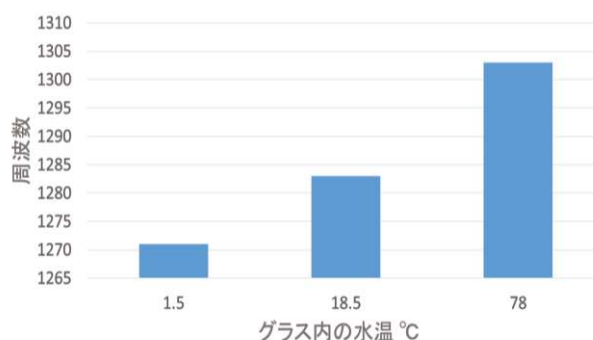


図 3 グラス A 内の水温と周波数の関係



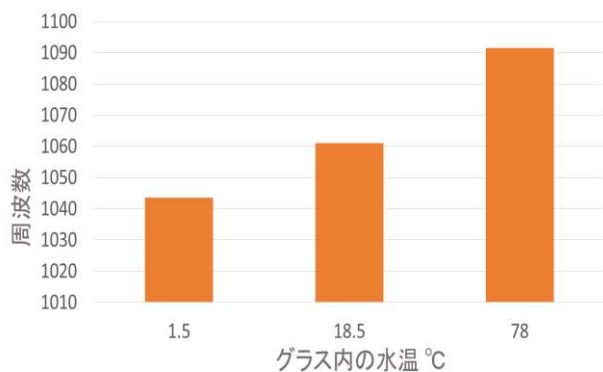


図4 グラス B 内の水温と周波数の関係

ガラスの形状に関わらず、水の温度が高いほど共鳴音の周波数は大きくなった。

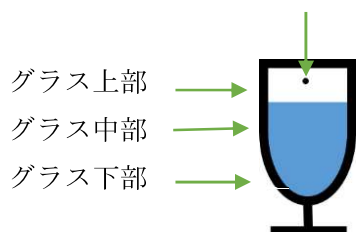
実験3 グラスの温度と発生する共鳴音の周波数の関係

仮説3 グラスの温度が高くなると、周波数は多くなる。

実験方法

- ・実験2で用いた2つのガラスA、Bで温度と共鳴音の周波数の関係を調べた。
- ・ガラスが高温から常温に変化する過程、低温から常温に変化する過程において、1分ごとに周波数、空気の温度、ガラスの温度を測定し、関係性を調べた。
- ・ガラスの温度はガラスの上部、中部、下部の3ヶ所測定した。

ガラス内の空気の温度



- ・空気の温度は、サイエンスメイト温度センサーで測定した。
- ・ガラス内の空気の温度は空気層の中央部を測定した。
- ・ガラスの温度は非接触放射温度計で測定した。



図5 非接触放射温度計



図6 サイエンスメイト

結果3

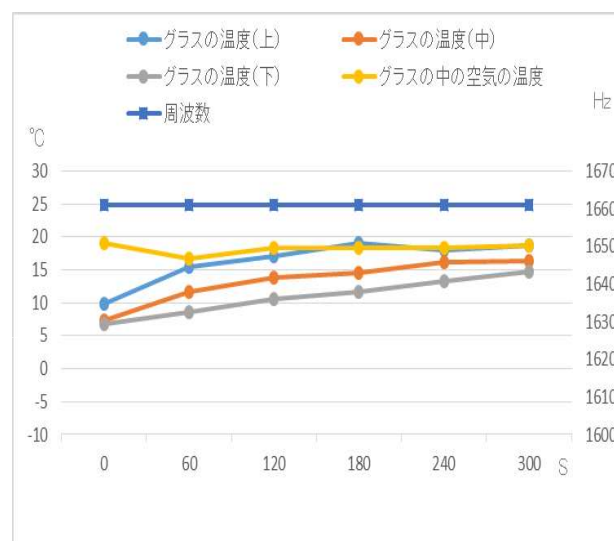


図7 グラス A 低温から常温に変化した時の温度と周波数の変化

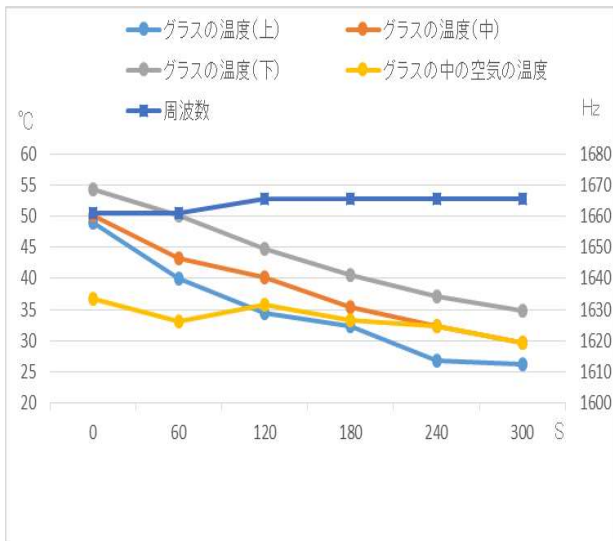


図8 グラスA高温から常温に変化した時の温度と周波数の変化

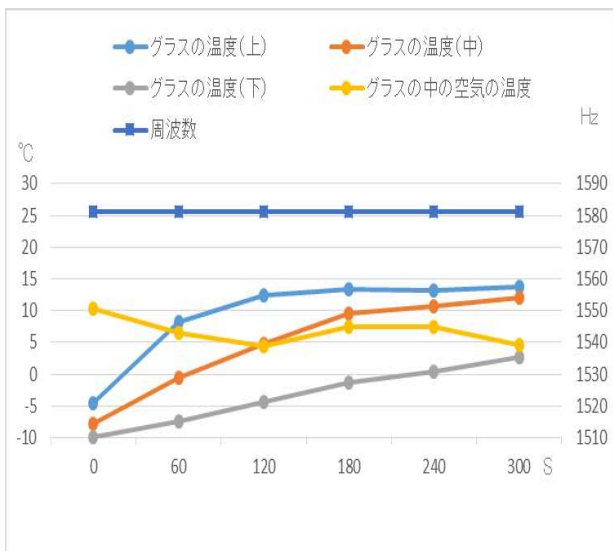


図9 グラスB低温から常温に変化した時の温度と周波数の変化

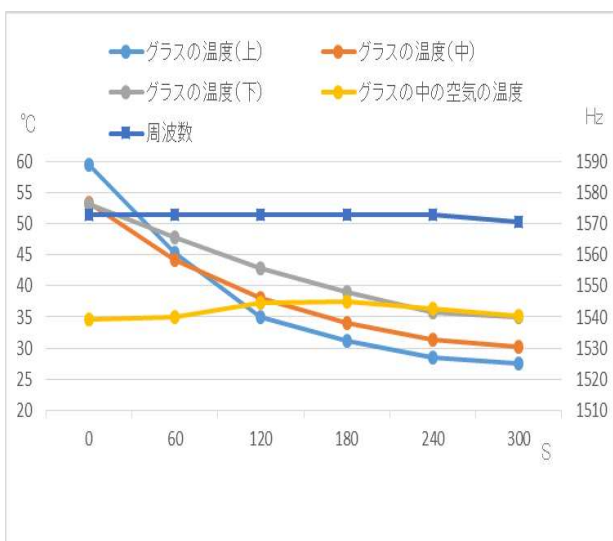


図10 グラスB高温から常温に変化した時の温度と周波数の変化

ガラスの上、中、下の温度は大きく変化しているのに対し、共鳴音の周波数はほぼ変化していないことから、ガラス内の空気の温度とガラス本体の温度は、共鳴音の周波数の決定要因ではない。

### 実験3 粘度と発生する共鳴音の周波数の関係

仮説3 水の温度を上げると水の粘度が小さくなることから、液体の粘度が大きくなると周波数は小さくなる。

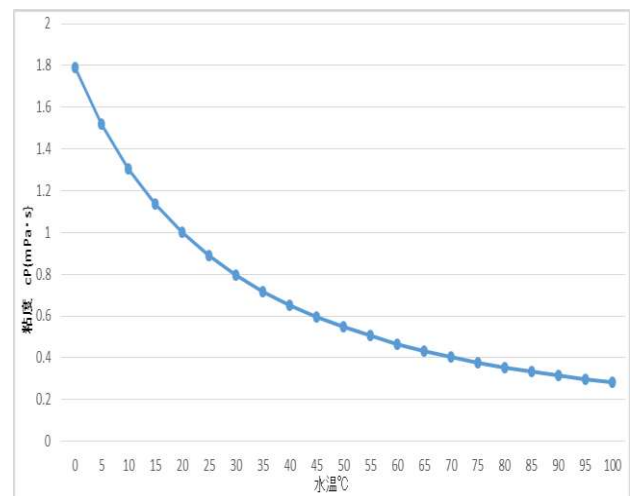


図11 水の温度と粘度の関係

### 実験方法

- ・実験1, 2で用いたガラスAと新たなガラスCを用いた。
- ・スライムの製作過程で加える水の量を調節し粘度の異なる3種類のスライムを作成した。
- ・粘度の異なるスライムや水をガラスに入れ、共鳴音の周波数を測定した。

表1 スライムの材料と量

粘度	水 (g)	ホウ砂 (g)	洗濯のり (g)
大	175	25	100
中	150	25	100
小	125	25	100



図 12 スライムを入れたグラスC



図 13 実験4の様子

### 結果 3

共鳴音の 周波数 (Hz)	水	スライム (粘度小)	スライム (粘度中)	スライム (粘度大)
グラス A	1577	1625	1587	鳴らな かった
グラス C	1398	1401	1370	鳴らな かった

粘度の違いによって共鳴音の周波数が異なる。しかし、粘度と共鳴音の周波数の相関関係までは確認できなかった。

## 4 考察

グラスハープの共鳴音の周波数はグラス内の水量だけでなく、水温によっても変化するといえる。グラス内の液体の温度が共鳴音の周波数決定要因であることから液体の質量、密度も共鳴音の周波数の決定要因であると考えられる。

## 5 結論

グラス内の水の温度は、共鳴音の周波数の決定

要因の一つである。

しかし、グラスの中の空気の温度やグラス本体の温度は、共鳴音の周波数の決定要因ではない。

## 6 今後の展望

実験3ではスライムを用いて実験したが、スライムの粘度は変化しやすく、密度も計測しづらいため、今後の実験では別の物（砂糖水など）を使ってみたい。また、グラス内の水温が変化したとき、水蒸気圧も変化することを考慮に入れて実験をすすめていきたい。

## 7 参考文献

大沼梨菜・藤居奈々・小野田上彦・小泉周平・小栗和也（2013）グラスハープを教材利用するための振動解析（Ⅱ）。

第 74 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集。

# クマムシの生息環境に対する選好性

班員 木森 雅文、蒔田 風、松井 裕輝、盛本 将吾  
担当教員 今田 拓伸

キーワード：クマムシ、ベールマン装置、フィッシャーの正確確率検定

In order to reveal the preferences of water bears for their habitats, we collected a lot of moss from 67 places. And then we researched the relationship between the conditions of the environment and water bears living in the moss. As a result, we couldn't find any remarkable connections in our study.

## 1 はじめに

クマムシに関しては、高温、低温、乾燥状態、高圧、放射線などの過酷な環境に対する耐性について多くの研究がされている一方で、温度、湿度といった物理的環境に対する選好性についてはあまり知られていない。選好性が明らかになれば、クマムシを効率よく採取できると考えられる。

本研究では、クマムシの生息環境に対する選好性を明らかにすることを目的とした。

## 2 仮説

我々は、クマムシは急激に乾燥すると、クマムシ特有の乾眠状態になることができずに死んでしまうことから、比較的湿り気のある日陰、さらに餌であるワムシやセンチュウが生息しているコケを好むという仮説を立て、本調査を行った。

## 3 調査方法

＜採集方法について＞

七尾高校周辺、および近隣の小丸山公園など、67か所のコケを採取した。採集の際は、天気、前日の天気、気温、湿度、日当たり、コケの湿り気、風の強さなどの環境に関するデータを記録した。

また、採集したコケの定量化を図るために、

一般的な植生調査で用いられているコドラート（図1）を用いる方形区画法を行い、9マスに区切られたコドラートの四隅からコケを採集した。採集したコケは実験室へ持ち帰り、以下の方法でクマムシを抽出した。

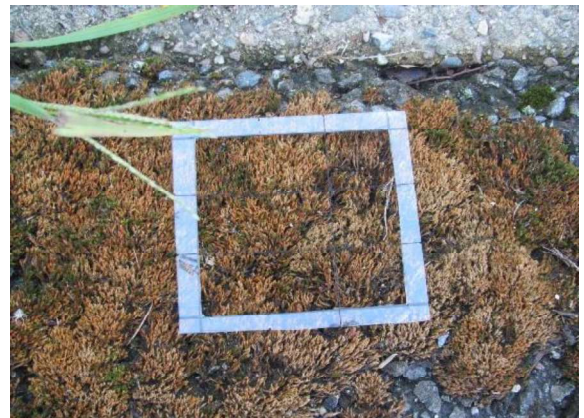


図1 本研究で使用したコドラート

＜抽出・観察方法について＞

採集したコケの中の微生物をろ過してコケから分離させるため、ペットボトルを用いて作成したベールマン装置（図3）に入れ、150mLの水に浸し1日放置した。装置に溜まったクマムシを含む沈殿物をスポイトでエッペンドルフチューブ（容積1.5mL）にとり、1分間遠心分離器にかけた。

その後、その沈殿物を光学顕微鏡（倍率40倍）で観察し、確認できたクマムシの個体数を記録すると同時に、クマムシの餌として報告されて

いるワムシとセンチュウの個体数も記録した。  
以上のことを採集、抽出・観察を数回行い各環境指標によって分けた表(表1)を以下に示す。

**表1 採集場所の環境指標とクマムシの確認数  
(一部)**

採集場所	温度(°C)	湿度(%)	天気	日当たり	乾湿	クマムシの数
A	33	56	晴	良	乾	5
B	33	56	晴	良	乾	23
C	33	56	晴	良	乾	0
D	26	65	曇	良	湿	21
E	20	44	曇	良	乾	25
F	20	50	曇	良	乾	18
G	19	33	曇	良	乾	0



**図2 本研究で採取したクマムシ**



**図3 本研究で使用したバールマン装置**



**図4 本研究で採取したセンチュウ**



**図5 本研究で採取したワムシ**

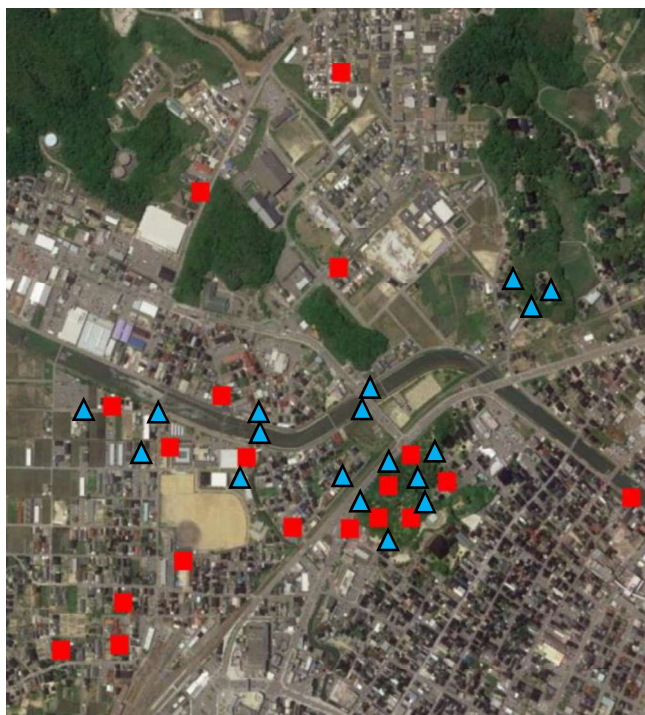
#### ＜統計解析について＞

観察結果から、(採集場所の)日当たり、コケの湿り気、センチュウとワムシの有無に関して、クマムシの有無との関係を2×2の分割表にまとめてフィッシャーの正確確率検定を行い、それぞれの環境指標とクマムシの有無との間に有意差があるかどうかを判定した。検定には、専用のインターネットサイトを用いた<sup>(4)</sup>。

## 4 調査結果

3 に記した調査・統計解析を行った結果を以下の表2、3に、また、クマムシの有無で分けて航空写真上にプロットした地図(図4)に示す。





■ クマムシ有 ▲ クマムシ無  
図4. 採集場所のプロット地図（一部）

表2 日当たり・コケの湿り気とクマムシの有無

	日当たり		コケの湿り気	
	良い	悪い	湿	乾
クマムシ有	19	8	9	18
クマムシ無	22	15	20	17
	P=0.436		P=0.130	

表3 センチュウ・ワムシの有無とクマムシの有無

	センチュウ		ワムシ	
	有	無	有	無
クマムシ有	19	2	12	9
クマムシ無	10	2	7	5
	P=0.610		P=0.947	

調査の結果、クマムシと日当たり、コケの湿り気、センチュウ、ワムシとの間に生息環境に対する選好性の有意差は見られなかった。そこで、2つの環境指標間が組み合わさって影響しているという可能性を考慮し、さらに日当たり×湿度とクマムシの有無、また、湿度×日当たりとクマムシの有無、さらにセンチュウ×ワム

シとクマムシの有無を表にまとめフィッシャーの正確確率検定を行った。（表4～7）

表4 日当たり×湿度とクマムシの有無

	日当たり良		日当たり悪	
	湿	乾	湿	乾
クマムシ有	5	11	4	9
クマムシ無	14	11	4	6
	P=0.199		P=0.685	

表5 湿度×日当たりとクマムシの有無

	湿		乾	
	日良	日悪	日良	日悪
クマムシ有	5	4	14	4
クマムシ無	11	9	11	6
	P=0.647		P=0.182	

表6 センチュウ×ワムシとクマムシの有無

	センチュウ有		センチュウ無	
	ワ有	ワ無	ワ有	ワ無
クマムシ有	11	8	1	1
クマムシ無	6	4	1	1
	P=0.615		P=0.833	

表7 ワムシ×センチュウとクマムシの有無

	ワムシ有		ワムシ無	
	セ有	セ無	セ有	セ無
クマムシ有	19	2	12	9
クマムシ無	10	2	7	5
	P=0.614		P=0.604	

## 5 考察

日当たり、コケの湿り気、センチュウ、ワムシの有無は、クマムシの生息場所の決定要因ではないと考えられる。

## 6 今後の課題

今回行えなかったクマムシの各種類における生息条件の選好性を調べる。また、クマムシの移動能力の高さは、生息場所の選好性に影響

すると考えられるので（例えば、移動能力が低いと適した生息場所を探して移動できない）、クマムシが一生をかけて移動する距離を測定する。

## 7 参考文献

- (1) 藤井久子（2017）知りたい、会いたい、特徴がよくわかるコケ図鑑. 家の光協会, 東京
- (2) 青木淳一(1991)緩歩動物門. 青木淳一(編) 日本産土壤生物検索図説;16-20. 東海大学出版会, 東京
- (3) 鈴木忠・森山和道（2008）クマムシを飼うには. 知人書館, 東京
- (4) js-STAR-KISNET  
<http://www.kisnet.or.jp/nappa/software/star/freq/2x2.htm>

# 電流発生菌による電力の増加について

班員 川島 千晶、竹内 伶、田渕 智基、富田 大貴

担当教員 荒邦 陽子

キーワード：電流発生菌、電力、マッドワット

Current generating bacteria generate electricity when they are metabolizing. In order to increase the amount of electronic power produced by them, we studied the relation between the amount of mud provided and the amount of electronic power generated while using various kinds of materials.

## 1 はじめに

電流発生菌はあらゆる土壌中に存在しており土壌中の有機物を分解する際に電子を放出して電流を発生させる。代表的な菌としてシュワネラ菌やジオバクターが挙げられる。

電流発生菌による発電は、浄水方法としても用いる事ができるため、地球にやさしいエネルギー源としての実用化が期待されている。本研究では実用化を視野に入れ、電流発生菌により生み出される電力を増加させることを目的に実験を行った。

## 2 実験方法

マッドワット(微生物燃料電池キット、図1)を用いて実験を行った。

電力の測定にはマッドワット専用アプリを使用した。一日につき8:00、12:30、18:00の3回電力を測定し、3回の平均値をその日の電力とした。

実験では学校に隣接する御祓川から採取した土を使用した。土の質量は水分を含んだ状態で量ったものである。

マッドワットは37℃に設定した人工気象器の中に静置し実験を行った。


以下、グラフ中の網掛けは（）はデータがないことを示す。



図1 マッドワット

## 3 実験

〈実験1〉

目的 土の量と電力の関係について調べる。

仮説 土の量が多いほど電力は大きい。

方法 土の質量を330g、110gにしたマッドワットを2種類用意し、電力を比べる。

結果 3日目までは両方とも同じように発電をしたが、土の量を110gにしたマッドワットはその期間が短く、電力の最大値も小さかった。

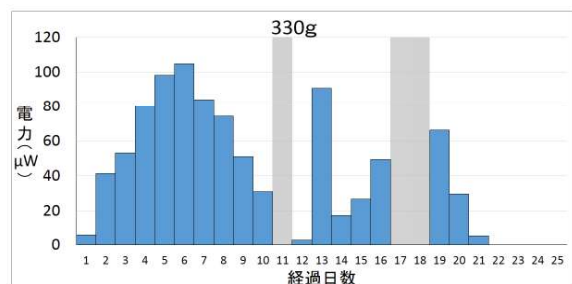


図2-1 土330gの電力の変化

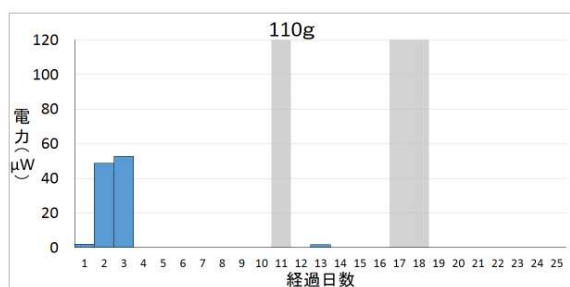


図 2-2 土 110g の電力の変化

考察 土の量が多いほど得られる電力が大きい。また、一定の期間を過ぎると発電しなくなる。

### 〈実験 2〉

目的 養分と発電期間の関係について調べる。  
 仮説 有機物を加えると発電期間が長くなる。  
 方法 発電を停止したマッドワットにグルコース水溶液を加え、再び発電するか調べる。  
 結果 グルコースを加えた翌日から 6 日間発電を確認できた。  
 考察 グルコースは発電期間を延ばす。

### 〈実験 3〉

目的 物質添加による電力の増加について調べる。  
 方法 3 つのマッドワットを用意し、それぞれにグルコース、サラダ油、トリプトンの 10% 水溶液 10g を添加し、電力を比較した。コントロールとして水を 10g 添加したものも用意した。



図 3 物質を添加したマッドワット

## 結果

### 1 回目

グルコース、サラダ油を添加したマッドワットで一時的に電力がコントロールより大きくなったが、トリプトンを添加したマッドワットでは電力はコントロールより小さかった。

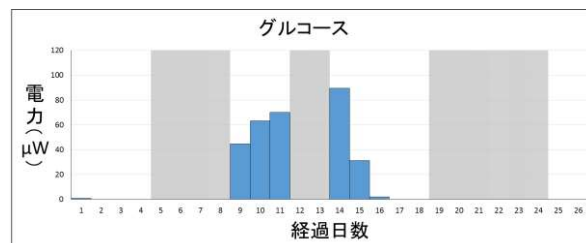


図 4-1 グルコースを添加したものの電力の変化

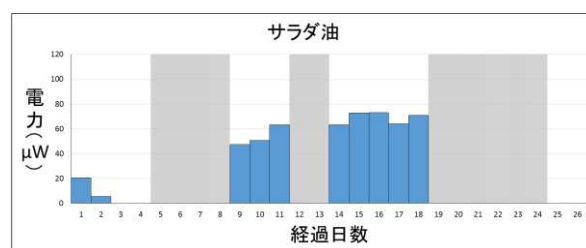


図 4-2 サラダ油を添加したものの電力の変化

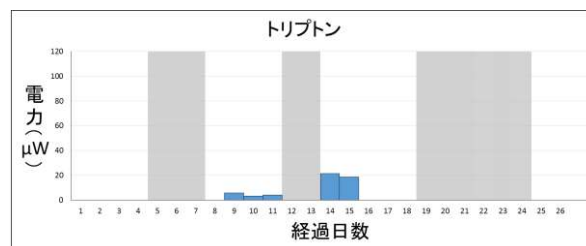


図 4-3 トリプトンを添加したものの電力の変化

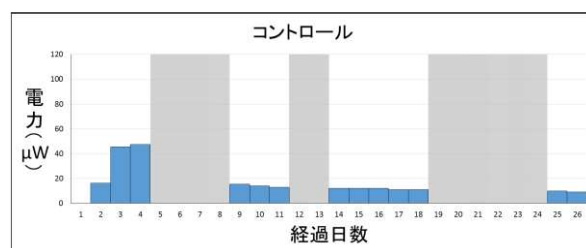


図 4-4 コントロールの電力の変化

### 2 回目

物質を添加した全てのマッドワットで一時的な電力がコントロールよりも大きくなった。

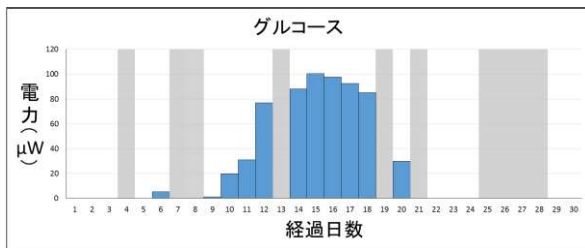


図 5-1 グルコースを添加したものの電力の変化

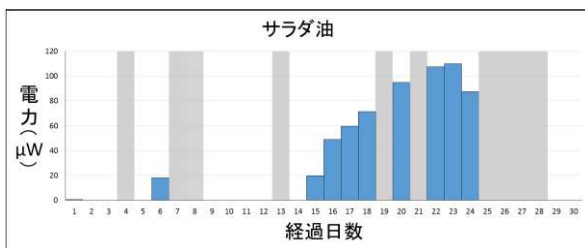


図 5-2 サラダ油を添加したものの電力の変化

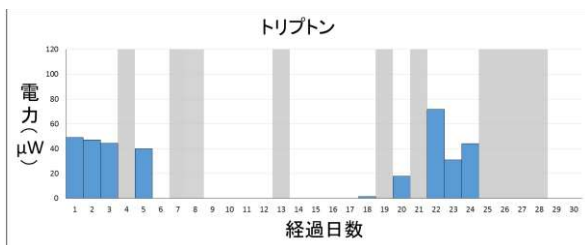


図 5-3 トリプトンを添加したものの電力の変化

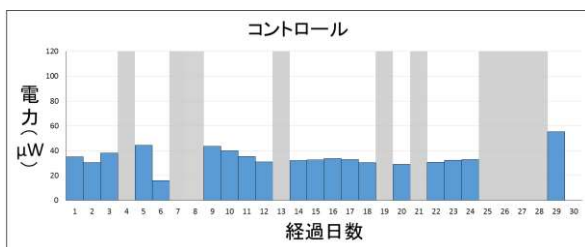


図 5-4 コントロールの電力の変化

**考察** 有機物の量が増えたため分解するスピードが増した、または添加した物質により菌の活動が活発になったため代謝が活性化したと考えられる。

#### 〈実験 4〉

**目的** 土壌中の菌を単離培養し、土壌中にどのような菌がいるのかを調べる。

**方法** 発電を停止していないマッドワットから土を採取し、その中の菌を、培地で培養した後、明らかに区別できるもののコロニーを採取し、新たに培養した。

**結果** 土壌中に赤色、赤紫色、白色の三種類の菌の存在が確認された。また、この三種類の菌をそれぞれグラム染色すると、白色の菌はグラム陽性菌で、赤色と赤紫色の菌はグラム陰性菌であることが分かった。



図 6-1 増殖した赤色の菌



図 6-2 増殖した赤紫色の菌



図 6-3 増殖した白色の菌



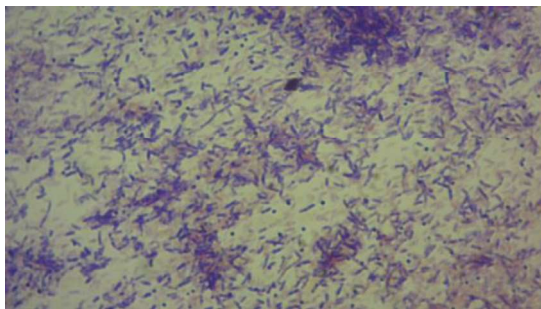


図 6-4 白色の菌のグラム染色の様子

考察 土中に含まれる菌より電流発生菌を特定することによって定量的な実験を行うことが出来ると考えられる。

#### 4 結論

土の量が多いほど電力が大きくなり、物質を添加すると一時的に電力が大きくなる。どのような物質が電力の増加に影響を与えるかの明確な判断はし難い。

また、環境要因の変化により実験結果に差異が生じ、定量的な実験が難しい。

#### 5 今後の課題

安定したデータを得るための実験方法の改良や、より大きな電力が得られるよう他の方法についても検討していく。また、現在進めている土壌中の菌の培養により、定量的な研究を試みる。

#### 6 参考文献

橋本和仁．田んぼが電池になる．ウェッジ．  
2014

# ラムスデン現象における膜の発生条件

班員 岡崎 紗英、清水 ありさ、中川 みらい、畑中 あかり、山岸 千夏  
担当教員 村中 拓弥

キーワード：牛乳 熱凝固 温度

The ramsden phenomenon is; when milk is heated, a thin film appears on the surface of the liquid. Our purpose was to find the conditions where a film doesn't appear. First, we examined the conditions of films across different temperatures. Second, we examined the conditions of films across different materials added to milk. From the results of the experiments, we found that if we heated milk below 70°C, or added baking soda, flour, or starch to milk, no film appeared.

## 1 はじめに

ラムスデン現象とは、牛乳を温めると表面の水分が蒸発し、タンパク質（特にカゼイン）が脂肪を包み込みながら熱凝固し、薄い膜が形成される現象である。（図1・2）

ホットミルクを作った時に膜が現れ、膜があると不快に感じたため、その膜が現れないようにホットミルクを作るにはどうしたらいいかと思い、膜が現れない条件を見つけ出すことを目的として本研究を行った。



図1 現れた膜



図2 取り除いた膜

## 2 研究方法と結果

### 膜の判断基準

- －：現れない
- ＋：目視で確認できずガラス棒で確認できる
- ++：目視・ガラス棒で確認できる

### 条件

- 牛乳の温度を変える。
- 牛乳に物質を加える。

### 実験Ⅰ-①

#### 目的

どの温度で膜が現れるかを確認する

#### 方法

無調整牛乳40mLを温めた。ガスバーナーで直接温めると温度の調整がしにくいいため、湯せんにかけて温めた。湯せんの温度を測り、温度の幅を±5°Cにして温めた。設定温度（45、55、65°C）になってから五分間観察し、一分ごとに膜ができているか確認した。確認後膜はすべて取り除いた。

#### 結果

どの温度でも膜は現れなかった。

#### 考察

詳しく温度を測ってみると、湯せんと牛乳とで温度に差が見られた。

無調整牛乳は、商品一つ一つで成分量がわずかに異なり、また季節によっても変わるため、安定した結果を得ることが難しい。

また、温度の幅を $\pm 5^{\circ}\text{C}$ に設定したが、それでは正確な結果が得られない。

## 実験 I-②

### 目的

牛乳の温度と膜の発生具合の関係について調べる

### 方法

無調整牛乳ではなく、調整牛乳を40m L温めた。(図3)

温度の範囲は $\pm 2^{\circ}\text{C}$ にし、ビーカー内の水をかきまぜ、温度を均一にした。また、湯せんの温度ではなく牛乳自体の温度を測った。膜は確認後、すべて取り除き、5分間膜を観察した。ただし、設定温度になってから1分までは加熱してきた時間もあるため、2分からを結果とした。

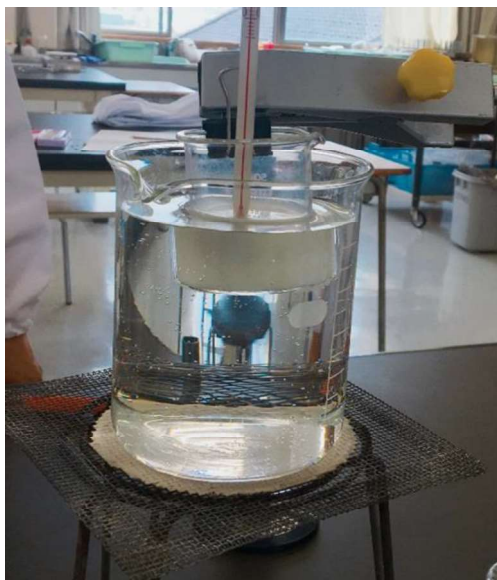


図3 実験装置

## 結果

表1 温度と膜の発生具合の関係(実験 I-②)

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	2分	3分	4分	5分
40	—	—	—	—
50	—	—	—	—
60	—	—	—	—
70	—	—	—	+
80	—	++	++	+
90	++	+	+	+

膜が現れ始めるのは $70^{\circ}\text{C}$ である。

## 考察

温度が上がるにつれ膜が形成される間隔は短くなっている。

時間がたつにつれ膜の発生量は減少傾向にある。

温度のみでなく加熱時間も膜の形成に関係しており、温度上昇時に水分が蒸発しているため、その過程で膜が形成されている。

## 実験 I-③

### 目的

牛乳の温度と膜の発生具合の関係について調べる。

### 方法

恒温恒湿のインキュベーターを使用した。設定温度・湿度(99%)に上昇するまでビーカーにラップをし、水分の蒸発を防いだ。上昇後、湿度を55%に下げたからラップを外した。(図4) 1分ごとに観察し、その時膜があればすべて取り除いた。



図4 インキュベーター

## 結果

表2 温度と膜の発生具合の関係 (実験Ⅰ-③)

温度 (°C)	1分	2分	3分	4分	5分
40	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—
70	—	—	+	+	—
80	+	+	++	++	++

膜が現れ始めるのは70°Cである。

## 考察

70°Cから膜が現れ始めているため、膜が現れない条件は70°C未満である。

また、温度をあげるにつれて膜が現れる間隔は短くなっている。

## 実験Ⅱ

### 目的

牛乳に加える物質と膜の発生具合の関係について調べる。

### 方法

牛乳40mLに物質0.01 gを加えた。用意した物質は、コーヒー、ココア、塩、砂糖、重曹、小麦粉、片栗粉である。比較対象として何も入れていない牛乳も用意した。恒温恒湿

のインキュベーターを使って温めた。70°Cと80°Cそれぞれで実験を行い、1分ごとに観察した。観察時に膜があればすべて取り除いた。

## 結果

表3 加える物質と膜の発生具合 (70°C)

物質	1分	2分	3分	4分	5分
なし	++	+	+	—	—
コーヒー	+	++	+	—	+
ココア	+	+	—	+	—
塩	+	+	+	—	+
砂糖	+	—	—	+	+
重曹	—	+	—	—	—
小麦粉	—	+	—	—	—
片栗粉	—	—	—	—	+

一番多く膜が現れたのはコーヒーを加えた牛乳で、何も入れなかった牛乳より膜が多く現れた。

膜の形成をより阻害した物質は重曹、小麦粉、片栗粉であった。

表4 加える物質と膜の発生具合 (80°C)

物質	1分	2分	3分	4分	5分
なし	+	+	—	—	—
コーヒー	—	+	—	+	—
ココア	+	+	—	+	+
塩	—	—	—	—	—
砂糖	+	+	—	+	—
重曹	+	—	—	—	—
小麦粉	+	+	—	—	—
片栗粉	—	—	—	—	—

80°Cでも同様に重曹、小麦粉、片栗粉は膜の形成をより阻害した。

しかし、塩を加えた牛乳では膜が全く現れず、コーヒーを加えた牛乳は70°Cのときより膜の量が減少した。

## 考察

膜が現れないようにするには、重曹、小麦粉、片栗粉を牛乳に入れるとよい。特に片栗粉では、膜の形成に時間がかかっている。

小麦粉・片栗粉の成分を調べてみると、ど

ちらにもでんぷんが含まれており、糊化したものが表面からの水分の蒸発を防ぎ、膜の形成を阻害したと考えられる。

ほとんどの物質が物質を入れなかった牛乳よりも膜が現れにくかったのは沸点上昇が原因である。

膜が完全に現れないようにするのは難しいといえる。

### **3 結論**

膜が現れないようにするには、牛乳を70℃未満で温めればよい。

また、重曹、小麦粉、片栗粉を牛乳に加えればよい。

### **4 今後の展望**

入れる物質の量を変えて実験を行うことで、結果に規則性を見つける。

膜の形成を判断する基準が不明確で、安定した結果を得ることが難しいため、膜の判断基準を明確にする。

温度を変えることや物質を加えること以外に膜の発生を防ぐ条件を調べる。

### **5 謝辞**

本研究を行うにあたり、金沢工業大学の坂本 宗明准教授から多くの助言をいただきました。感謝申し上げます。

### **6 参考文献**

一般社団法人中央酪農会議 ことば辞典  
ラムスデン現象. (オンライン)  
<http://www.dairy.co.jp/>, (参照 2017-5-15)



# 玄米による豆乳の凝固について

班員 池島 梨紗、善端 佑太、二俣 真、山田 万尋

担当教員 山本 峻

キーワード：玄米、豆乳、乳酸菌、マグネシウム

It is known that yogurt can be made by putting brown rice into soymilk. It is written here that "yogurt can be made by lactic acid bacteria which exists on brown rice". However, it does not describe the details of the mechanism of the coagulation. Therefore, in our research, we aimed to reveal the mechanism.

## 1 研究の動機及び目的

豆乳に玄米を入れるとヨーグルトができることが知られている。<sup>1)2)</sup>ここには玄米に存在する乳酸菌によって豆乳が凝固することによりヨーグルトができると書かれている。しかし、凝固する仕組みの詳細については書かれていない。

そこで、玄米により豆乳が凝固する仕組みを明らかにすることを目的に本研究を行った。

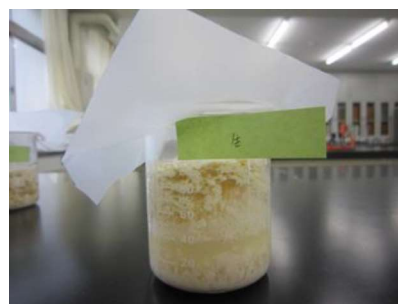


図2 作成した凝固物 (46 時間経過)

## 2 研究方法と結果

### 実験Ⅰ 凝固の確認

滅菌したビーカーに豆乳 60mL と玄米 5g を入れてインキュベーター内 (25℃) に入れ、凝固するか調べた。

#### 結果

22 時間で豆乳が凝固し、次のような事が観察された。

- ・凝固物は豆腐のような硬さであった
- ・凝固物は数日間放置すると変色した
- ・凝固物を水に入れて攪拌したがとけなかった



図1 作成した凝固物 (22 時間経過)

### 実験Ⅱ 凝固の要因を調べる (乳酸菌)

仮説 豆乳は玄米に存在する乳酸菌により凝固する。

仮説が正しいとすると、次の4つの現象を見ることができると考えられる。そこで、これらについて調べた。

- ① グラム染色を行うと陽性を示す菌が存在する。  
(乳酸菌はグラム陽性菌である。)
- ② 加熱すると死滅する。(豆乳が凝固しない)
- ③ 作成したヨーグルトを株分けすることにより新たなヨーグルトを作成できる。
- ④ 乳酸菌を生成する。

#### 実験Ⅱ-1

目的 グラム陽性菌が存在するか調べる。

方法 豆乳 30mL に玄米 2g を加えて作成した凝固物にグラム染色を行った。

結果 グラム陽性菌が存在した。

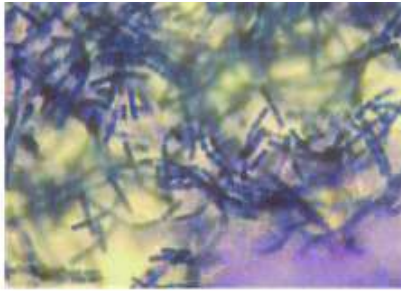


図3 グラム染色を行った凝固物

#### 実験Ⅱ-2

目的 加熱すると乳酸菌が死滅するか（豆乳が凝固しないか）調べる。

方法 オートクレーブに 120℃20 分入れて滅菌した玄米 2g を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べた。

結果 豆乳は凝固しなかった。

#### 実験Ⅱ-3

目的 作成した凝固物を別の豆乳に加えても凝固するか調べる。

方法 豆乳 30mL に玄米 2g を入れて作成した凝固物（1g、2g、4g）を加え、22 時間後、凝固するか調べた。

結果 22 時間で豆乳が凝固した。

表 1 凝固の有無

加えた凝固物(g)	0	1	2	4
凝固の有無	—	+	+	+



図4 凝固物 2g を加えた豆乳

#### 実験Ⅱ-4

目的 乳酸が生成されているか（pH が下がっているか）調べる。

豆乳の pH は 6.75、等電点は 4.5 付近<sup>3)</sup>であることから、乳酸による凝固が起きているならば pH は 4.5 付近であることが予想される。

方法 豆乳 30mL に、玄米 2g、市販の乳酸菌（フジコカスピ海ヨーグルト）0.3g、糖 2g をそれぞれ加え、入れた直後と凝固時の pH を測定した。なお、試料を入れた直後の pH はどれも 6.75 で、もとの豆乳と同じであった。

結果 豆乳に玄米と糖を加えたものは pH が 6.5 付近で凝固し、市販の乳酸菌を加えたものは pH が 4.9 付近で凝固した。

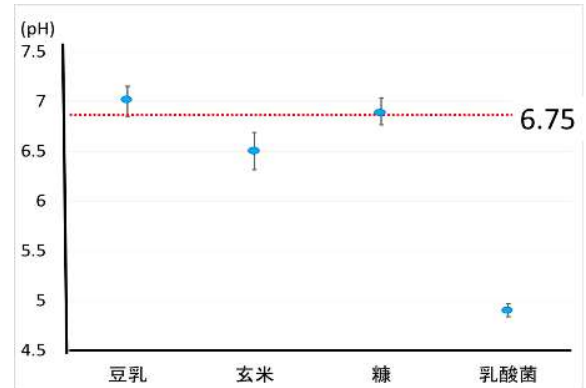


図5 各試料を加えた豆乳の凝固時の pH



図6 玄米 2g を加えた豆乳

#### 実験Ⅱの考察

実験Ⅱ-1～3の結果は豆乳が乳酸菌により凝固しているという仮説を裏付けるものである。しかし、実験Ⅱ-4の結果は、豆乳が乳酸菌により凝固しているという仮説に反する結果となった。そのため、玄米を豆乳に入れたときに起こる凝固には乳酸菌以外にも関与していると考えられる。

#### 実験Ⅲ 凝固の要因を調べる（マグネシウム）

仮説 豆乳は玄米に含まれるマグネシウムにより凝固する。

実験Ⅰ観察事実にあるように凝固物が豆腐のような硬さであったことから、玄米に含まれる二価の金属イオンが凝固の要因の一つではないかと予想した。

表 2 玄米に含まれる二価の金属イオン<sup>4)</sup>

二価の金属	玄米 100gの含有量(mg)
マグネシウム	110mg
カルシウム	9mg
亜鉛	1.8mg

#### 実験Ⅲ-1

目的 塩化マグネシウムで豆乳が凝固するのを調べる

方法 塩化マグネシウム (4mg、20mg、100mg) を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べ、凝固時の pH を測定した。また、豆乳にマグネシウムを加えると pH6.0 付近で凝固することが知られている<sup>5)</sup>。

結果 塩化マグネシウムに含まれるマグネシウムが 25mg 未満では一部凝固し、25mg では完全に凝固した。

表 3 凝固の有無

加えた MgCl <sub>2</sub> (mg)	0	4	20	100
含まれる Mg 量 (mg)	0	1	5	25
凝固の有無	—	±	±	+
pH	6.9	6.7	6.9	5.7



図 7 塩化マグネシウム 4mg を加えた豆乳

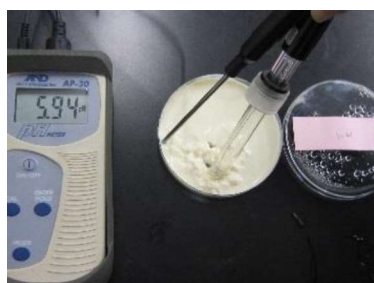


図 8 塩化マグネシウム 100mg を加えた豆乳

#### 実験Ⅲ-2

目的 玄米に含まれるマグネシウムで豆乳が凝固するのを調べる

方法 オートクレーブに 120℃20 分入れて滅菌した玄米(2g、10g、15g)を豆乳 30mL に入れ、凝固するか調べ、凝固時の pH を測定した。

結果 玄米に含まれるマグネシウムが 2mg では豆乳は凝固しなかったが、それより多い量では凝固した。

表 4 凝固の有無

加えた滅菌した玄米 (g)	0	2	10	15
含まれる Mg 量(mg)	0	2	10	15
凝固の有無	—	—	+	+
pH	7.1	*	5.9	6.0

\*測定せず

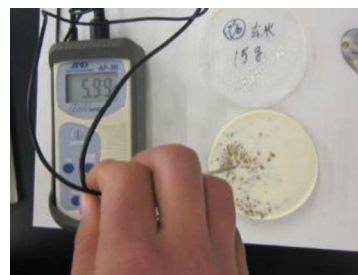


図 9 滅菌した玄米 15g を加えた豆乳

#### 実験Ⅲの考察

オートクレーブに入れ滅菌した玄米に含まれるマグネシウムで豆乳は凝固したため、マグネシウムも凝固の要因の一つであるといえる。

### 3 考察

玄米を豆乳に入れると豆乳が凝固するという現象は豆乳の pH が等電点に達していないため、乳酸菌のみで凝固しているとは考えにくい。また凝固の要因として玄米に含まれるマグネシウムの関与も考えられる。

### 4 結論

玄米による豆乳の凝固は、乳酸菌による凝固と玄米に含まれているマグネシウムによる凝固が複合的に組み合わさった現象である。

## 5 参考文献

- 1) 栗生隆子・さとうみつろう・光岡知足  
(2015) 豆乳グルグルヨーグルトで腸美人！マ  
キノ出版
- 2) TGG ヨーグルト同好会  
[https://www.facebook.com/groups/7213344412  
12364/](https://www.facebook.com/groups/721334441212364/) 参照 2018-1-21
- 3) 大塚電子株式会社  
[https://www.otsukael.jp/appcase/detail/cas  
eid/20](https://www.otsukael.jp/appcase/detail/caseid/20) 参照 2018-1-21
- 4) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査  
分科会報告 (2010) 日本食品標準成分表
- 5) 渡辺篤二・阿部和可 (1962)  
各種酸類および塩類による豆乳の凝固について  
日本食品工業学会誌 第9巻 第4号

# マウスピースの黒ずみが取れる仕組みの解明

班員 嵐 友里、進藤 あずみ、中田 真也、宮本 龍

担当教員 清水 宏一

キーワード：局部電池、イオン化傾向

It is known that we can clean a mouthpiece by using bicarbonate, aluminum, and water. However there are a variety of theories on the mechanism, so we researched it and efficient way.

## 1 はじめに

マウスピースの汚れが取れる仕組みを明らかにすることと、より効率の良い方法を探ることが本研究の目的である。

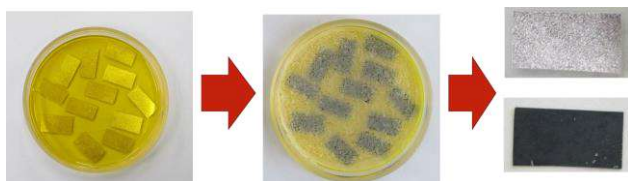
## 2 研究

マウスピースの汚れについて調査したところ、YAMAHA株式会社のホームページから、マウスピース表面の銀メッキが身の回り（人体、空気中）の硫黄と反応して硫化銀になった可能性が高いという情報を得た。この情報から、本研究では黒ずみの原因は硫化銀であると仮定して、実験を行った。

今回の実験では、銅いぶしという硫黄を含む液体を使って硫化銀を作成した。

まず実験用のプラスチックの上に銀が張られた実験用の銀板を1cm×2cmに切った後銅いぶしに浸し、表面全体が黒くなるまでそのまま約一日放置した。その後、硫化銀についた銅いぶしを精製水で洗い流した。

写真1 硫化銀作成時の銀板の様子



### 実験1：電解質の種類と反応の関係について

（仮説1）

一般的に重曹が使われていることから、電解質を用いれば、酸性、中性、塩基性にかかわらず、反応が起こるのではないかと考えた。

（方法1）

重曹・塩化ナトリウム・クエン酸を用いて実験を行った。（お湯：電解質＝100：2.5[質量比] 金属：アルミニウム お湯：80℃）

（結果1）

表1 実験1の結果

電解質	反応
重曹	◎
塩化ナトリウム	◎
クエン酸	◎
なし	△

◎：反応した △：一部反応した  
反応した＝硫化銀の色が黒から白に変化した

写真2 反応後の銀板の様子



（結果1）

電解質を用いた場合はその種類に関わらず反応し、用いなかった場合は一部のみ反応した。

(電解質なしの場合でも反応した原因は精製水がごくわずかに電離したことが挙げられる。) また、重曹、塩化ナトリウム、クエン酸の順に速く反応した。

#### (考察 1)

電解質であれば酸性・中性・塩基性に関わらず反応させることができる。また、反応速度に差があった理由は、モル濃度、電離度の違いと考えられる。

#### 実験 2：濃度との関係について

##### (仮説 2)

実験 1 の結果より、濃度と反応速度には関係があると考えた。

##### (方法 2)

電解質の量を 1.25g, 2.5g, 5.0g, 10.0g に変更して実験を行った。

(金属：アルミニウム 電解質：重曹  
お湯の温度：80℃)

##### (結果 2)

表 2 濃度との関係(重曹)

お湯：重曹 (質量比)	反応速度
100 : 1.25	+
100 : 2.5	++++
100 : 5.0	+++
100 : 10.0	++

(+は反応速度を表す)

写真 3 実験中 (5 分経過時) の銀板の様子



1.25 g



2.5 g



5.0 g



10.0 g

5gまでは濃度が高くなるにつれて反応時間が短くなったが、10gの場合は最も反応時間が長くなった。

#### (考察 2)

五分後の様子から判断すると

水：重曹＝100：2.5が最も早く反応した

→濃度と反応速度には関係があった

#### (実験方法の見直し)

反応時に発生した気泡が原因で銀が剥離してしまった。よって、重層より気泡の発生が少ない塩化ナトリウムに変えて再度実験した。

#### (結果)

表 3 濃度との関係(塩化ナトリウム)

お湯：塩化ナトリウム (質量比)	反応終了までの時間
100 : 1.25	2 分 4 秒
100 : 2.5	1 分 18 秒
100 : 5.0	49 秒
100 : 10.0	3 分 50 秒

写真 4 実験後の銀板の様子



1.25 g



2.5 g



5.0 g



10.0 g

#### (考察)

塩化ナトリウム5gまでは濃度が高くなるにつれて反応時間が短くなった。

しかし、10g加えた場合は3分50秒と最も反応時間が長かった。



### 実験 3 : お湯の温度と反応速度の関係について

(仮説 3)

化学反応は温度が高いほど反応することより温度が高いほうが速く反応すると考えた。

(方法 3)

実験 1 と同様の方法で、お湯の温度を 30℃、60℃、90℃に変えて実験を行った。

(お湯：電解質=100 : 2.5 [質量比])

金属：アルミニウム 電解質：塩化ナトリウム)

(結果 3)

表 4 温度との関係

実験前の温度 (℃)	硫化銀の様子
30℃	変化なし
60℃	一部反応した
90℃	初めは反応していたが、5 分頃から反応しなくなった。

温度が高いほど早く反応した。(また、常温では何日たっても反応が見られなかった。)

### 実験 4 : アルミニウムとの接触の関係について

(仮説 4)

実験に用いたアルミニウムに変色が見られたことからアルミニウムが反応に関係する。

(方法 4)

実験におけるアルミニウムの有無を変えた。

(お湯：電解質=100 : 2.5 [質量比])

電解質：塩化ナトリウム お湯の温度：80℃)

(結果 4)

アルミニウムがある場合は反応があったが、アルミニウムがない場合は反応がなかった。

(考察 4)

反応にはアルミニウムが必要である。

(助言)

金沢工業大学の先生から酸化銀とアルミニウムの接触の有無についての助言をいただき、酸化銀とアルミニウムを接触させずに実験を行ったところ、反応は起きなかった。このことから、この反応は局部電池であると考えた。

### 実験 5 : イオン化傾向の差での反応の差異

(仮説 5)

アルミニウムよりイオン化傾向が大きい金属を用いれば速く反応する。

(方法 5)

金属をマグネシウム、アルミニウム、亜鉛に変更した。

(結果 5)

表 5 イオン化傾向との関係

用いた金属	反応終了までの時間
マグネシウム	37 秒
アルミニウム	20 分以上
亜鉛	5 分 58 秒

写真 5 実験中の銀板の様子



アルミニウム



亜鉛



マグネシウム

マグネシウム>亜鉛>アルミニウムの順に早く反応したが、これはイオン化傾向通りではない。

(考察5)

アルミニウムの表面に酸化被膜が存在しており、酸化被膜が反応を阻害したために、イオン化傾向通りに反応しなかったと考えられる。

(再実験)

アルミニウムの表面を紙やすりで削って再度実験を行った。

(方法)

実験5と条件は変えずに、酸化被膜除去のためにアルミニウムを削った。

(結果)

反応時間は13分26秒と速くなった。

(考察)

イオン化傾向の差よりも酸化被膜の有無の方が、反応時間に与える影響が大きいため、酸化被膜の完全な除去が必要である。

## 4 結論

マウスピースの黒ずみをアルミニウム、重曹、お湯を用いて取ることができる理由は、それらの間で酸化還元反応が起きるからである。

このことから、マウスピースの黒ずみ(硫化銀)を落とす際には、マグネシウム、お湯の組み合わせが最も効率的である。また、アルミニウム、塩化ナトリウム、お湯の組み合わせが実用的、つまり家庭で用意しやすいといえる。

## 5 今後の課題

今後の課題として、実験結果をより正確なものにするために実験回数を増やすこと、電解質の質量ではなくモル濃度を揃え、最適濃度について実験を行うこと、アルミニウムの酸化被膜

を除去することなどが挙げられる。

## 6 参考文献

YAMAHA株式会社 FAQ [http://www.yamaha.co.jp/u/naruhodo/answer/result.php?p=8&inst\\_cd=1&search\\_flg=inst](http://www.yamaha.co.jp/u/naruhodo/answer/result.php?p=8&inst_cd=1&search_flg=inst) 参照2017-11-20

# 直面黑板と比較した曲面黑板の利点の数学的証明

班員 神代 康司、久保 拓也、藤山 紫結  
担当教員 井上 翔吾

キーワード：直面黑板、曲面黑板、GeoGebra

Our purpose is to prove the scientific advantages of a curved blackboard. We made a digital model of an ideal classroom, using the software GeoGebra. Then we compared a curved black board with folded and flat ones. We found the curved one was the easiest to look at. This is how we proved the advantage of a curved black board.

## 1 はじめに

中学校の黑板が真っ直ぐであったのに対し、高校の黑板は曲がっていることから、「なぜ教室の黑板は曲がっているのか？」という疑問を持った。そこで、調べてみたところ、全国黑板工業連盟の発行している文献に、「黑板が曲がっていることによって、黑板に書いてある文字が見やすくなる」<sup>(1)</sup>とあった。実際に黑板を見てみると、見る向きにより文字が歪んで見えたり、教室に入る太陽光が黑板で反射して眩しく感じ、ある座席からは黑板に書いてある文字が見えないことがある（図1、楕円に囲まれた部分）。



図1 午前10時30分頃の黑板の様子

本研究では、眩しさ（太陽光の反射）の観点から、曲面黑板の利点を証明することを目的として研究を行った。

## 2 方法

### （1）証明方法

曲面が太陽光の反射光の進む向きをずらすことで、反射光が到達する座席数が減少し、眩しく感じる現象が起こる座席数が減少すると考えた（図2）。

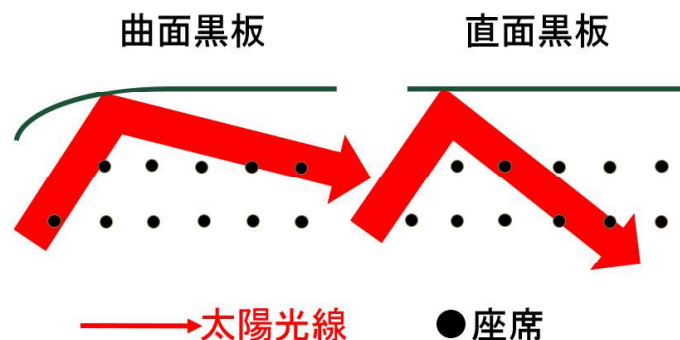


図2 曲面による反射光の進行方向の変化

本研究では、グラフソフトを用いて太陽光の反射光についてのシミュレーションを行い、太陽光の反射光の到達座席数に着目し、それを見やすさの指標とした。

### （2）シミュレーション方法

#### 1) 準備

実際に、七尾高校26Hの教室、窓、黑板の寸法や方角などを測定し、グラフソフト「GeoGebra」を用いて、図3のような教室のモデルを作成した。

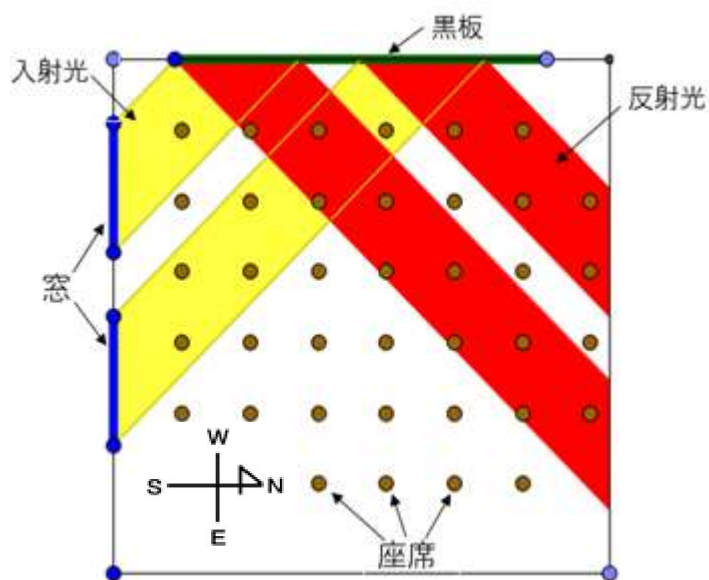
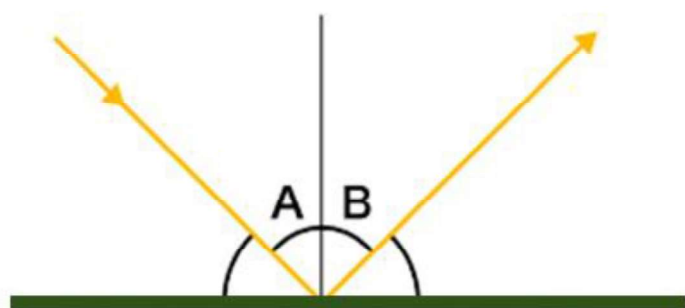


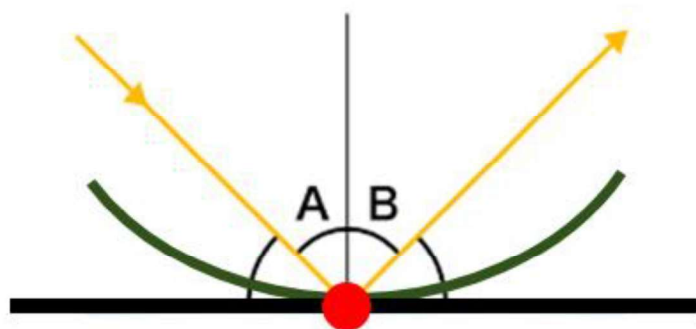
図3 モデル解説

## 2) 仮定

反射光が到達した座席において「眩しい」と感じると仮定する。また、周辺環境における光の乱反射は考慮しない。そして、光は面に対し、反射の法則（図4）に従って反射するものとする。



入射角A = 反射角B



入射角A = 反射角B

図4 反射の法則<sup>(2)</sup>

## 3) シミュレーションで用いた黒板の形状

図5のように黒板の形状を変化させて、反射光が到達した座席数を調べた。

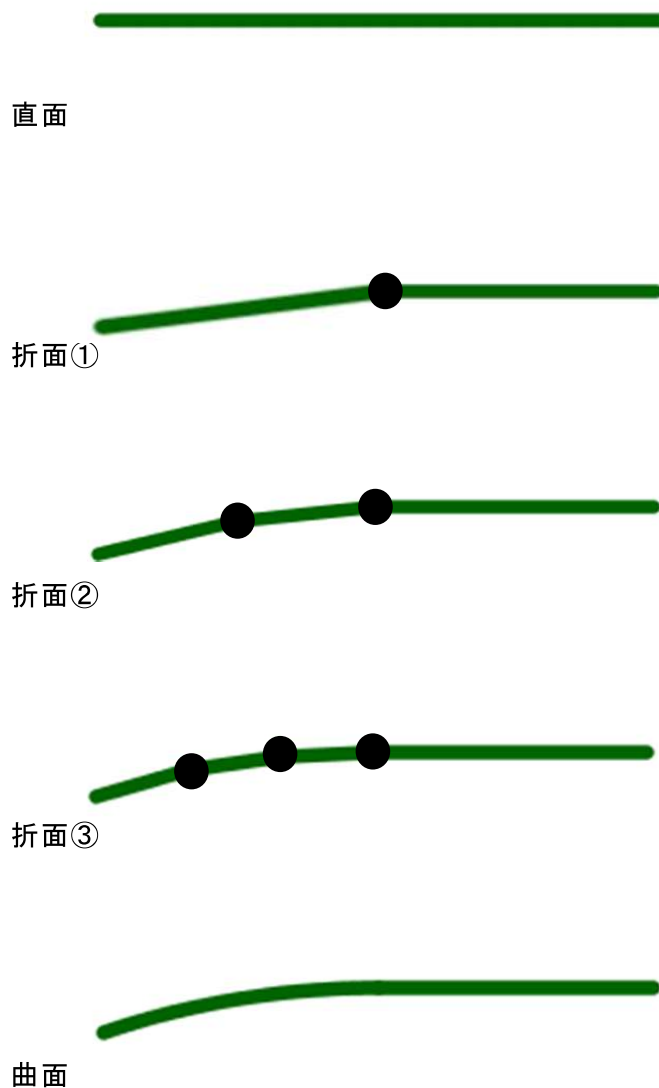


図5 シミュレーションした黒板の形状

直面黒板を段階的に折っていけば、曲面黒板に近づいていき、反射光が到達した座席数も段階的に表現できると考えられる。そこで、折面黒板①、②、③を用いた。①、②、③は直面黒板を折ることによりできる部分（真上から見ると頂点）の数を表す。なお、図中の頂点（・）はもとの曲面黒板の曲面上にあり、面の端点と頂点が等間隔になるように設定した。

#### 4) シミュレーションで用いた太陽光の入射

シミュレーションをする日時は、2017年9月23日秋分の日午前9:00、10:00、11:00に設定した。秋分の日にした理由は、太陽の動きを計算しやすいからである。また、午前9時頃から午前11時頃、太陽光は教室に直接入射する。よって、この時刻を選択した。シミュレーションを行ったそれぞれの時刻における入射光の様子は図6～8のようになっている。

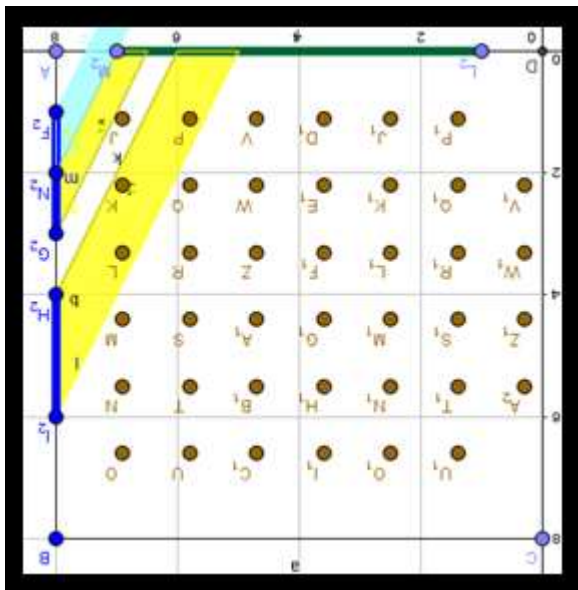


図6 9時の入射光の様子

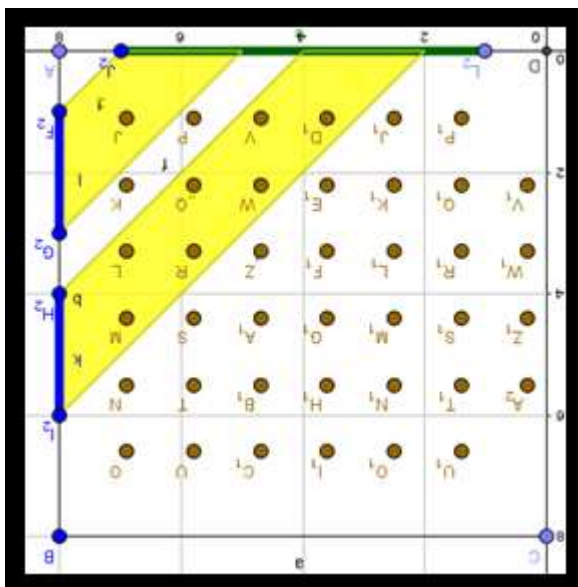


図7 10時の入射光の様子

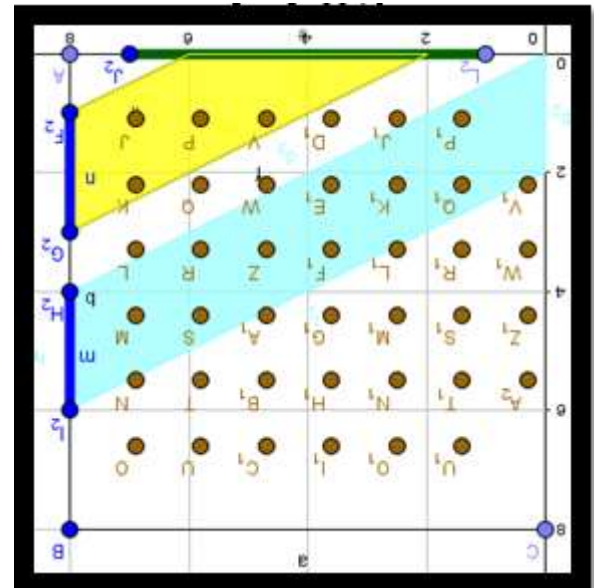


図8 11時の入射光の様子

### 3 結果と考察

#### 1) 結果

結果は表1のようになった。

表1 シミュレーション結果 [席]

	直面	折面①	折面②	折面③	曲面
9時	9	5	6	5	5
10時	15	11	7	7	6
11時	5	2	1	1	1

\* 論文の末に10時のシミュレーション結果(図9)を掲載

#### 2) 考察

結果から、面が直面から曲面に近づくほど反射光の到達座席数が減少していることがわかる。また、反射光の到達座席数が最も少なかった黒板は曲面黒板であった。

### 4 結論

曲面黒板は、その見やすさについて、太陽光の反射光の到達座席数という観点で調べると、直面黒板よりも見やすいと示された。

### 5 今後の課題

曲面黒板の見やすさについて、本研究と別の観点で調べること。



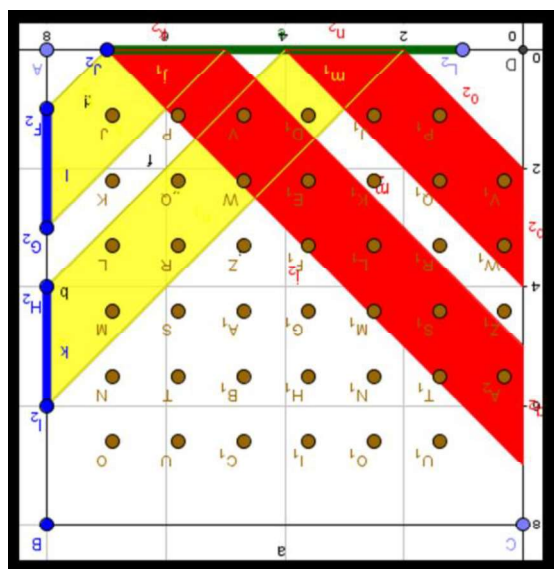
## 6 参考文献・引用文献

CASIO (2017) keisan 生活と実務に役立つ  
計算サイト<http://keisan.casio.jp/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1185781259> (参照 2017-07-10)

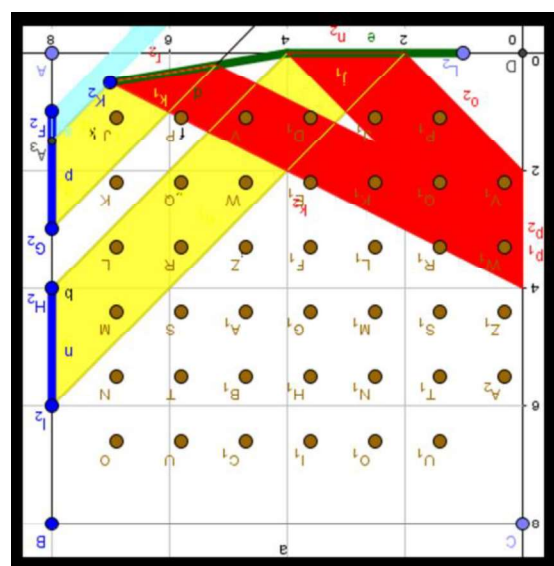
(1) 全国黒板工業連盟監修 黒板のお話し .  
東京.

(2) キャノンサイエンスラボ・キッズ  
[http://web.canon.jp/technology/kids/history/01\\_euclid.html](http://web.canon.jp/technology/kids/history/01_euclid.html) (参照2017-11-15)

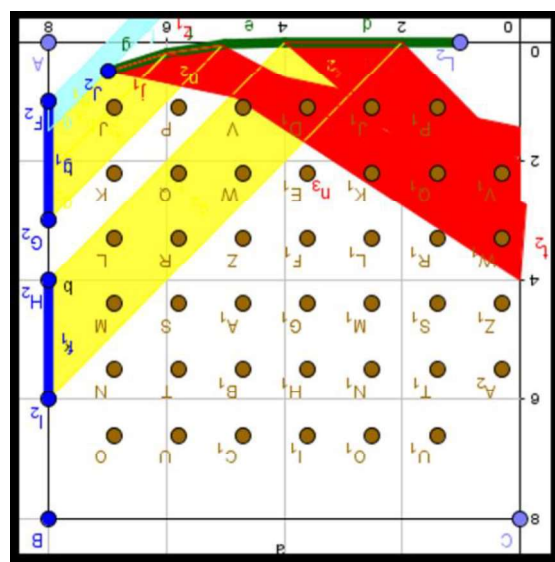
10時におけるシミュレーションの様子（図9）  
を示す。



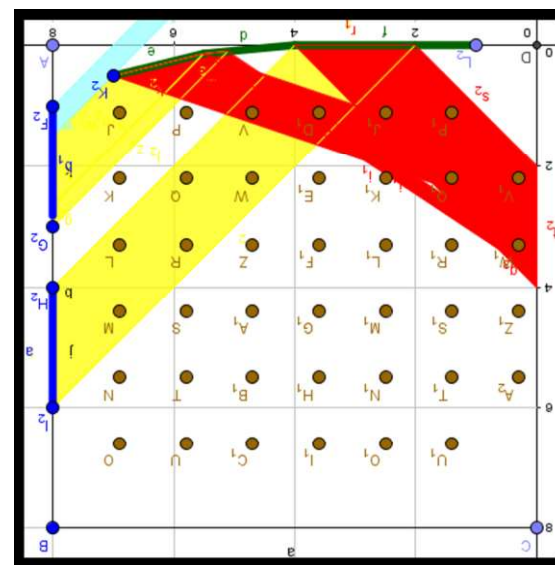
折面①



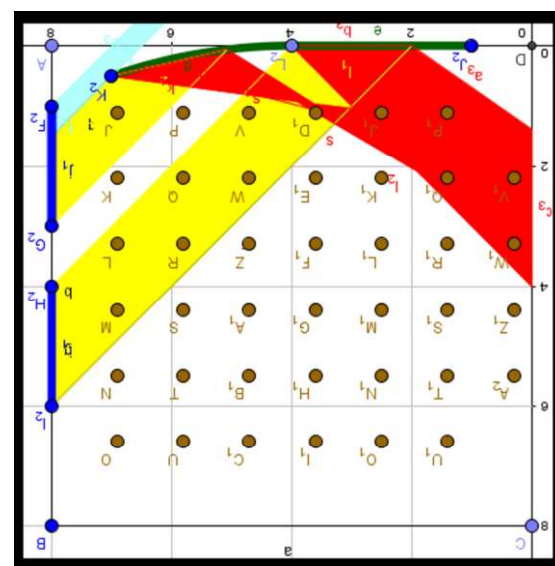
折面②



折面③



曲面



曲面

図9 10時におけるシミュレーションの様子

# ライフゲームによる食物連鎖のシミュレーション

班員 入口 崇紀、川上 拓海、小林 嵩門、高村 晃拓  
担当教員 福光 英徳

キーワード：食物連鎖、ライフゲーム、シミュレーション

While the food chain is too complicated to simulate, we made a model limiting the number of species to 3. We compared the result of the simulation on the model with that of the equation we made based on the Lotka-Volterra equation.

## 1 はじめに

ライフゲームとは、決められたルールによって生物の誕生、淘汰などを簡易的に行えるシミュレーションである。本研究では3種類に限定した生物のシミュレーションを行うためにライフゲームのルールの拡張を試みた。

## 2 方法

### (1) ライフゲームのルールの拡張

ライフゲームに被食者・一次捕食者・二次捕食者とエネルギーのルールを定義した「Life\_Plus」というシミュレーションを作成し、実行するためにGollyというソフトを用いた。

《Life\_Plusのルール》

〈被食者のルール〉

- ・エネルギー値は常に1。
  - ・周りの8セル中の生存セルの個体数が0～1, 4～8体なら死亡する。
  - ・周りの8セル中に一次捕食者が1つでもあると死亡する。
- ◎周りの8セル中に二次捕食者が1つでもあると死亡する。

〈一次捕食者のルール〉

- ・エネルギー値は0～3。
- ・周りの8セル中の4～8セルが一次捕食者

なら死亡する。

- ◎周りの8セル中に二次捕食者が1つでもあると死亡する。
- ・エネルギー値が1世代ごとに1減る。
- ・エネルギー値が0になると死亡する。
- ・周りの8セル中の被食者の個体数だけエネルギー値が増加する。

〈二次捕食者のルール〉

- ◎エネルギー値は0～5。
- ◎周りの8セル中の4～8セルが二次捕食者なら死亡する。
- ◎エネルギー値が1世代ごとに1減る。
- ◎エネルギー値が0になると死亡する。
- ◎周りの8セル中の被食者と一次捕食者の合計エネルギー値の分だけエネルギー値が増加する。

〈死亡セルのルール〉

- ・エネルギー値は常に0。
- ・周りの8セル中3セルが被食者なら被食者になる。最優先される。
- ・周りの8セル中3セルが一次捕食者ならエネルギー値が2の一次捕食者になる。優先される。
- ◎周りの8セル中3セルが二次捕食者ならエネルギー値が2の二次捕食者になる。

## (2)Life\_Plusの2種での有効性の検証

3種は複雑であることから、最初に被食者と一次捕食者の2種でのシミュレーションを行った。2種のシミュレーションについて、以下のとおり2つの条件で行った（表1）。なお、このシミュレーションではルールの◎の部分は使用しない。

表1：シミュレーションの条件

	実行範囲	死亡	被食者	一次捕食者
1	60×60	4	4	1
2	60×60	4	1	4

エクセルで、Life\_Plusのランダムなパターンを生成するプログラムと、Life\_Plusを実行するプログラムを作成し、データ収集をできるようにした。それを用いて被食者と一次捕食者だけのパターンのシミュレーション結果を収集した。

次にロジスティック方程式(式1)とロトカ・ヴォルテラ方程式(式2)を混合した方程式(式3)での計算結果を求めた。

式1：ロジスティック方程式

$$N(t) = \frac{N_0 K e^{rt}}{K - N_0 + N_0 e^{rt}}$$

式2：ロトカ・ヴォルテラ方程式

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = C_1 N_1 - C_1 N_1 N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = C_3 N_1 N_2 - C_4 N_2 \end{cases}$$

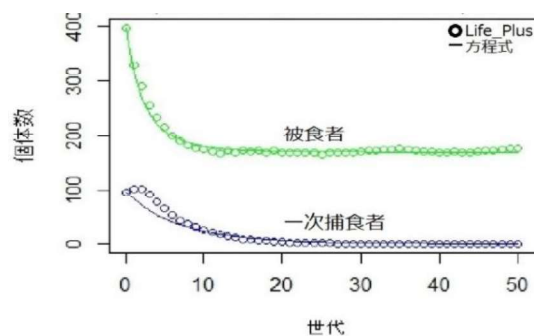
式3：混合方程式

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = C_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K}\right) - \frac{C_2 N_1 N_2}{1 + h N_1} \\ \frac{dN_2}{dt} = \frac{c_3 N_1 N_2}{1 + h N_1} - c_4 N_2 \end{cases}$$

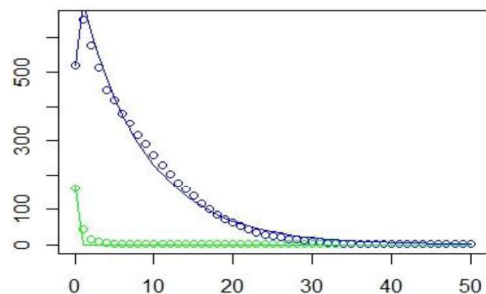
シミュレーションと計算の結果が一致すれば、2種での有効性が示せると考えられる。そのため、結果が一致する式3の係数があるかどうかR-studioで勾配法(ソースコード1)を用いて調べた。

その結果をグラフで示した。

なお、グラフの○がシミュレーション結果、曲線が計算結果を示し、緑が被食者、青が一次捕食者のデータを示している。



シミュレーション1と方程式



シミュレーション2と方程式

グラフがほぼ一致することから、Life\_Plusは被食・捕食関係にある2種の生物のシミュレーションとして有効であるといえる。

## (3)Life\_Plusの3種での有効性の検証

Life\_Plusを用いた被食者と一次捕食者、二次捕食者の3種でのシミュレーションを行い、結果を収集した。

計算については、式3を3種に拡張した方程式(式4)を考案し、計算結果を求めた。

式4：式3を3種に拡張した方程式

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = C_1 N_1 \left(1 - \frac{N_1}{K}\right) - \frac{C_2 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} - \frac{C_3 N_1 N_3}{1 + h_2 N_1} \\ \frac{dN_2}{dt} = \frac{c_4 N_1 N_2}{1 + h_1 N_1} - \frac{c_5 N_2 N_3}{1 + h_2 N_2} - c_6 N_2 \\ \frac{dN_3}{dt} = \frac{c_7 N_1 N_3}{1 + h_2 N_1} + \frac{c_8 N_2 N_3}{1 + h_2 N_2} - c_9 N_3 \end{cases}$$

シミュレーションと計算の結果を比較したところ、2種のときほどの一致が見られなかった。

このことから、Life\_Plusの有効性については、不明である。今後の検討が必要である。

### 3 結論

Life\_Plusは2種でのシミュレーションについては有効であると考えられるが、3種では更なる検討が必要である。

ソースコード1：2種での検証に用いた

※使用するcsvファイルの名前は

“ファイル名m” (m = 1, 2, 3, ...)

の形にすること

※ページの都合により一部改行がおかしくなっている。

```
setwd("ファイルのある場所")
#読み込むファイルの数を指定
x =
#世代数
nt =
#読み込むファイルの名前
name <- "名前を入れる"
for(i in 1:x){
  s <- paste("table", i, " ")
  read.csv(" ", name, i, ".csv", sep = " ")
  eval(parse(text = s))
}

for(i in 1:x){
  sp <- paste("p", i, " " <- " ", "c(table", i, "$被食者)", sep = " ")
  st <- paste("pp", i, " " <- " ", "c(table", i, "$一次捕食者合計)", sep = " ")
  eval(parse(text = sp))
  eval(parse(text = st))
}

d1 <- p1[1]
d2 <- pp1[1]
for(i in 2:nt){
  sd1 <- paste("d1", " " <- c(d1, " ", p, i, "[1]", sep = " ")
  sd2 <- paste("d2", " " <- c(d2, " ", pp, i, "[1]", sep = " ")
  eval(parse(text = sd1))
  eval(parse(text = sd2))
}

p <- mean(d1)
pp <- mean(d2)
for(i in 2:nt){
  se1 <- paste("d1", " " <- c(p1[, i, " ]", sep = " ")
  se2 <- paste("d2", " " <- c(pp1[, i, " ]", sep = " ")
  eval(parse(text = se1))
  eval(parse(text = se2))
  for(ii in 2:x){
    sd1 <- paste("d1", " "
```

### 4 参考文献

巖佐 備 (1998) 数理生物学入門—生物社会のダイナミクスを探る. 共立出版株式会社

Golly Game of Life Home Page (2017)

<http://golly.sourceforge.net/>

ライフゲーム—Wikipedia (2017)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ライフゲーム>

```
c(d1, " ", p, ii, "[", i, "]", sep = " ")
sd2 <- paste("d2", " ")
c(d2, " ", pp, ii, "[", i, "]", sep = " ")
eval(parse(text = sd1))
eval(parse(text = sd2))
}
p <- c(p, mean(d1))
pp <- c(pp, mean(d2))
}
p <- c(p, p[nt]); pp <- c(pp, pp[nt])
t <- seq(0, nt, 1)

n <- p[1]
e <- exp(1)
rp <- c(p, pp)

f <- c(a=1, b=0.6, c=1, d=0.2, k=200, h=0.2)
f1 <- f; f2 <- f

change <- c(1, 0.1, 0.01, 0.001)

for(kurikaesi in 1:6){
  for(I in 1:6){
    for(nc in change){
      library(deSolve)
      parameters <- f
      initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
      times <- seq(0, nt, 1)
      rotoka <- function(t, state, parameters){
        with(as.list(c(state, parameters)), {
          dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
          dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
          list(c(dx, dy))
        })
      }
      out0 <- ode(y = initial, times = times, func = rotoka, parms = parameters)
      op0 <- c(out0[, 2]); opp0 <- c(out0[, 3])
      outp0 <- abs(p - op0); outpp0 <- abs(pp - opp0)
      if(length(op0) < nt + 1){
        l0 <- length(op0) - 2
        library(deSolve)
        parameters <- f
        initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
        times <- seq(0, l0, 1)
        rotoka <- function(t, state, parameters){
          with(as.list(c(state, parameters)), {
```

```

        dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
        dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
        list(c(dx, dy))
    })
}
out0 <- ode(y = initial, times = times,
func = rotoka, parms = parameters)
op0 <- c(out0[,2]); opp0 <- c(out0[,3])
hp <- p[1:10]; hpp <- pp[1:10]
outp0 <- abs(hp - op0); outpp0 <- abs(hpp
- opp0)
}

g0 <- sum(outp0, outpp0) #初期値の誤差を出す
gosal <- -1*g0; gosa2 <- g0; gosa3 <- g0; G
<- abs(gosa3 - gosai)

while(G > 0.0001){
  f1[I] <- f1[I] + nc
  library(deSolve)
  parameters <- f1
  initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
  times <- seq(0, nt, 1)
  rotoka <- function(t, state, parameters){
    with(as.list(c(state, parameters)),{
      dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
      dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
      list(c(dx, dy))
    })
  }
  out1 <- ode(y = initial, times = times,
func = rotoka, parms = parameters)
  op1 <- c(out1[,2]); opp1 <- c(out1[,3])
  l1 <- length(op1)
  if(l1 < nt + 1){
    l1 <- l1 - 2
    library(deSolve)
    parameters <- f1
    initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
    times <- seq(0, l1, 1)
    rotoka <- function(t, state,
parameters){
      with(as.list(c(state, parameters)),{
        dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
        dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
        list(c(dx, dy))
      })
    }
    out1 <- ode(y = initial, times = times,
func = rotoka, parms = parameters)
    op1 <- c(out1[,2]); opp1 <- c(out1[,3])
  }

  f2[I] <- abs(f2[I] - nc)
  library(deSolve)
  parameters <- f2
  initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
  times <- seq(0, nt, 1)
  rotoka <- function(t, state, parameters){
    with(as.list(c(state, parameters)),{
      dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
      dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
      list(c(dx, dy))
    })
  }
  out2 <- ode(y = initial, times = times,
func = rotoka, parms = parameters)
  op2 <- c(out2[,2]); opp2 <- c(out2[,3])

```

```

  l2 <- length(op2)
  if(l2 < nt + 1){
    l2 <- l2 - 2
    library(deSolve)
    parameters <- f2
    initial <- c(x= p[1], y= pp[1])
    times <- seq(0, l2, 1)
    rotoka <- function(t, state,
parameters){
      with(as.list(c(state, parameters)),{
        dx <- a*x*(1-(x/k))-(b*x*y/(1+h*x))
        dy <- (c*x*y/(1+h*x))-d*y
        list(c(dx, dy))
      })
    }
    out2 <- ode(y = initial, times = times,
func = rotoka, parms = parameters)
    op2 <- c(out2[,2]); opp2 <- c(out2[,3])
  }

  if(l1 <= l2){
    hp <- p[1:l1]; hpp <- pp[1:l1]; op2 <-
op2[1:l1]; opp2 <- opp2[1:l1]
  }else{
    hp <- p[1:l2]; hpp <- pp[1:l2]; op1 <-
op1[1:l2]; opp1 <- opp1[1:l2]
  }

  outp1 <- abs(hp - op1); outpp1 <- abs(hpp
- opp1); outp2 <- abs(hp - op2); outpp2 <- abs(hpp
- opp2)

  g1 <- sum(outp1, outpp1)
  g2 <- sum(outp2, outpp2)

  gosa3 <- gosa2
  gosa2 <- gosai

  if(abs(g1 - g2) < 0.0001){
    gosai <- g0
    out <- out0
    f1 <- f; f2 <- f
  }else if(g1 > g2){
    f <- f2; f1 <- f2
    gosai <- g2
    out <- out2
  }else{
    f <- f1; f2 <- f1
    gosai <- g1
    out <- out1
  }
  G <- abs(gosa3 - gosai)
}
}
}

popp <- c(out[,2])
poplp <- c(out[,3])
len <- 0:length(popp)
# 散布図
plot(t, p, xlim = range(len), ylim = range(rp), lwd
= 1, xlab = "世代", ylab = "個体数", col
="green", pch = 1)
points(t, pp, xlim = range(len), ylim =
range(rp), lwd = 1, col = "blue", pch = 1)
points(times, popp, xlim = range(len), ylim =
range(rp), lwd = 1, col = "green", type = "l")
points(times, poplp, xlim = range(len), ylim =
range(rp), lwd = 1, col = "blue", type = "l")

```