

# 森林中の揮発性物質に対する変形菌の応答

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 1班 (α)

## 1. 背景

生態系の中で、生物は他生物と何らかの関係をもちながら生活しており、その中には直接的な捕食-被食関係の他に、揮発性物質を介して情報をやり取りするような「間接的な関係」もあることが分かっている。それらの研究<sup>[1]</sup>において、植物間や植物と昆虫の間の関係等は、多く報告されているが、原生生物に関するものは少ない。そこで私たちは、原生生物である変形菌の他生物との間接的な関係を調べることで、生態系における生物間コミュニケーションの解明につなげたいと考えた。

## 2. 目的

特定の揮発性物質に対する変形菌の応答を明らかにする。応答が明らかになれば、変形菌が物理的接触や捕食-被食関係のない他生物の状況を把握し、対応できる可能性があることが分かる。つまり、変形菌が森林ネットワークに繋がって情報を得ている可能性があることが分かる。

## 3. 仮説

### 3-1根拠となる先行研究・原理等

1)ベン・デ・レイシー・コステロ博士とアンドリュー・アダマツスキー教授による2014年の研究論文「Routing of *Physarum polycephalum* “signals” using simple chemicals」<sup>[2]</sup>では、物質に対する変形菌の反応について、T字型ジャンクションを用いて調べ、(i)活性化剤と阻害剤、(ii)中性剤と阻害剤、(iii)中性剤と活性化剤、(iv)活性化剤と中性剤、(v)活性化剤と活性化剤、(vi)中性剤と中性剤の計6種類の実験を行った。それぞれ結果は、(i)信号抑制、(ii)信号抑制、(iii)指示信号転送、(iv)指示信号転送、(v)信号分割、(vi)ランダムな動きとなった。以後、この特有の動きを出力と呼ぶこととする。

本研究では、T字型ジャンクションを用いて、出力を観察するという実験方式をとる。

2)横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校の内田瀬奈さんによる2014年の研究論文「粘菌はいかにして餌を見つけるか」<sup>[3]</sup>では、シャーレをかぶせてにおいを遮断した餌(オートミール)と、シャーレをかぶせなかった餌があると、粘菌はかぶせなかった方に移動することから、粘菌はにおいを認識すると考察した。(粘菌が餌であるオートミールに近づくことを確認)

3)青葉アルデヒドは、“みどりの香り”の主成分の一つである。(通例、“葉っぱ”から放たれる“さわやかな青くさい香り”を“みどりの香り”と称す。)<sup>[4]</sup>青葉アルデヒドはその生合成が葉緑体中でなされているため、少なくとも緑葉植物であればその中に存在している。また、藻類(例えばイロロ、*Ishige foliacea* Okamuraやアオサ、*Ulva pertusa* Kjellman)には、青葉アルデヒドは存在しない<sup>[5]</sup>。

ミルセンは変形菌に対し強い化学誘引効果があることが観察された<sup>[6]</sup>。

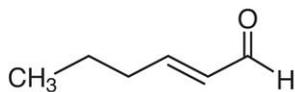


図1:青葉アルデヒドの構造式

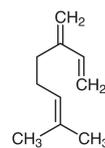


図2:ミルセンの構造式

### 3-2仮説

変形菌が特定の揮発性物質に対して応答するならば、その揮発性物質を用いた変形菌の出力を観察する実験において、有意に誘引・忌避が起こる。

## 4. 方法

### 4-1材料

実験1 変形菌の青葉アルデヒドに対する出力を調べる実験

プラスチックシャーレ×16、1%寒天溶液、ビーカー(10 mL)×8、駒込ピペット(1 mL)、ガラス棒、ピンセット×2、ペーパーディスク×32、スパチュラ×2、青葉アルデヒド、滅菌水

実験2 誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力を調べる実験

プラスチックシャーレ×10、1%寒天溶液、ビーカー(10 mL)×16、駒込ピペット(1 mL)、ガラス棒、ピンセット×2、ペーパーディスク×20、スパチュラ×2、青葉アルデヒド、ミルセン、滅菌水

### 4-2実験方法

実験1 変形菌の青葉アルデヒドに対する出力を調べる実験

- 1 シャーレに寒天溶液を流し込み、寒天培地を作った
- 2 シャーレを型紙(図3)に合わせて置き、その型に合わせて、スパチュラで寒天をT字型に切り取った
- 3 ビーカーにミルセン0.5 mLと滅菌水4.5 mLを入れ、混ぜた
- 4 3で作った溶液を0.5 mL取り、別のビーカーに入れ、さらに4.5 mLの滅菌水を加えて混ぜた
- 5 4の作業を繰り返し、 $10^{-4}$ の濃度の溶液を作った
- 6 7枚のペーパーディスクに5で作った溶液をそれぞれ染み込ませ、図4のC1,C2の位置に置いた  
組み合わせは以下の通りとした  
(i)C1-純水,C2-純水(ii)C1-純水,C2-青葉アルデヒド(iii)C1-青葉アルデヒド,C2-純水(iv)C1-青葉アルデヒド,C2-青葉アルデヒド
- 7 図4のPの位置に変形菌を接種した
- 8 15時間後に観察をした
- 9 以上の手順で実験を2回行った

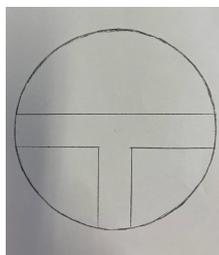


図3:T字型の型

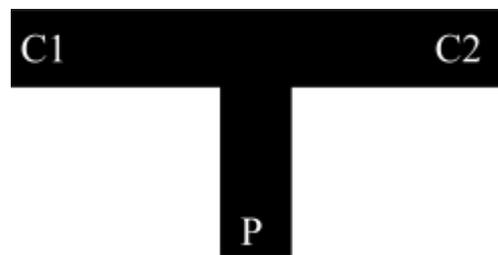


図4:T字型ジャンクションの模式図

実験2 誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力を調べる実験

- 1 実験1の1~6と同様の手順をミルセンと青葉アルデヒドの両方で行い、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ の青葉アルデヒドの溶液と $10^{-3}$ のミルセンの溶液を作った

組み合わせは以下の通りとした

- (i)C1-純水,C2-ミルセン( $10^{-3}$ )
  - (ii)C1-青葉アルデヒド( $10^{-6}$ ),C2-ミルセン( $10^{-3}$ )
  - (iii)C1-青葉アルデヒド( $10^{-5}$ ),C2-ミルセン( $10^{-3}$ )
  - (iv)C1-青葉アルデヒド( $10^{-4}$ ),C2-ミルセン( $10^{-3}$ )
  - (v)C1-ミルセン( $10^{-3}$ ),C2-ミルセン( $10^{-3}$ )
- 2 図4のPの位置に変形菌を接種した
  - 3 15時間後に観察をした

## 5. 結果

### 実験1 変形菌の青葉アルデヒドに対する出力を調べる実験



図5-1:変形菌の青葉アルデヒドに対する出力

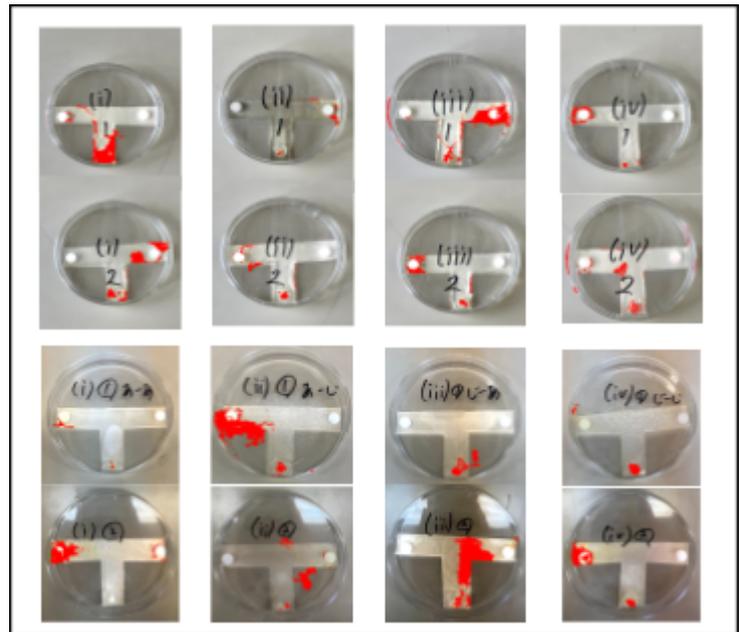


図5-2:変形菌の青葉アルデヒドに対する出力  
(画像解析ソフトimagej<sup>7)</sup>を用いた色づけ)

表1:実験1 変形菌の青葉アルデヒドに対する出力の結果

	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
①(実験1-1)	C1の方向に曲がった	C2の方向に曲がった	C2の方向に曲がった	C1の方向に曲がった
②(実験1-1)	C2の方向に曲がった	C1の方向に曲がった	C1の方向に曲がった	C1の方向に曲がった
①(実験1-2)	C1の方向に曲がった	C1の方向に曲がった	C1の方向に曲がった	C1の方向に曲がった
②(実験1-2)	C1の方向に曲がった	C2の方向に曲がった	C2の方向に曲がった	C1の方向に曲がった

### 実験2 誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力を調べる実験

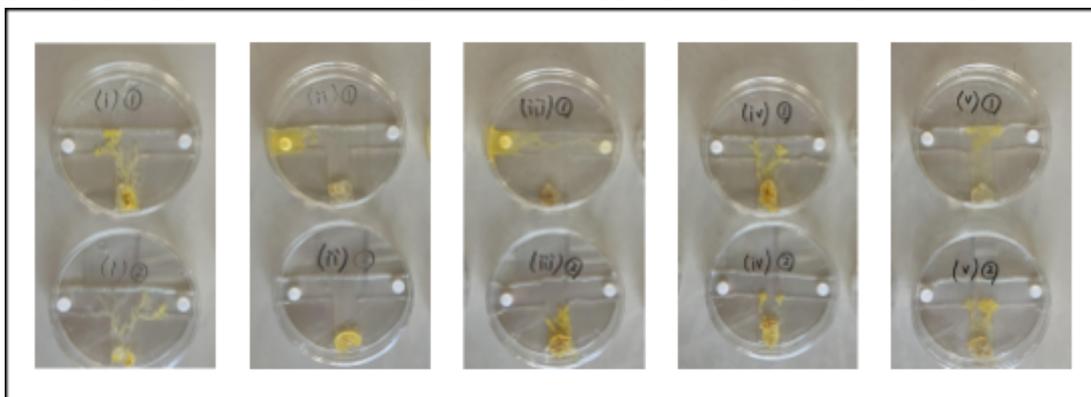


図6-1:誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力

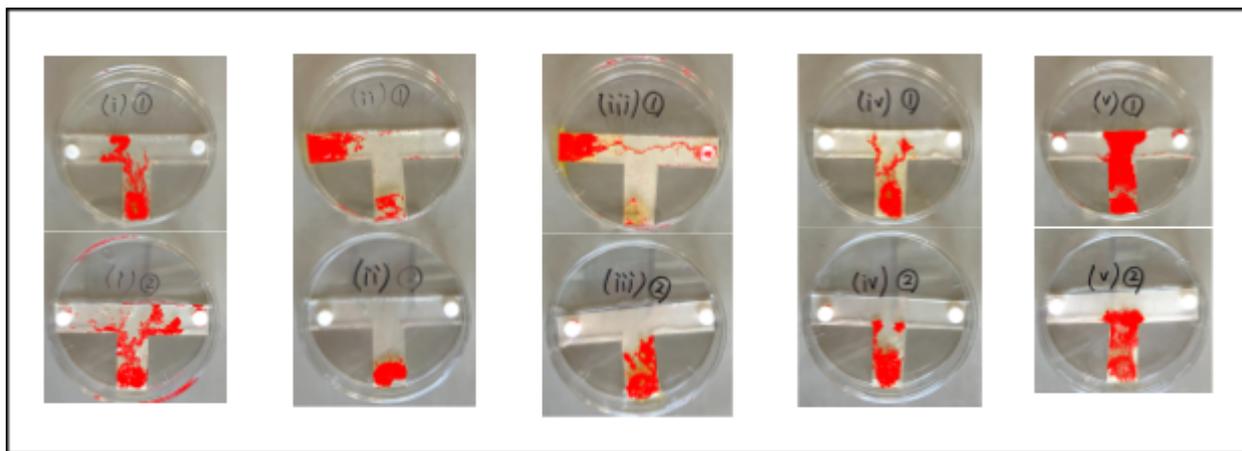


図6-2:誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力  
(画像解析ソフトimagej<sup>[7]</sup>を用いた色づけ)

表2:実験2 誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力の結果

	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)
①	T字の分岐点を左に曲がった	T字の分岐点を左に曲がった	T字の分岐点を両側に曲がった	T字の分岐点の前まで動いた	T字の分岐点の前まで動いた
②	T字の分岐点を両側に曲がった	あまり動きは見られなかった	T字の分岐点の前まで動いた	T字の分岐点の前まで動いた	T字の分岐点の前まで動いた

## 6. 考察

### 実験1 変形菌の青葉アルデヒドに対する出力を調べる実験

先行研究<sup>[2]</sup>より阻害剤をC1,C2のいずれかに置いた場合は変形菌は元の場所から動かないのにも関わらず、実験1で青葉アルデヒドを置いた場合にも動きが見られたことから、青葉アルデヒドは少なくとも阻害剤ではないと考えられる。

### 実験2 誘引物質ミルセンを用いた青葉アルデヒドに対する変形菌の出力を調べる実験

(i),(iv),(v)に着目するとT字の分岐点の前まで動いたという出力は先行研究<sup>[2]</sup>で想定されていなかったため、出力として処理することができなかった。したがって、実験2の結果から青葉アルデヒドの誘引性について判断することはできない。

### 全体の考察

青葉アルデヒドは実験の濃度( $10^{-3}$ )において変形菌の忌避剤ではない。青葉アルデヒドが中性剤であるか誘引剤であるかは判断できない。

## 7. 今後の展望

実験2において有効な結果が得られなかったことから実験操作の精度の見直しを図ったり、サンプル数を増やしたりすることで青葉アルデヒドが誘引剤であるかどうかを検証したい。また、青葉アルデヒドの濃度による出力の差異についても検証したい。

## 8. 参考文献

- [1] Junji Takabayashi Lab. 高林純示研究室, 京都大学 生態学研究センター  
<https://www.ecology.kyoto-u.ac.jp/~junji/research.html#>
- [2] Routing of *Physarum polycephalum* “signals” using simple chemicals  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4201598/>
- [3] 粘菌はいかにして餌を見つけるか  
[https://katosei.jsbba.or.jp/download\\_pdf.php?aid=275](https://katosei.jsbba.or.jp/download_pdf.php?aid=275)
- [4] ”みどりの香り”の研究—その神秘性にせまる  
畑中顯和  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jao/38/6/38\\_6\\_415/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jao/38/6/38_6_415/_pdf/-char/ja)
- [5] 青葉アルコールをめぐって(2)  
畑中顯和  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/15/1/15\\_1\\_39/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/15/1/15_1_39/_pdf/-char/ja)
- [6] Assessing the chemotaxis behavior of *Physarum polycephalum* to a range of simple volatile organic chemicals Ben P.J. de Lacy Costello and Andrew I. Adamatzky  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3829954/>
- [7] ImageJ, Wayne Rasband, 2020-3  
<https://ij.imjoy.io/>

# 階段上昇時における姿勢と運動効率の関係性

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 α2班

## 1. 背景

学校生活の中で階段を上る時にとっても疲れを感じた。そこでできるだけ疲れないように上りたいと考えた。しかしながら、生活の中である程度の速度を出して登らないとならないのも確かである。

そのため、私達は動く速度に関係のないヒトの姿勢(体の傾き)<sup>1</sup>によって疲れやすさに違いが出るのかどうかを調べようと思った。

その前提で、まずどのような数値が疲労度に関係するのかを調べる実験を行おうと思った。

## 2. 目的

①予備実験1:まず心拍数と血中酸素濃度をどの経過時間で計測したら良いのかを調べる。

②予備実験2:心拍数と血中酸素濃度について、実験で疲労度の指標として使えるのかどうかを調べる。

③本実験:ヒトが階段を昇る際の姿勢(体の傾き)によって疲れやすさに違いが出るのかを調べる。また、上記の実験を踏まえた上で、疲れにくい姿勢(体の傾き)を調べる。

## 3. 仮説

予備実験1:ある計測時間での数値と他の計測時間の間で有意差があり、他の計測時間の中では有意差が存在しなかった場合、ある計測時間の数値が平常時とは異なると考えられる。

予備実験2:被験者に階段を2種類の速さ(速い場合と遅い場合)で登ってもらい、その際に計測した数値間に有意差があれば、その指標は疲労度と関係があると言える。

本実験:被験者に階段を①何も意識せず②背筋を伸ばして(体の傾きを大きくして)③前傾姿勢で(体の傾きを小さくして)登ってもらう。それぞれの場合において予備実験2で疲労度の指標になりうると分かったデータを計測する。計測した3種の姿勢における指標の数値間に有意差が存在すれば、姿勢によって階段を登った際の疲労度に差があると考えられる。

## 4. 予備実験1

### 4-1. 実験方法

1.被験者三名【土屋(陸上部)、窪田(サッカー部)、福原(文化部)】の階段を登る前の心拍数及び、血中酸素濃度を計測し、これを安静時の数値とする。

2.被験者には、各々が思う普通の速さで階段を4階まで登ってもらい、登った直後(0分後)、1分後、3分8後、5分後、7分後に上記の2つの数値を計測する。

7分間、被験者には座るなどして安静にしてもらう。

計測する時間を7分後までと指定したのは被験者に一度、階段を登ってもらった際に5分後には大方数値が安静時と遜色なかったためである。

これを5セット行う。計測にはパルスオキシメーターを利用する。

3.「計測した数値/安静時の数値×100」(これを**疲労度指数**と呼ぶことにする)<sup>2</sup>を記入し、まとめる。これは、個人によって安静時の値が異なることによる誤差を排除し、安静時の値からどのくらい疲れの指標の値が増減したかを調べるためである。

4.計測時間によって疲労度指数に有意な差が認められるか、**Tukeyの多重比較検定(5%)**を用いて求める。

### 4-2. 実験結果

- ・心拍数については窪田、福原は0分後と1分後、0分後と3分後、0分後と5分後、0分後と7分後に有意差が存在した。土屋についてはどの計測時間についても有意差は見られなかった。
- ・血中酸素濃度については被験者三人とも有意差は見られなかった。

表1-1.経過時間ごとの疲労度指数(%)(n=5)

土屋	心拍数	O <sub>2</sub> 濃度
0分後	136±42.1	99.18±1.20
1分後	117±27.0	99.80±1.93
3分後	103±34.6	99.59±1.42
5分後	96.6±35.8	99.59±0.624
7分後	97.1±29.4	99.80±1.21
検定結果	n.s	n.s

表1-2.経過時間ごとの疲労度指数(%)(n=5)

窪田	心拍数	O <sub>2</sub> 濃度
0分後	156±10.0 <b>A</b>	98.98±2.10
1分後	88.4±12.4 <b>B</b>	100.2±1.43
3分後	78.4±12.4 <b>B</b>	100.2±0.812
5分後	86.1±16.2 <b>B</b>	100.0±1.00
7分後	87.6±11.1 <b>B</b>	99.80±0.830
検定結果	*	n.s

表1-3.経過時間ごとの疲労度指数(%)(n=5)

福原	心拍数	O <sub>2</sub> 濃度
0分後	121±10.3 <b>C</b>	100.4±0.600
1分後	88.4±10.3 <b>D</b>	100.8±0.800
3分後	85.8±20.6 <b>D</b>	100.6±0.601
5分後	83.9±14.4 <b>D</b>	100.6±1.73
7分後	86.9±9.49 <b>D</b>	102.1±2.14
検定結果	*	n.s

・n.sはどの経過時間の間にも有意差が認められないことを示す。

・\*は1つ以上の経過時間の中にTukeyの多重比較検定(5%)で有意差が認められたことを示す。

・同じ英文字間には有意差が認められなかったことを示す。

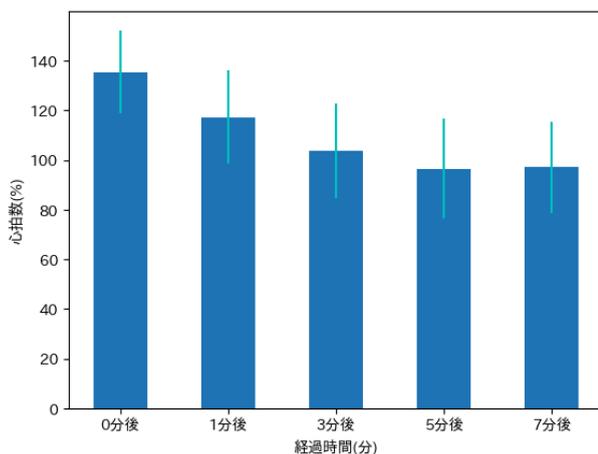


図1-1:土屋の経過時間ごとの心拍数の疲労度指数(%)(n=5)

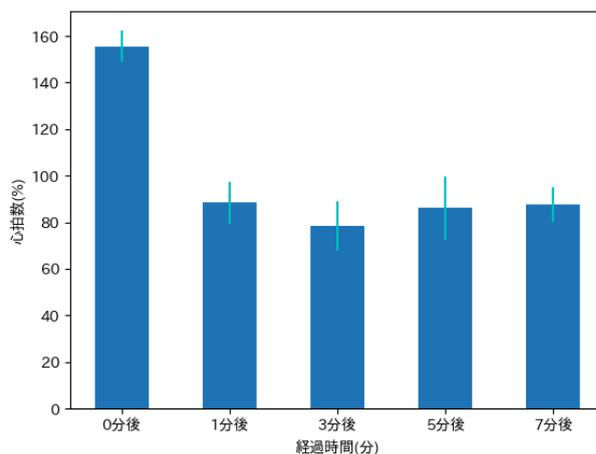


図1-2:窪田の経過時間ごとの心拍数の疲労度指数(%)(n=5)

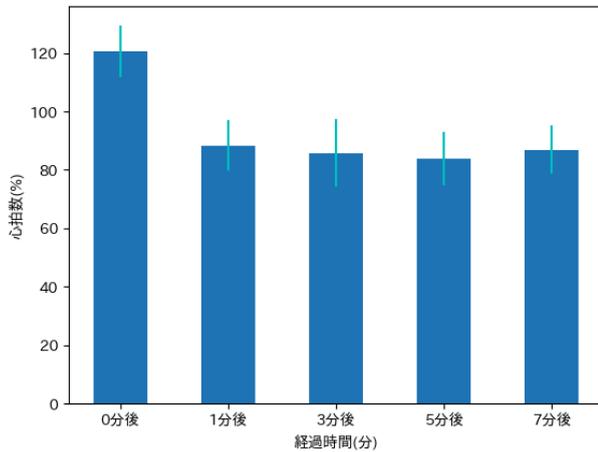


図1-3:福原の経過時間ごとの心拍数の疲労度指数(%) $(n=5)$

#### 4.3. 考察

- 心拍数については、二名が1分後～7分後に有意差が存在しないことから、すでに安静時に戻っていると考えられるため0分後(直後)に計測すべきだと考えられる。
- 血中酸素濃度については全計測時間で有意差が存在しなかったため、計測する時間は直後～7分後のいつ計測しても問題ないと考えられる。しかしながら、登った直後よりも他の計測時間の方が数値が大きく、根本的に各計測時間での数値の間に差がほぼないため今後の研究についても差が見られないのではと考える。
- 以上のように血中酸素濃度に差がほとんど見られなかったのは人間に備わっている恒常性によるものであり、健康状態の人であれば血中酸素濃度は96%以上であることが原因であると考えられる。<sup>3</sup>
- 土屋の心拍数に有意差が見られないことについては、平均値を見ると他二人と比べて0分後の安静時からの上昇幅が少ない事が関係していると考えられる。体質や所属部活が原因だと考える。<sup>4</sup>

### 5. 予備実験2

#### 5-1. 実験方法

- 被験者三名に階段を被験者が思う「速い速度」、「遅い速度」で登ってもらう。  
被験者全員の登る速度を均一にしなかったのは、速い速度や遅い速度は個人差があり、均一にしてしまうと各被験者間に疲労度に差が出てしまうと考えたからである。
- 心拍数と血中酸素濃度を予備実験1で他の経過時間と有意差のあった測るべき計測時間にて計測する。これを5セット行う。計測にはパルスオキシメーターを利用する。
- 疲労度指数を算出する。
- 被験者それぞれで「速い速度」、「遅い速度」の2つの場合のデータをまとめ、その2群に関して二項検定を行う。

#### 5-2. 実験結果

- 心拍数においては被験者三名ともに速く登った場合と遅く登った場合の間に有意な差が認められた。
- 血中酸素濃度については被験者三名ともに速く登った場合と遅く登った場合の間に有意な差は認められなかった。
- 土屋の心拍数の数値を見ると他二名の予備実験2における速く登った場合の数値と予備実験1の数値の差の最大値が $\pm 20$ の間に収まっているのに対して土屋は差が約+29と大きくなっている。

表2-1.2種の速度における疲労度指数(%) $(n=5)$

土屋	速い	遅い	有意差

表2-2.2種の速度における疲労度指数(%) $(n=5)$

窪田	速い	遅い	有意差

心拍数	165±12.4	130±8.05	*
O <sub>2</sub> 濃度	98.6±2.65	98.9±2.04	n.s

心拍数	169±18.2	140±17.6	*
O <sub>2</sub> 濃度	99.6±0.612	98.8±2.24	n.s

表2-3.2種の速度における疲労度指数(%)(n=5)

福原	速い	遅い	有意差
心拍数	138±7.31	128±6.45	*
O <sub>2</sub> 濃度	99.6±0.619	100±0.619	n.s

・n.sは2種の速度間に有意差が認められなかったことを示す。

・\*は二項検定(5%)で有意差が認められたことを示す。

### 5-3.考察

- ・心拍数については2種の速度間の数値に有意な差が認められたことから疲れの指標に使えると考えられる。
- ・血中酸素濃度については2種の速度間の数値に有意な差が認められなかったため疲れの指標には使えないと考えられる。これは予備実験1でも述べたように恒常性が起因していると考えられる。
- ・土屋のみ予備実験1の心拍数で各計測時間間に有意差が見られなかったのは予備実験2の数値との差を見るにデータの中に寝不足や体調不良が起因<sup>9</sup>として心拍数が異常に多くなった時があったと考えられる。
- ・上記の事例のように被験者の体調によってデータにばらつきが出るのが予測されるため、被験者には計測前に体調検査が必要だと考える。また、明らかに体調が普段と異なる場合については計測を避ける必要があると考える。

## 6. 本実験

### 6-1.実験方法

6-1-1.被験者三名に①何も意識せず②背筋を伸ばして(体の傾きを大きくして)③前傾姿勢で(体の傾きを小さくして)階段を登ってもらう。この時、被験者は階段のできるだけ内側を登ってもらう。

体の傾きの確認にはソフトウェアDartfishを用いる。

#### 6-1-2.撮影方法

撮影器具としてiPhoneを用いる。まず、階段の途中の壁の「被験者の耳の高さ-10 cm」の位置に印を付け、その印の位置にカメラのレンズが来るようにしてiPhoneを画面を壁に密着させ、固定する。

画角内に被験者の耳から腰までが入るようにして動画を撮影する。仮にこの際に画角内に入らなかった場合はiPhoneの固定位置を調節する。この際に一人の撮影時の位置を変えた場合は全員の撮影時の位置を同様に変える。

2.予備実験1で調べた測るべき計測時間にて予備実験2で調べた疲労度と関係があると言える指標を計測する。これを5セット行う。

3.疲労度指数を算出する。

4.被験者それぞれで3種の体の傾きでのデータをまとめ、2種ずつ抜き出し二項検定にかける。(計9つの組み合わせ)

### 6-2.実験結果

・窪田の体の傾きを意識的に大きくした時と何も意識せず登った時、福原の意識せずに登った時の数値と傾きを大きくした時及び、小さくした時については有意差が見られた。

・二項検定を行った際にF検定を行ったところ、異分散と判断した組み合わせが存在した。(福原の意識しなかった場合と傾きが大きい場合及び傾きが小さい場合)

表3-1.体の傾きを変えた場合における心拍数の疲労度指数(%)(n=5)

心拍数	傾き大	傾き小	無意識
土屋	156±9.76	152±5.37	151±12.4
窪田	163±20.0	154±7.63	145±11.8
福原	135±14.6	133±14.8	116±4.52

表3-2.各体の傾きにおける数値間の有意差(二項検定)(p<0.05)

	土屋	窪田	福原
大/小	n.s	n.s	n.s
大/無意識	n.s	*	*(異分散)
小/無意識	n.s	n.s	*(異分散)

- n.sは検定にかけた2種の体の傾きにおける数値間に有意な差が認められなかったことを示す。
- \*は二項検定(5%)で有意差が認められたことを示す。

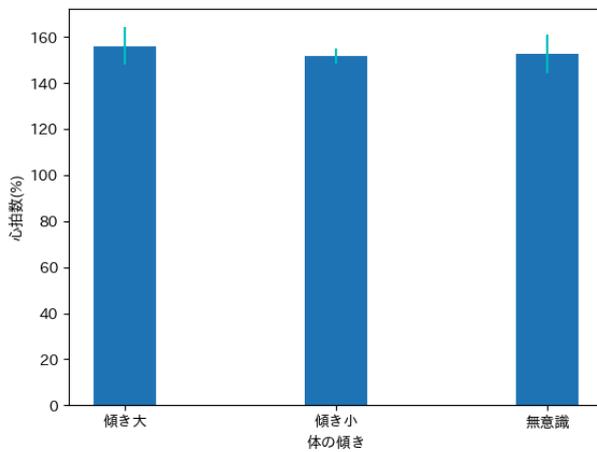


図2-1:土屋の体の傾きを変えた場合における心拍数の疲労度指数(%)(n=5)

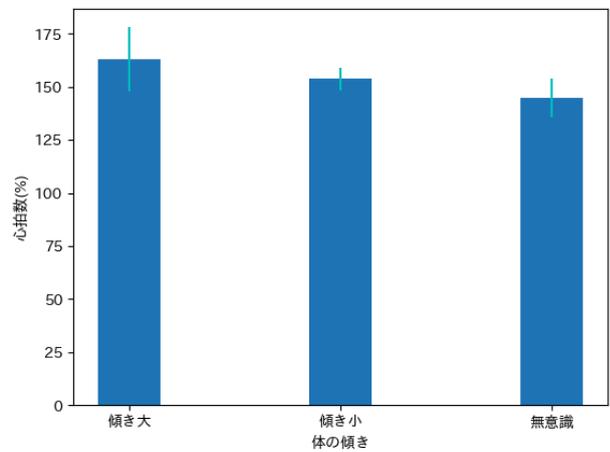


図2-3:窪田の体の傾きを変えた場合における心拍数の疲労度指数(%)(n=5)

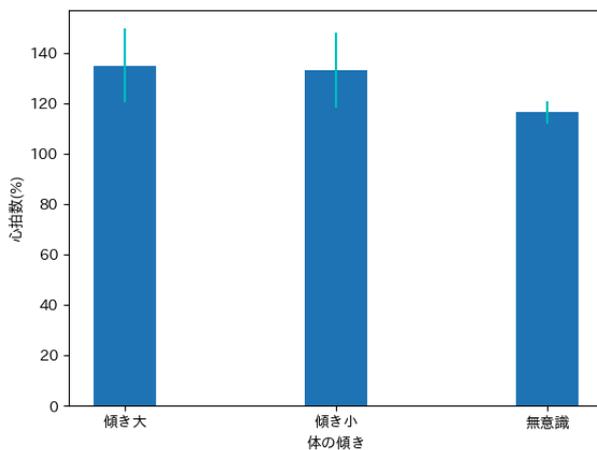


図2-3:福原の体の傾きを変えた場合における心拍数の疲労度指数(%)(n=5)



図3-1:傾き大の参考



図3-2:傾き小の参考



図3-3:無意識の参考

### 6-3.考察

- ・被験者三名中二名が意識せずに階段を登った際と体の傾きを意識的に大きくした際の間有意差が認められたこと及び、二名ともに意識しなかった場合の平均値の方が小さいことから**上体を起こして重心ラインを安定させる<sup>6</sup>ことが疲れにくくなる訳ではないと考えられる。**
- ・上記のように疲れやすさに違いが出たのは、①階段昇降時の姿勢によって使われる筋肉が違うため<sup>7</sup>、普段使わない筋肉を使って登った影響。②日本人が自然と猫背になりやすい骨格であることから<sup>8</sup>、無理に姿勢を正すと逆に疲れる。この2つが原因と考えられる。
- ・福原の実験結果内に存在する異分散について、予備実験2で想定したような体調不良がなかった場合は正規分布に従うと考えられるため、データ数をもっと多く確保するべきであるとする。
- ・福原のデータについて、傾きが大きい場合と小さい場合では等分散になっていることから、データの他に異なるのは無意識に登った際の数値であることは明白である。したがって、福原のデータの数値内における有意差はこの異分散が関係していることは十分に予測できる<sup>9</sup>。

## 7. 今後の展望

- ・全体的にサンプル数が少なく、出た検定結果に対しても分散の違いなど様々な要因が考えられる状態になってしまっているためサンプル数を増やして考察を深めたい。
- ・考察をした結果、階段昇降時に使う筋肉の違いが要因となっている可能性があるため、そういった部分も調べていきたい。
- ・予備実験を行っていく中で、心拍数の数値などに個人差が大きく存在することが分かったため、サンプル数の増加とともに被験者数も増やしたい。

## 8. 参考文献

- [1]階段はなぜ後ろ向きに降りた方が楽に感じるの？  
[http://www.ronenbo.or.jp/hospital/tiikiraha/rehacolumn/rehacolumn\\_27.pdf](http://www.ronenbo.or.jp/hospital/tiikiraha/rehacolumn/rehacolumn_27.pdf)
- [2]どっちが楽なの1段2段？ - 前橋女子高校  
<https://maejo-hs.gsn.ed.jp/wysiwyg/file/download/22/351>
- [3]生理  
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakuiohou-12200000-Shakaiengokvokushougaihokenfukushibu/0000123635.pdf>
- [4]運動選手の心臓機能に関する考察  
[https://www.istage.ist.go.jp/article/jspfsm1949/9/2/9\\_2\\_236/pdf/-char/ja](https://www.istage.ist.go.jp/article/jspfsm1949/9/2/9_2_236/pdf/-char/ja)
- [5]心拍数が高い | 脈が速い | セルフチェック  
<https://www.sasaki.or.jp/high-heart-rate/>
- [6]疲れにくく、運動効果も高い「階段の上り方」は？  
<https://goodav.nikkei.co.jp/atcl/report/15/071300026/090100351/?P=2>
- [7]段差昇降の大腿四頭筋の活動と床反力の関係  
[https://www.istage.ist.go.jp/article/rika/24/4/24\\_4\\_523/pdf](https://www.istage.ist.go.jp/article/rika/24/4/24_4_523/pdf)
- [8]日本人と欧米人の身体の違い  
<https://kvoritsu-m.co.jp/cat01/2019/11/16/919/>
- [9]分析のいろんな仮定と、それに対する頑健さ・対処法 - 清水裕士  
<https://norimune.net/1761>

## 9. 謝辞

本レポートの執筆にあたり、大阪大学大学院基礎工学研究科システム創生専攻の鈴木譲氏には検定方法、内容に関して貴重なアドバイスをいただき誠に感謝しております。

# 『よっこいしょ!』よりも 力を発揮しやすい掛け声の検討

神奈川県立厚木高等学校  
2年 D組 3班 α

## 1. 背景

大きな力が必要な場面が日常に溢れている。そこで人間は声を出すことでそれを達成しやすくしていた。例えば立ち上がる際には「よっこいしょ」と言うだろう。声を単純に出すだけでなく発音パターンによって、大きな力をより発揮しやすくできないかと考えた。そこで、50音の行ごとの発音にはそれぞれ相性のよい方向があるという先行研究を見つけた。大きな力を必要とする例えば持ち上げ動作に、これを利用できないかと考えた。

## 2. 先行研究

「一致効果」と呼ばれる効果がある。発音にはそれぞれ相性の良い向きがあるというものである。この効果には次の2つの作用がある。

- 1) 特定の音をそれに対応する方向を向いて発音すると、力を発揮しやすい。(実験1で利用.)
  - 2) 特定の音を発音しながらだと、それに対応する方向への運動がしやすい。(実験2,3で利用.)
- 具体的な発音とそれに対応する向きは以下の通り。

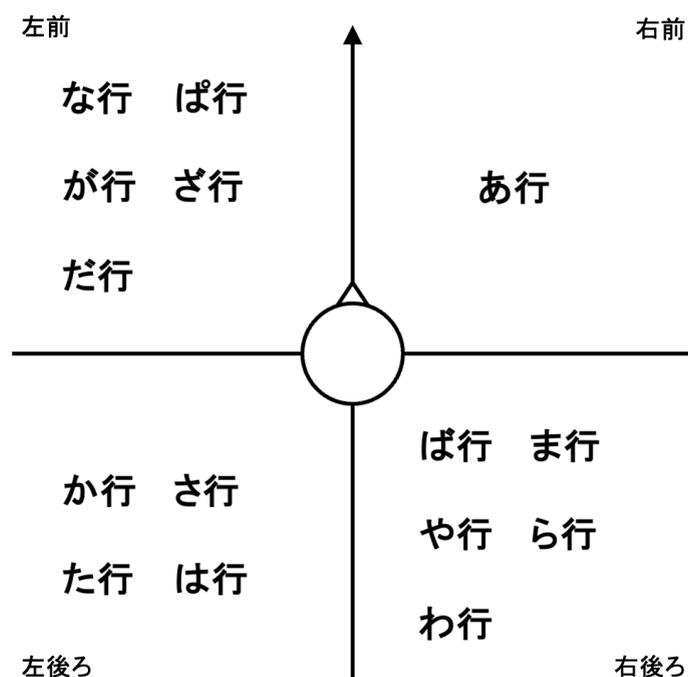


図1 一致効果のみられる音と向きの組み合わせ

また、組み合わせ効果と呼ばれる効果もある。図1に記してある右前,左前,右後ろ,左後ろの4パターンで表しきれない向きへの効果を出すことができる。

具体的なパターンは、以下の通りの対応する向きの発音を組み合わせたもの。

- 前;右前に対応する発音の後に左後ろに対応する発音をする。
- 左;左後ろに対応する発音の後に左前に対応する発音をする。
- 後;左前に対応する発音の後に右後ろに対応する発音をする。
- 右;右後ろに対応する発音の後に右前に対応する発音をする。

## 2.目的

日常生活の力が必要となる場面において「一致効果」を見出して実用的な掛け声を提案する.これによってその力が必要な場面でより大きな力を発揮させる.

## 3.仮説

一致効果に即せば、「よっこいしょ」を超える実用的な掛け声が存在する.

もし一致効果(あるいはその相乗効果)に即した掛け声を言ったなら、「よっこいしょ」と言った時よりも大きな力を発揮することができる.またそれは「よっこいしょ」よりも実用的である.(小さな声でも実現する点において.)

## 4.方法

### <実験1>

**概要;**実験者が横から被験者の肩を押し,その時に被験者は倒れないように耐えようとする.その時の耐えやすさを被験者の主観で評価する.

**材料;**圧力センサ(MF01A-N-221-A11),Arduino UNO互換機,カーボン抵抗100 k $\Omega$ ,足形を描いたダンボール,Arduino IDEをインストールしたコンピューター,ビニール線

圧力センサとArduino互換機と抵抗で以下の以下の回路を作成し、圧力測定装置を作成する。

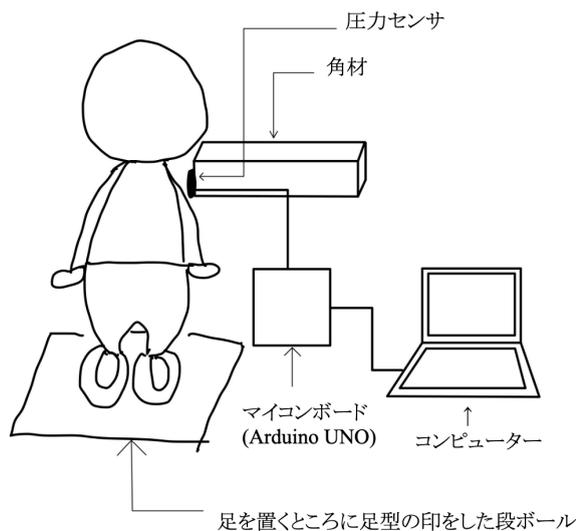


図2-1 圧力測定装置を使った実験の概要

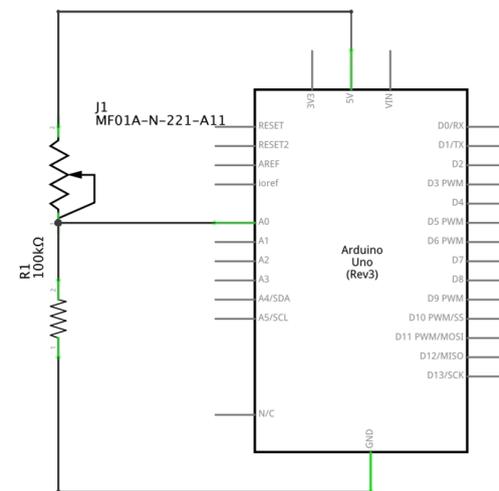


図2-2 圧力センサの回路図

### 実験方法;

(1)被験者は足の位置を固定するため,ダンボールの上に乗る.

(2)被験者は,以下のパターンで発音する.

右前を見て「あ」と言う,右前を見て「な」と言う,左前を見て「あ」と言う,左前を見て「な」と言う

(3)実験者は(2)のそれぞれのパターンで横から被験者の肩を押し(※1),その時に被験者は倒れないように耐えようとする.

(4)その時の耐えやすさを被験者の主観で評価する.

※(2)から(5)を右から押すときと左から押すときの2パターン行う.

※1 肩を押す際の力を一定にするため,圧力測定装置を使用する.

### 評価方法;

右から押したときと左から押したときでそれぞれ評価。

発音ごとにそれぞれ評価。

上記2点でそれぞれ右前を見て発音した時と左前を見て発音した時とでどちらが耐えやすかったかを2択で評価。

### <実験2>

材料;10 kg の水の入ったペットボトル,

実験方法;足先から10 cm のところに置かれた10 kg の水のペットボトルが入った箱を次のパターンで被験者に持ち上げさせる。

.持ち上げるときのパターン;「無言」,「あかなを言いながら」,「かなばを言いながら」,「あかなを言ってから」,「かなばを言ってから」

評価方法;持ち上げやすかったものから1,2,3,と順位付ける。

※「無言」,「あかなを言いながら」,「かなばを言いながら」と「無言」,「あかなを言ってから」,「かなばを言ってから」でそれぞれ順位付け。

※順位タイも可能。

### <実験3>

#### 概要;

一致効果に基づいた掛け声は,大きな力での持ち上げ動作に応用可能かということを調べる。

被験者;班員4 人

#### 材料;

角材,おもり

※重りの重さは被験者が持ち上げられるか持ち上げられないかギリギリの重さで,定める。

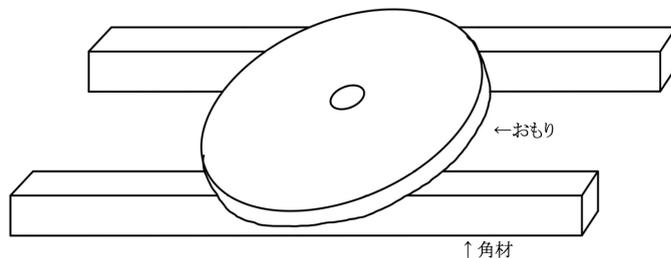


図3 持ち上げるおもりの設置方法

#### 実験方法;

(1)おもりを何回持ち上げられたか測定する。

「無言」,また「よっこいしょ」,「いきに」,「あかな」,「かなば」と言うパターンで行う。

「いきに」,「あかな」,「かなば」の組み合わせは一致効果に基づいた。

発声する場合は言いながら持ち上げる。

※持ち上げる際の注意点;おもりの真上に体がくるようにまたぎ,上体を起こして地面と垂直に持ち上げる。背筋は使わないようにして,下半身で持ち上げるようにする。

(2)1RMに変換する。

1 RM(最大筋力量)とは,計算からもとめたその人が1回だけ持ち上げられる重量のこと。

持ち上げた重量m kg,持ち上げられた回数n 回の1 RMの値はこのように表される。

$$1 \text{ RM} = mn / 33.3 + m$$

## 5.結果

### <実験1>

表1-1 押す肩,顔を向ける向きごとの「あ」の発音の耐えやすさの結果 (人)

「あ」	左肩		右肩	
	左向く	右向く	左向く	右向く
優勢	1	5	2	3
差なし	0	0	1	1

左肩を押した時に右前を向いて「あ」と発音したときが横から押された時に耐えやすいと回答した人が比較的多い。

右肩を押した時にはそのような傾向は見られない。

表1-2 押す肩,顔を向ける向きごとの「な」の発音の耐えやすさの結果 (人)

「な」	左肩		右肩	
	左向く	右向く	左向く	右向く
優勢	5	1	2	2
差なし	0	0	2	2

左肩を押した時に左前を向いて「な」と発音したときが横から押された時に耐えやすいと回答した人が比較的多い。

右肩を押した時にはそのような傾向は見られない。

### <実験2>

表2-1 それぞれの条件が持ち上げやすさ1位と評価された人数(人)

言いながら			言ってから		
無言	あかな	かなば	無言	あかな	かなば
2	10	1	4	1	2

表2-2 10 kg の箱の持ち上げやすさの順位の回答結果 (位)  
持ち上げやすさの順位(位)

被験者	言いながら			言ってから		
	無言	あかな	かなば	無言	あかな	かなば
A	3	1	2	2	2	2
B	3	1	2	1	2	3
C	3	1	2	2	2	2
D	3	1	2	2.5	1	2.5
E	2.5	1	2.5	2	2	2
F	2.5	1	2.5	2	2	2
G	2.5	1	2.5	2	2	2
H	2	2	2	2	2	2
I	2	2	2	2	2	2
J	3	1.5	1.5	2	2	2
K	2	2	2	2	2	2
L	2.5	1	2.5	2	2	2
M	3	1.5	1.5	1.5	1.5	3
N	2.5	2.5	1	1	2.5	2.5
O	2.5	1	2.5	2.5	2.5	1
P	2	2	2	2	2	2
Q	3	1	2	2.5	2.5	1
R	1	2.5	2.5	1	2	3
S	1	2.5	2.5	1	2	3

(実名は伏せている)

「あかな」と言いながら持ち上げたパターンが一番持ち上げやすいと回答した人が多い。

このデータを元にフリードマン検定を行った。

帰無仮説; 無言、あかな、かなばの条件間で被験者による持ち上げやすさに有意な差がない。

有意水準 $\alpha = 0.05$ で検定。

検定の結果;

言ってから持ち上げるときのp値:0.26991

言いながら持ち上げるときのp値:0.00075073

言ってからでは帰無仮説が棄却されない,言いながらでは帰無仮説が棄却される。

よって無言,あかな,かなばの条件間で被験者による持ち上げやすさに有意な差が認められる。

<実験3>

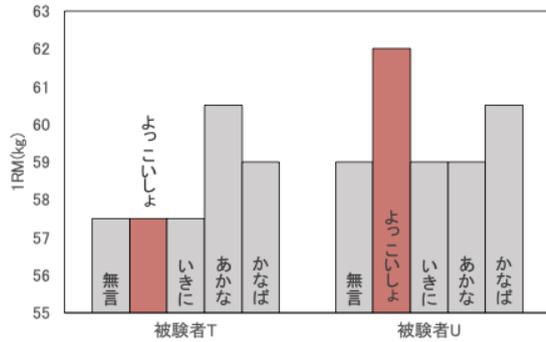


図4-1 各条件下での1 RMの値(kg)

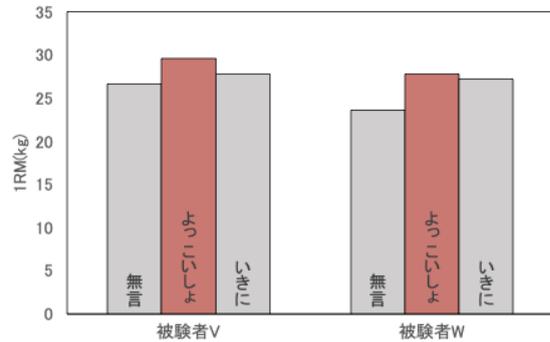


図4-2 各条件下での1 RMの値(kg)

よっこいしょと言った時に着目すると,他の発音と比べて1 RM の値が大きくなっている。

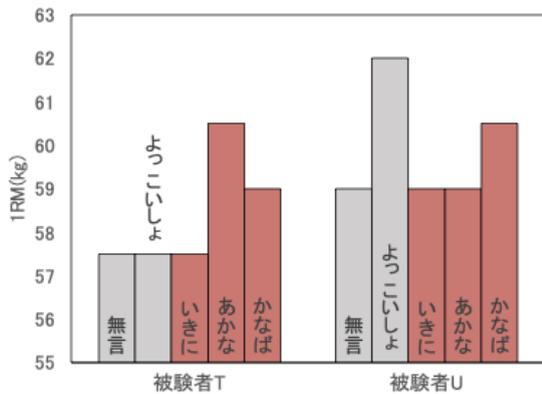


図4-3 各条件下での1 RMの値(kg)

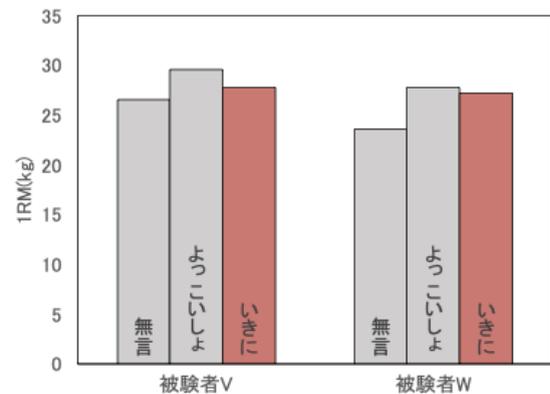


図4-4 各条件下での1 RMの値(kg)

一致効果に即した発音に着目すると, 1 RM の値にはばらつきがみられる。

6.考察

<実験1>

一致効果が見られることを確認することができた。

これに即して,持ち上げる動作にも応用が可能ではないかと考えた。

<実験2>

「あかな」と言いながら持ち上げる時に一致効果が見られた.これを用いて,大きな力を使って持ち上げる動作にも応用が可能ではないかと考えた。

今回は発音をしていないタイミングで,無声でも口の形で何かを言っているのではないかという点で統一されていなかったのだから口の形や呼吸などを統一してまた実験するべきだ。

また,持ち上げのタイミングも発音の数文字中のどこで力を加えるかについても統一できていなかったのだから統一するべきだ。

### <実験3>

一致効果が見られる発音において最大筋肉量(1 RM)の上昇は見られなかった。「よっこいしょ」は1 RMが大きくなる可能性がある。

その理由として、習慣として「よっこいしょ」という発音に慣れがあるからではないかという予想がたった。データ数が少ないので、もっと増やすべきであった。しかし、今回の実験には安全上の問題が伴うため、手法を変える必要がある。

具体的には背筋力測定装置を用いることが挙げられる。

### 7.今後の展望

今回の実験方法では自分の持てる限界に近い重りを持ち上げて回数を測定したため誤差が大きく、測定の際に危険が伴うため十分に実験を行うことが出来なかった。そのため、筋電測定や他の実験器具を用いることでより正確で安全にデータを取り、結果をより信頼性の高いものにできると考える。

また、今回使用した「よっこいしょ」に含まれている促音を入れた「よっ」や「はっ」などの発音や、一致効果に即した発音の時に「あ行」や「い行」1種の母音のみではなく、「いかな」といった、母音を変化させたとき発音のデータも集計したい。

### 8.参考文献

[1]「えっさ」は右から左から? :掛け声の非対称性からみる日本語の五十音と身体の関係 第65回ことば工学研究会@千葉大学(2021/3/21),伊藤雄馬,長瀬准平

[2]Congruency effects and cognitive control(2008),Tobias Egner

[3]日経 グッディ「火事場の馬鹿力」は自らの意志で出せるのか? ,

<https://goodav.nikkei.co.jp/atcl/column/15/040200001/012100021/?P=2>

[4]Treatment Fitness ORSA【RM測定】最大筋力の測り方と使い方,

<https://orsa-fitness.com/%E3%80%90rm%E6%B8%AC%E5%AE%9A%E3%80%91%E6%9C%80%E5%A4%A7%E7%AD%8B%E5%8A%9B%E3%81%AE%E6%B8%AC%E3%82%8A%E6%96%B9%E3%81%A8%E4%BD%BF%E3%81%84%E6%96%B9/>

[5]note 連載「文字をなくした言語学者の冒険」第7回,[https://note.com/yuma\\_ito/n/nd5180880e82f](https://note.com/yuma_ito/n/nd5180880e82f)

[6]note 連載「文字をなくした言語学者の冒険」第6回,[https://note.com/yuma\\_ito/n/n75dd2cb960da](https://note.com/yuma_ito/n/n75dd2cb960da)

### 9.謝辞

本研究の遂行にあたり、終始ご指導ご鞭撻頂いた横浜市立大学の客員研究員である伊藤雄馬先生に深謝いたします。並びに、本研究では2年D組の皆様の実験に参加頂きました。ここに感謝の意を表します。

# ドクダミから作る成長抑制剤

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 4班 β

## 1. 背景

厚木高校で見かけるドクダミは、繁殖能力が高い雑草として処理されていることを知った。そこでドクダミについて調べたところ、前年度の先輩方のヴェリタス研究「ドクダミ由来の物質の他感作用についての検討」から、ドクダミは周りに生えている植物の成長を抑制するアレロパシー効果<sup>①</sup>をもつことが証明された。そこで、このドクダミのアレロパシー効果を成長抑制剤として活用できないかと考えた。

<sup>①</sup>ある植物から放出される化学物質が、微生物を含む他の植物に何らかの影響を及ぼす他感作用。ドクダミは他の植物が近くに生えないようにするアレロパシー効果をもつと言われている。

## 2. 目的

ドクダミのアレロパシー効果を用いた成長抑制剤の実現。成長抑制剤を作る上でドクダミのアレロパシー効果の有効性を確かめる。

## 3. 実験1

水道水で育てる豆苗と根、茎、葉の抽出液で育てる豆苗の4通り伸び率を比較し、どの部位にアレロパシー効果をもつ物質が最も含まれているのか調べる

### 3-1 仮説

ドクダミの持つアレロパシー効果は部位によって偏りがあるのではないかと。

### 3-2 実験方法(材料)

ドクダミ(*Houttuynia cordata*)、豆苗(*Pisum sativum L.*)、スコップ、ハサミ、新聞紙、フードプロセッサー、コンロ、鍋、ガーゼ、ペットボトル

### 3-3 実験方法(事前準備)

・ドクダミの抽出液

#### 【1】ドクダミを採集

スコップを使って厚木高校のテニスコート近くに生えているドクダミを採集  
ドクダミについた土を水で洗い流し、根、茎、葉をハサミで切り取る  
新聞紙にくるみ一日乾燥させる

#### 【2】粉砕

乾燥させた根、茎、葉をそれぞれフードプロセッサーで粉末状にする

#### 【3】抽出

鍋に粉末状にしたドクダミのそれぞれの部位を14g(乾燥重量)ずつ入れ、さらに水道水500mLを入れて中火で煮出し、ガーゼで濾してそれぞれ抽出する

・豆苗

【1】空の2Lペットボトルを4つ用意し、下の部分を15cmほどのところで切り取る

【2】ペットボトルに豆苗(底が約8 cm×8 cm)を入れる

### 3-4 実験方法(本実験)

【1】水道水、根の抽出液、茎の抽出液、葉の抽出液をそれぞれ豆苗の根が浸るくらい(200 mL)入れる

【2】水道水とそれぞれの抽出液は1日おきに交換する  
4つのペットボトルは日光の当たる場所に置く

【3】7日間の成長具合を調べる  
この実験を3回行う  
このとき、毎日の平均気温・平均湿度を記録する

### 3-5 結果

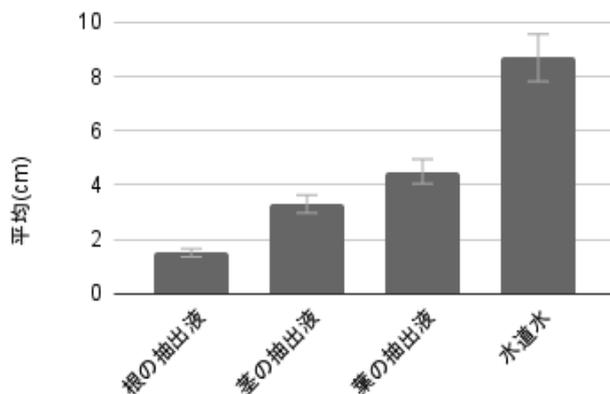


図1 7日間の豆苗の伸びの平均値

		有意水準12.17
根茎	5.416025603	有意差なし
根葉	8.370221387	有意差なし
根水	20.18700452	有意差あり
茎葉	2.954195784	有意差なし
茎水	11.81678317	有意差なし
葉水	11.81678313	有意差なし

図2 Tukeyの多重比較検定の結果(4群,n=3)

検定の結果から、根に一番アレロパシー効果があると考えられる

## 4. 実験2

根の抽出液を希釈した液で豆苗を育て伸び率を比較し、根から離れるにつれてアレロパシー効果の影響率に変化があるのか調べる。

### 4-1 仮説

希釈倍率が高いほどアレロパシー効果の影響は小さくなり、伸び率は小さくなる

### 4-2 実験方法(材料)

ドクダミ(*Houttuynia cordata*)、豆苗(*Pisum sativum L.*)、スコップ、ハサミ、新聞紙、フードプロセッサー、コンロ、鍋、ガーゼ、ペットボトル

### 4-3 実験方法(事前準備)

・ドクダミの抽出液

#### 【1】ドクダミを採集

スコップを使って厚木高校のテニスコート近くに生えているドクダミを採集  
ドクダミについた土を水で洗い流し、根をハサミで切り取る  
新聞紙にくるみ一日乾燥させる

#### 【2】粉砕

乾燥させた根をフードプロセッサーで粉末状にする

### 【3】抽出

鍋に粉末状にしたドクダミの根を14 g(乾燥重量)入れ、さらに水道水500 mLを入れて中火で煮出し、ガーゼで濾してそれぞれ抽出する

### 【4】希釈

根の抽出液を水道水<sup>(2)</sup>で2倍、5倍に希釈し、原液と水道水を含む4種の液体を用意する

<sup>(2)</sup>普段根から放出されたアレロパシー効果は土に染み込んだ雨水によって希釈されていると考えたため、有機溶媒ではなく水道水を使用した

・豆苗

【1】空の2Lペットボトルを4つ用意し、下の部分を15 cmほどのところで切り取る

【2】ペットボトルに豆苗(底が約8 cm×8 cm)を入れる

## 4-4 実験方法(本実験)

【1】水道水、2倍希釈液、5倍希釈液、原液をそれぞれ豆苗の根が浸るくらい(200 mL)入れる[図3]  
今回使用した抽出液が成長抑制の作用を示しているか確かめるために原液でも育てる



図3 希釈液を入れた様子

【2】水道水とそれぞれの抽出液は1日おきに交換する  
4つのペットボトルは日光の当たる場所に置く

【3】10日間の成長具合を調べる  
このとき、毎日の平均気温・平均湿度を記録する

## 4-5 結果

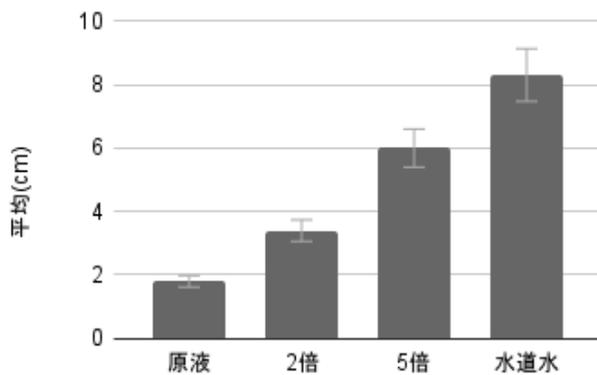


図4 10日間の伸びの平均値

		有意水準5.22
水と5倍希釈	3.768466834	有意差なし
水と2倍希釈	8.028472821	有意差あり
水と原液	10.65001497	有意差あり
2倍希釈と5倍希釈	4.260005987	有意差なし
原液と5倍希釈	6.881548132	有意差あり
原液と2倍希釈	2.621542146	有意差なし

図5 Tukeyの多重比較検定の結果(4群、n=5)

検定の結果から、希釈倍率が高くなるにつれてアレロパシー効果が薄くなると考えられる

## 6. 考察

実験1の根の抽出液、茎の抽出液、葉の抽出液で育てた豆苗を比べると根の抽出液で育てた豆苗が一番伸び率が低く、根に一番アレロパシー効果が含まれていると考えられる。この理由は根から効果を発揮することで、土を通して他の植物の水や栄養を取り込む役割を持つ根に刺激を与えるためではないか。また、成長抑制剤として使用する際は、葉や茎に直接かけるのではなく、土全体に染み込ませるように使用することで効果が高まるのではないか。

実験2の水道水、2倍希釈液、5倍希釈液、原液で育てた豆苗を比べると原液で育てた豆苗の伸び率が悪く、続いて2倍希釈液、5倍希釈液と原液に比べると伸び率が低かったことから、アレロパシー効果は根から離れるにつれて薄まると考えられる。その理由は、アレロパシー効果が土の中の水分によって根本から離れるにつれ効果が薄められているからではないか。また、成長抑制剤を作る際は、抽出する際の水分量を減らし濃度を高めることで効果が高まるのではないか。

## 7. 今後の展望

ドクダミを使った成長抑制剤の実現を目指す。より多くのサンプルを用い、有効性をより詳しく検証する。また、ドクダミのアレロパシー効果をもたらす物質の特定をし、人体に対する安全性を確かめる。

## 8. 参考文献

[1]

“ドクダミ由来の物質の他感作用についての検討” 厚木高校76期2年G組2班  
<https://www.pen-kanagawa.ed.jp/atsugi-h/tokushoku/documents/2g.pdf>

[2]

“ドクダミが他の植物に及ぼす影響” 国立大学法人 大阪教育大学  
[https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-i/wp-content/uploads/sites/4/2020/08/2002\\_27\\_13-18\\_dokudami\\_.pdf](https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-i/wp-content/uploads/sites/4/2020/08/2002_27_13-18_dokudami_.pdf)

[3]

“植物のアレロパシー” 藤井義晴  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/28/7/28\\_7\\_471/article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/28/7/28_7_471/article/-char/ja/)

# 廃棄物由来の海藻に含まれるアルギン酸ナトリウムの利用

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 5班β

## 1.背景

海岸には海藻が含まれたゴミがよく落ちている。これらは長時間放置すると悪臭や虫が発生したり、廃棄するにも地域の自治体が費用を負担する必要がある。よってこれらを有効利用できないかと思い、この研究に至った。

## 2.目的

活用方法が少ない海岸に打ち上げられた海藻を用いて、有用な糊やシャボン玉液を作り出すこと。

## 3.仮説

- 実験によって生じた物質が下記のアルギン酸の確認方法を満たすのであれば海岸に打ち上げられた海藻からアルギン酸を作ることができる。
- アルギン酸ナトリウムがセルロースとの間で水素結合するのであれば、アルギン酸ナトリウムから糊を作ることができる。
- アルギン酸ナトリウムの粘性によってシャボン玉液の強度を上げることができれば割れにくいシャボン玉を作ることができる。

## 予備研究1

### 4-1.方法

アルギン酸ナトリウムからシャボン玉液を作る。

材料・道具:

(界面活性剤10 ml、水100 ml、アルギン酸ナトリウム、市販のシャボン玉液、市販のシャボン玉の付属品の枠、カメラ用ブローア、定規、スマートフォンのストップウォッチ)

- 1) 水100 mlにアルギン酸(0.2 g、0.4 g、0.6 g、0.8 g、1.0 g)を入れて溶けるまでよく混ぜる。
- 2) 1)の液体それぞれに界面活性剤10 mlを入れてよく混ぜる。
- 3) ブローアと枠で市販のシャボン玉液と作成したシャボン玉液に同じ量の空気を入れてシャボン玉を膨らませる。
- 4) (a)シャボン玉の直径

それぞれのシャボン玉を定規を置いた机の上のせ、上から写真を撮り直径を測る。

(実験の結果からアルギン酸ナトリウムのそれぞれの濃度のシャボン玉の直径の95%信頼区間を計算する。また、同等性マージンは10%とする<sup>[1]</sup>。)

(b)シャボン玉が消えるまでの時間

空気を吹き出した瞬間から計測を始め、シャボン玉が消えた時にストップウォッチを止める。(実験の結果からアルギン酸ナトリウムのそれぞれの濃度のシャボン玉液の持続時間の95%信頼区間を計算する。また、同等性マージンは10%とする<sup>[1]</sup>。)

## 5-1.結果

### (1)シャボン玉の直径

表1 シャボン玉の直径結果

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
シャボン玉液	2.0	2.3	2.7	2.1	2.4	1.5	1.8	1.7	2.0	2.5
0.2g	2.6	2.3	2.6	3.0	2.1	2.7	1.7	2.5	2.4	2.2
0.4g	1.9	1.6	2.7	2.1	3.8	2.4	3.4	2.1	1.9	2.3
0.6g	1.3	1.4	2.2	1.9	2.0	2.8	1.8	1.7	2.3	1.9
0.8g	2.0	2.3	2.0	2.4	1.6	2.5	2.8	2.1	2.5	1.7
1.0g	1.7	1.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.5	2.0	1.1	1.4

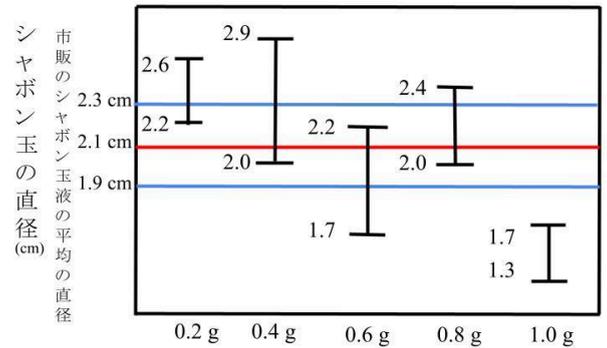


図1 シャボン玉の直径 検定結果

### (2)シャボン玉が消えるまでの時間

表2 シャボン玉が消えるまでの時間

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目
0.2g	4.5	3.7	4.30	5.3	14.7	5.2	4.7	6.4	5.4	4.7
0.4g	3.7	3.8	5.4	2.9	3.4	5.0	4.7	4.0	2.9	4.7
0.6g	5.4	5.2	4.5	7.7	5.1	2.9	6.6	5.1	8.9	4.5
0.8g	6.1	4.1	7.5	4.5	7.1	4.6	3.6	6.4	3.9	5.3
1.0g	4.5	5.1	3.4	5.3	5.5	4.1	2.8	3.8	3.8	4.1
シャボン玉液	11.2	11.2	8.50	7.4	7.00	9.1	8.30	11.00	7.6	9.0

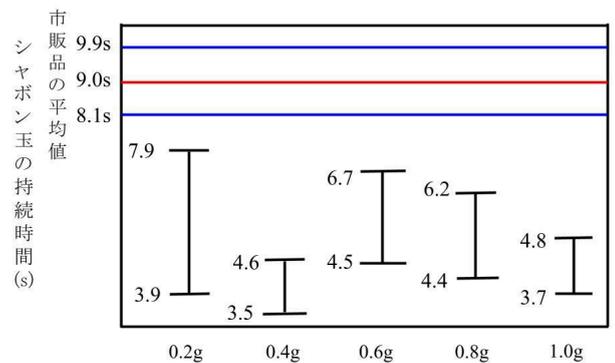


図2 シャボン玉が消えるまでの時間 検定結果

## 6-1.考察

### (1)シャボン玉の直径

結果より、アルギン酸ナトリウムの濃度が上がるにつれてシャボン玉の直径が小さくなっていく事がわかる。(図1)より、アルギン酸ナトリウム0.2 gの場合は市販のシャボン玉よりもシャボン玉の直径が大きくなっている。また、それぞれの濃度のシャボン玉液の95%信頼区間が大きくなったのはサンプル数が少なかったからである。

### (2)シャボン玉が消えるまでの時間

結果より、市販のシャボン玉液と比べてアルギン酸ナトリウムが含まれているシャボン玉液は持続時間が短い事がわかる。ただし、アルギン酸ナトリウムが含まれたシャボン玉液は落下速度が早く、地面に触れて割れてしまうため、結果からアルギン酸ナトリウムを使用したアルギン酸ナトリウムのほうが割れやすいとは判断できない。

## 予備研究2

### 4-2.方法

アルギン酸ナトリウムから糊を作り、その糊を用いて糊の強度実験<sup>[2]</sup>を行う。

#### 材料・道具

(アルギン酸ナトリウム、水100 ml、アラビックヤマト、スティックのり、黒い画用紙、コピー用紙、マスキングテープ、木の板2枚)

- 1) 水100 mlにアルギン酸ナトリウム(1.0 g、1.5 g、2.0 g)を入れて溶けるまでよく混ぜる。
- 2) 木の板に黒い画用紙とマスキングテープで枠を作り、そこにそれぞれの糊を塗り広げ上にコピー用紙をのせる。
- 3) 木の板の上にもう一つの板を乗せ、重しを置く。
- 4) 乾燥させたあとコピー用紙を剥がし、黒い画用紙に残ったコピー用紙の面積をImagej<sup>[3]</sup>で記録する。

#### imagejの設定

- 閾値に関して

閾値は基本的に自動設定とした。ただ、張られる側の紙の計測に関してはアルギン酸ナトリウム糊の黄ばんだ箇所があったので、それが残っている紙の面積として認識されないように目視で閾値を設定した。※閾値はどこを基準に白・黒にするかという値

- 面積の測り方に関して

面積はImagejの面積測定機能を使って写真のピクセルの数で計測した。そのため写真ごとのピクセル数(面積)は異なっている(撮る距離等が違うため)。それに加えて、それぞれのマスの全体の面積を完全に合わせることは非常に困難である。このようなことから割合で比べることとした。

### 5-2.結果

表3 市販の糊の測定結果

	全体	白	黒	%
アラビックヤマト	877300	239247	638053	27.3
	828990	299093	529897	36.1
	測定不可			
スティック	796559	192621	603938	24.2
	808772	268543	540229	33.2
	806388	422744	383644	52.4

アルギン酸ナトリウム糊の測り方に関して

アルギン酸ナトリウム糊は紙をはがした際にはった紙(白)にも残っている部分があった。そのため、両方とも計測し、合計の面積をくっつけている面積とした。(はられる紙のピクセル数も同じ写真内にあるので単純に合計して問題ないと考えた。)

表4 アルギン酸ナトリウム糊の測定結果

割合 (g/水100)	全体	黒	白	黒	白	接着面積	%
1.0g	白いところはあるがくっついているとは 言えないのでなし			なかったので無視		0	0.0
						0	0.0
						0	0.0
1.5g	820484	661773	158711	なかったので無視		158711	19.3
	684750	615309	69441			69441	10.1
	766853	691216	75637			75637	9.86
2.0g	690403	588854	101549	46548	1091757	148097	21.5
	481992	289651	192341	12107	514591	204448	42.4
	692150	410156	281994	4740	774648	286734	41.4

検定結果

※マージンは±10%

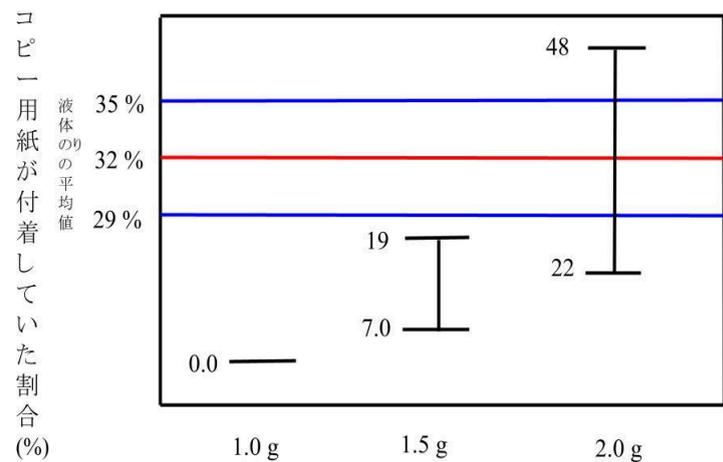


図3 液体糊との比較

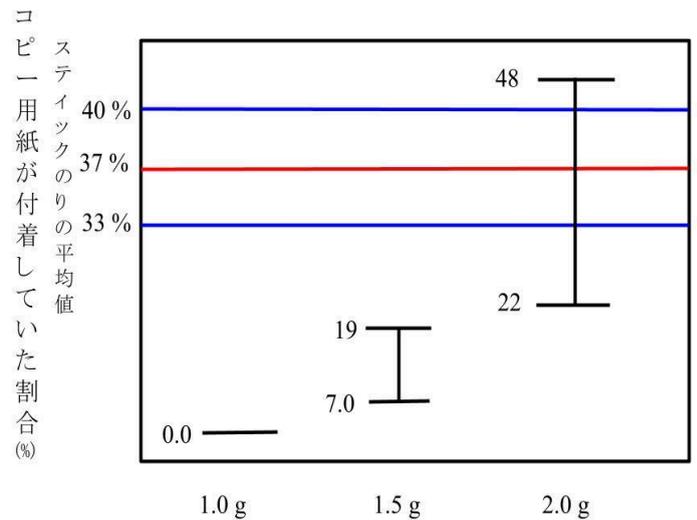


図4 スティック糊との比較

## 6-2.考察

結果より、すべての濃度の糊で同等性や非劣性がないと言える(図3、図4)。しかし、今回の予備実験は試行回数が少なく、検定に影響が出た可能性があるため回数を重ねる必要がある。

## 予備研究2`

予備研究2において

- それぞれの濃度内でくっついている割合に差があった。
- 検定につかう標準誤差はサンプルサイズに左右される(多い方が誤差が小さい)ため、値が大きくなってしまった。

以上のことからサンプル数を増やして信用性を高めるとともに実験濃度を増やして追実験をすることにした。

## 4-2`方法

水100 mlにアルギン酸ナトリウム(1.5 g、2.0 g、2.5 g、3.0 g、3.5 g、4.0 g)を入れてよく混ぜたものとアラビックヤマトを用いて実験2と同様に実験を行った。実験2と同様にImagejを使用して、二値化(白黒)して面積を計測した。計測した面積からそれぞれの濃度の糊の95%信頼区間を計算した。同等性マージンは10%とする。

## 変更した点

- 撮る時の明るさを統一して閾値を120に統一した。
- それぞれの濃度で12箇所を実験を行った。これは剥がす際の失敗等を考慮して最終的に有効なサンプル数を10前後にするためである。

## 5-2`結果

表5 1.5 g/水100 ml

全体	白	%
735065	60605	8.24
797544	112122	14.1
674635	35155	5.21
777796	70448	9.06
848068	104312	12.3
853420	71575	8.39
711770	65072	9.14
771628	73523	9.53
914640	141219	15.4
814968	115793	14.2

表6 2.0 g/水100 ml

全体	白	%
1582311	279826	17.7
1611820	532170	33.0
1582600	477902	30.2
1566470	334332	21.3
1629017	517342	31.8
1396395	64918	4.65
1565580	32193	2.06
1582560	297011	18.8
1452835	231423	15.9
1455077	533340	36.7

表7 2.5 g/水100 ml

全体	白	%
1555125	1107843	71.2
1565838	1054850	67.4
1604390	1009651	62.9
1588749	1079085	67.9
1626738	561754	34.5
1613790	822778	51.0
1555296	602188	38.7
1593018	312533	19.6
1606878	301697	18.8
1595283	748589	46.9

表8 3.0 g/水100 ml

全体	白	%
691237	476952	69.0
636622	370883	58.3
655944	447710	68.3
666128	488325	73.3
848700	664742	78.3
749805	510955	68.2
768645	594000	77.3
739398	458580	62.0
651484	444209	68.2
798860	486046	60.8
668192	440139	65.9

表9 3.5 g/水100 ml

全体	白	%
251664	40076	15.9
269255	229609	85.3
237750	168902	71.0
235458	200248	85.1
245850	135530	55.1
235950	182586	77.4
251370	224638	89.4
253215	140076	55.3
261888	70009	26.7
237948	184014	77.3

表10 4.0 g/水100 ml

全体	白	%
840088	668999	79.6
673935	563935	83.7
675436	584492	86.5
685776	564923	82.4
620160	405640	65.4
696320	486287	69.8
685776	564923	82.4
848232	684189	80.7
872900	748126	85.7
806780	640302	79.4
708500	640937	90.5

表11 アラビックヤマト

全体	白	%
731341	484212	66.2
680884	517650	76.0
663219	539008	81.3
821280	604831	73.6
744372	432286	58.1
694830	512113	73.7
689700	571929	82.9
748051	470646	62.9
712194	446361	62.7
716023	528597	73.8

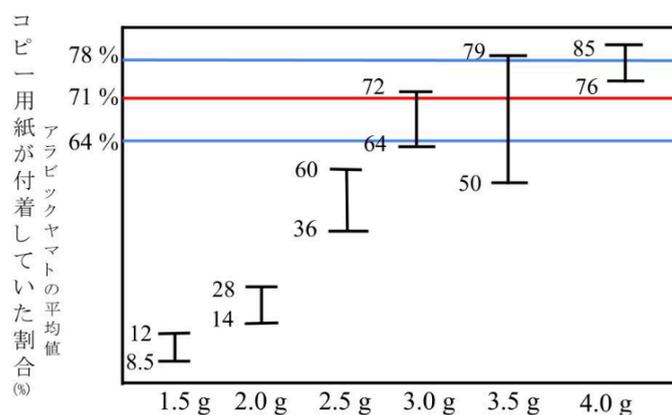


図5 アルギン酸ナトリウム糊 検定結果

## 6-2`考察

結果より、3.0 g、4.0 gでは非劣性があり、液体糊(アラビックヤマト)の付着率と比べて劣っていないと言える<sup>[1]</sup>。4.0 gでは同等性はないが優越性があるといえる。濃度が上がるごとに信頼区間の両方の値が(3.5 gを除いて)上昇していることから、濃度が大きくなるほど、付着する割合が増えていると言える。さらに濃度を増やしていった場合、ある程度の濃度で頭打ちになるまで付着率は上昇すると考えられるが溶かす労力を考えると、この範囲で考えるのが現実的。

## 予備研究3

### 4-3.方法

乾燥昆布からアルギン酸ナトリウムを抽出する実験

材料・道具(ビーカー、吸引ろ過装置、ガラス棒、乾燥昆布(2.5 g)、2 %過酸化水素水(200 ml)、炭酸ナトリウム水溶液(2.00 mol/L)、エタノール、希硫酸、水酸化ナトリウム水溶液(2.00 mol/L)

- 1) 昆布を水で戻し、細かく砕く
- 2) 2 %過酸化水素水に一晩漬ける
- 3) 脱色した昆布を水で洗う
- 4) 炭酸ナトリウム水溶液に一晩浸す
- 5) 昆布の抽出液を吸引ろ過する
- 6) 希硫酸を加えて、ゲル状のアルギン酸を析出する
- 7) 析出したアルギン酸のゲルを(5)と同様にろ過、蒸留水で洗浄する
- 8) 7)に炭酸ナトリウム水溶液を少しずつ加え、完全に溶かす
- 9) 8)にエタノールを大量に加えるとアルギン酸ナトリウムの白い沈殿ができ、それらを風乾する
- 10) 下記のアルギンナトリウム酸の確認方法を用いて検証する

確認方法

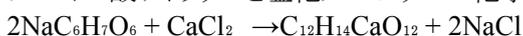
- アルギン酸ナトリウム水溶液に塩化カルシウム水溶液を加えると、下記の化学反応が起こり白い沈殿が生じるため、白い沈殿が発生したかどうかで確認を行う。  
$$2\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{CaO}_{12} \downarrow + 2\text{NaCl}$$

### 5-3.結果

抽出した物質を純水で溶かし、そこに塩化カルシウム水溶液を加えると、白い沈殿が発生が発生した。

## 6-3.考察

アルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムの化学反応式



結果より、 $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{CaO}_{12}$ (アルギン酸カルシウム)は不溶性であり、沈殿が生じることから昆布から抽出した物質はアルギン酸ナトリウムであると考えられる。

## **本研究1**

### **4-4.方法**

海岸に落ちている褐藻類(アカモク(*Sargassum horneri*))からアルギン酸を抽出する方法

材料・道具(ビーカー、吸引ろ過装置、ガラス棒、アカモク(2.5 g)、2%過酸化水素水(200 ml)、炭酸ナトリウム水溶液(2.00 mol/L)、エタノール、希硫酸、水酸化ナトリウム水溶液(2.00 mol/L))

- 1) アカモクを水で戻し、細かく砕く
- 2) 2%過酸化水素水に一晩漬ける
- 3) 脱色したアカモクを水で洗う
- 4) 炭酸ナトリウム水溶液に一晩浸す
- 5) アカモクの抽出液を吸引ろ過する
- 6) 希硫酸を加えて、ゲル状のアルギン酸を析出する
- 7) 析出したアルギン酸のゲルを5)と同様にろ過、蒸留水で洗浄する
- 8) 7)に炭酸ナトリウム水溶液を少しずつ加え、完全に溶かす
- 9) 8)にエタノールを大量に加えるとアルギン酸ナトリウムの白い沈殿ができ、それらを風乾する
- 10) 4-3.方法に記述したものと同様のアルギン酸ナトリウムの確認方法を用いて検証する

上記の方法でアカモクから2回アルギン酸ナトリウムの抽出を行った。

### **5-4.結果**

抽出した物質を純水で溶かし、そこに塩化カルシウム水溶液を加えると、白い沈殿が発生した。

### **6-4.考察**

結果より、沈殿が生じたため抽出した物質にはアルギン酸ナトリウムが含まれていると考えられる。風乾させた物質が薄茶色であったのは、2%過酸化水素水での脱色が十分にできていないためであると考えられる。2回目に抽出した物質の色を1回目の物質と比較すると2回目の物質のほうが色が白に近いため、脱色の工程を2回に増やしたことには一定の効果があると考えられる。

しかし、アルギン酸ナトリウム本来の色(白色)とは程遠いため、脱色がまだ不十分、もしくは不純物がしっかりと取り除けていないと考えられる。

脱色が不十分だった場合の原因として考えられること:

昆布やアカモクをはじめとする褐藻類には2種類の色素が含まれている。

1. クロロフィルa  
葉の脱色と同じように過酸化水素やエタノールで分解して脱色できる。
2. フコキサンチン(カロテノイド)  
抗酸化作用を持つ→酸化による脱色は厳しい  
熱や時間経過に弱い

本実験では過酸化水素を用いて色素を分解して色を抜いているため、抗酸化作用を持つフコキサンチンは脱色できなかったと思われる。一方で乾燥昆布を脱色できたのは乾燥昆布を作る過程でかなりの時間が経過しているからだと考えられる。

以上のことから打ち上げられたばかりの褐藻類でも熱せば脱色できるかもしれない。

## 本研究2

### 4-5.方法

アカモクから取ったアルギン酸ナトリウム糊を用いて研究2と同様に糊の強度実験を行う。

### 5-5.結果

アカモクから物質を抽出することができ、それを用いて行った強度実験は以下の通りとなる

表12 4.0 g/水100 ml

白	全体	割合
273454	721888	37.9
267832	662308	40.4
339201	732504	46.3
182896	703936	26.0
31556	666540	4.73
268707	714647	37.6
249394	745768	33.4
319228	750516	42.5
244745	740544	33.1
86458	714249	12.1

表13 5.0 g/水100 ml

白	全体	割合
33185	712728	4.66
329533	719610	45.8
320437	768117	41.7
316101	704916	44.8
242831	613770	39.6
65392	756792	8.6
331835	707544	46.9
303220	693594	43.7
146940	711892	20.6

表14 7.0 g/水100 ml

白	全体	割合
473084	731538	64.7
364340	743330	49.0
31200	758079	4.12
462494	665808	69.5
585889	790514	74.1
413989	759810	54.5
245934	774522	31.8
234448	575641	40.7
315038	702736	44.8
326758	648668	50.4

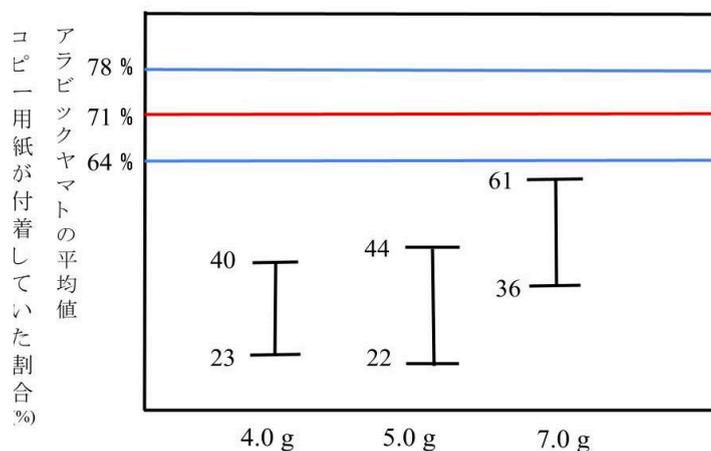


図6 作成した糊の検定結果

### 6-5.考察

結果より、すべての濃度で4.0 g、5.0 g、7.0 gでは同等性や非劣性がないと言える(図6)。

濃度が上がるごとに信頼区間の両方の値が上昇していることから濃度を大きくすると、付着率も上がっていく傾向にあるといえる。アカモクから取ったアルギン酸ナトリウム糊のほうがかつつく割合が全体的に小さい。本実験2からさらに濃度を大きくしていった場合、純粋なアルギン酸ナトリウムから作られた糊の付着率に近づくと考えられる。

## 7. 今後の展望

アルギン酸ナトリウムの本来の色は白色だが、今回の実験で抽出した物質は薄茶色だった。また、アカモクから抽出した物質とアルギン酸ナトリウムの糊の糊は同じ濃度では紙への付着率が純粋なアルギン酸ナトリウムのものの方が高かった。よって、アカモクから抽出した物質はアルギン酸ナトリウムの他にも不純物を含んでいると考えられる。より少ないアカモクからアルギン酸ナトリウムを抽出することができる方法を探す必要がある。

## 8. 参考文献

[1] 同等性・非劣性の解析(新谷歩) | 2012年 | 記事一覧 | 医学会新聞

[https://www.igaku-shoin.co.jp/paper/archive/y2012/PA02971\\_04](https://www.igaku-shoin.co.jp/paper/archive/y2012/PA02971_04)

[2] 接着剤の強度比較(村岡健太) [https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shvo-list/pdf/2008/chu\\_8.pdf](https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shvo-list/pdf/2008/chu_8.pdf)

[3] imagej <https://imagej.net/ij/>

# イチョウ由来シキミ酸含有抽出液のシロアリへの忌避作用の検討

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 6班

## 1. 背景

私たちの高校の周りには多くの*Ginkgo biloba*(以下イチョウ)の木がある。イチョウの葉は他の木に比べ葉が厚く、水分が多く含まれているため燃えにくく、焼却が難しい。またイチョウには分解を妨げるケイ素や有機酸が含まれている<sup>[1]</sup>ため、腐葉土になりづらい。そのため、処分が難しく、大量処分にはコストがかかってしまう。そこでイチョウの葉について調べた結果、先行研究よりイチョウの葉には防虫作用がある<sup>[2]</sup>ことがわかり、私達はその作用がイチョウの葉に含まれる「シキミ酸[図1]」という成分によるものではないかと考えた。また紅葉する前の緑の葉にシキミ酸が含まれていることや、シキミ酸を抽出することができたという先行研究はなかったため、抽出方法から検討し、成分同定を試みた。

## 2. 目的

イチョウの葉を有効活用する。

今回はシキミ酸に着目し、イチョウの葉からシキミ酸を抽出する。またシキミ酸が*Isoptera*(以下シロアリ)に対して忌避作用があるのか調べる。

## 3. 仮説

イチョウの葉の抽出液にはシキミ酸が含まれている。また、シキミ酸にシロアリに対する忌避作用があるならばイチョウの葉の抽出液にもシロアリに対する忌避作用がある。

## 4. 方法

### 【実験①】イチョウの葉の抽出液の作成

先行研究よりシキミ酸の概要<sup>[2]</sup>や別物質からのシキミ酸抽出の方法<sup>[2][3]</sup>が分かった。シキミ酸は水溶性の物質であり、植物の細胞膜の中に含まれている<sup>[4]</sup>ことから、イチョウの葉をすりつぶすことで細胞壁を壊し、シキミ酸を抽出できると考えた。このことから以下の方法でイチョウからシキミ酸の抽出を試みた。

1. イチョウの葉を5枚(生体重量3.28 g)採取する。
2. 採取した葉を乳棒・乳鉢を用いて粉碎し[図2]、純水10 mLを加える。
3. 濾紙とペットボトルで作った濾過装置で濾過を行い、液体を抽出する。[図3][図4]

### 【実験②】ガスクロマトグラフィー(以下GC)によるシキミ酸の検出<sup>[5]</sup>

抽出液の成分分析の方法として、他にも液体クロマトグラフィーや全有機体炭素測定などがあるが、今回は学校に機器があり分析がしやすい、また分析に使う試料が少なく済むことから、GCによる成分分析を行った。

1. 実験①で作成した抽出液(①の2では粉碎した葉を純水で濾過したが、GCによるシキミ酸の検出ではエタノールを用いて葉を濾過した)とシキミ酸をそれぞれ検査用の容器に少量入れる。
2. GCを用いてシキミ酸と抽出液の成分をそれぞれ調べる。
3. 得られたデータから、シキミ酸と抽出液の結果を比較する。

### 【実験③】抽出液のシロアリに対する忌避作用の有無の検証<sup>[6][7]</sup>

#### ○シロアリの採取

天神山児童遊園(厚木高校より徒歩10分程度)にある倒木した木の表皮をスコップで削り、シロアリを採取[図5]。採取したシロアリは、土や木の皮と一緒に虫かごで保管した。

今回の実験でシロアリを選んだのは、シロアリは害虫として知られているため、忌避作用を調べる必要性が高いこと、また学校近くにシロアリが採取可能な場所があったことが挙げられる。

#### ○シロアリの特性

シロアリは常に明るいところを避け、暗い所で生活する習慣がある。また、日光に弱く、日に当たると死んでしまう。そのためシロアリを弱らせないように以下の対策を行った。

【保管中】虫かごをアルミホイルで覆い、空気穴を何箇所か開けた。[図6]

【実験中】アルミホイルで巻いたダンボールをシャーレに被せた。[図7]

1. 濾紙を半分に切り、1つは純水と0.4%のシキミ酸水溶液、もう1つは純水と抽出液で浸し、シャーレに置く。
2. 採集したシロアリ15匹をシャーレの中央に置いて、1分ごとに写真を撮りそれぞれの領域にいるシロアリの個体数を記録し、それを30分間行った。[図8]. 1回だけでは平均的なデータが得られないと考えたため、後日シロアリを変えてもう1回実験を行った。



図1 シキミ酸試薬



図2 葉の粉碎の様子



図3 濾過の様子



図4 抽出液



図5 シロアリ採取



図6 虫かご



図7 ダンボール

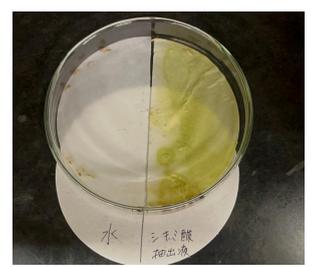


図8 実験③の様子

## 5. 結果

【実験②】GCで得られたグラフ[図9][図10]

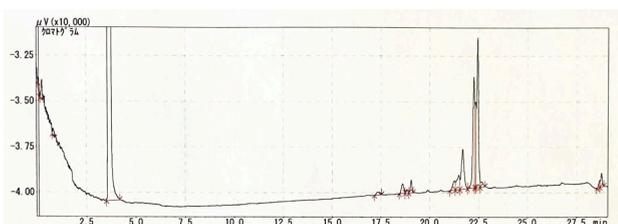


図9 GCによるシキミ酸の分析結果

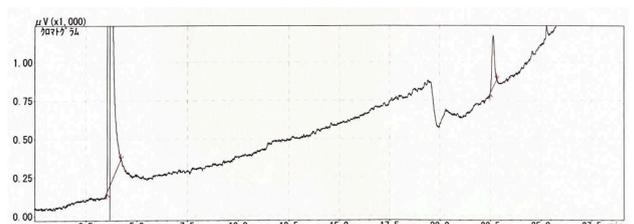


図10 GCによる抽出液の分析結果

抽出液をGCで分析した結果、シキミ酸と同じ位置(22.5分付近)にピークが見られた。

【実験③】忌避作用実験でのシロアリの動きを数値化した表[表1]

表1 実験③忌避作用実験のそれぞれの領域にいるシロアリ数(1回目と2回目の合計値)(匹)

---

経過時間(分)	純水	シキミ酸	純水	抽出液
0	15	15	17	13
1	13	17	15	15
2	14	16	20	10
3	17	13	20	10
4	19	11	17	13
5	14	16	21	9
6	12	18	20	10
7	16	14	16	14
8	14	16	21	9
9	19	11	20	10
10	19	11	19	11
11	20	10	22	8
12	14	16	20	10
13	14	16	16	14
14	18	12	20	10
15	18	12	14	16
16	21	9	21	9
17	20	10	14	16
18	16	14	20	10
19	18	12	17	13
20	14	16	20	10
21	19	11	19	11
22	15	15	19	11
23	15	15	23	7
24	21	9	20	10
25	20	10	19	11
26	17	13	20	10
27	15	15	21	9
28	18	12	18	12
29	18	12	18	12
30	20	10	18	12

経過時間(分)	純水	シキミ酸	純水	抽出液
合計	523	407	585	345
平均	8.7167	6.7833	9.7500	5.7500

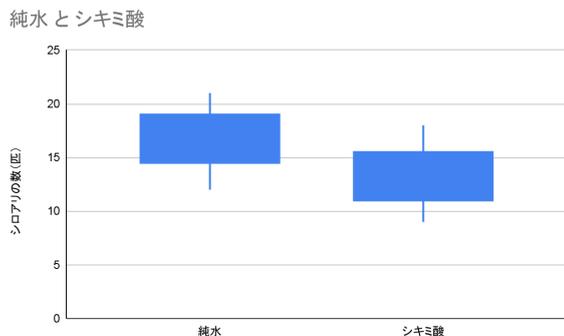


図11 表1の純水とシキミ酸の箱ひげ図

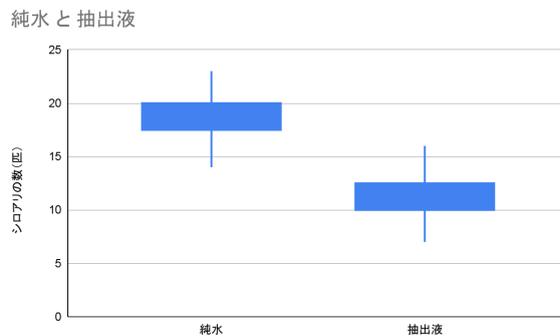


図12 表1の純水と抽出液の箱ひげ図

#### ○純水とシキミ酸

T検定の結果 $p(0.0000141)$ が有意水準 $\alpha(0.05)$ より小さいため、有意差があり帰無仮説が棄却される。よって純水とシキミ酸のシロアリに対する忌避作用には差があり、シキミ酸に忌避作用があると考えられる。

#### ○純水と抽出液

T検定の結果 $p(0.0000000)$ が有意水準 $\alpha(0.05)$ より小さいため、有意差があり帰無仮説が棄却される。よって純水と抽出液のシロアリに対する忌避作用には差があり、抽出液に忌避作用があると考えられる。

## 6. 考察

### 【実験②】

GCで得られたグラフにシキミ酸と同じ位置にピークが来ていたことから、抽出液にはシキミ酸が含まれていると考えられる。よってイチョウの葉からシキミ酸を抽出することに成功した。

### 【実験③】

シキミ酸にはシロアリに対する忌避作用があり、また抽出液にも忌避作用があることがわかった。

また今回の実験ではシロアリが明らかにシキミ酸や抽出液を避けることはなく、忌避作用が明確かどうかということが課題に挙げられた。この理由として、シキミ酸や抽出液の濃度が薄かった可能性があること、シキミ酸のシロアリに対する忌避作用は触覚では反応しない可能性があることなどがあるため、今後この課題について検討していきたい。

実験①,②,③より、イチョウの葉からシキミ酸を抽出することは可能である。また抽出液にはシキミ酸が含まれており、シロアリに対する忌避作用がある。

## 7. 今後の展望

シロアリがシキミ酸に対してどのように忌避反応を示しているのか調べる。また抽出液がシロアリ以外の害虫に対しても忌避作用を持っているか検討する。その他にも抽出液の成分や特性を調べ、忌避作用以外の活用方法を検討する。

## 8. 参考文献

[1]日本植物生理学会

[https://jspp.org/hiroba/q\\_and\\_a/detail.html?id=1494](https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=1494)

[2]藤田正博・臼杵豊展. “イオン液体を用いた植物葉からの天然有機化合物の新規獲得法”

[https://www.kanto.co.jp/dcms\\_media/other/backno7\\_pdf74.pdf](https://www.kanto.co.jp/dcms_media/other/backno7_pdf74.pdf)

シキミ酸についての概要と、イオン液体を用いたシキミ酸抽出の実験、シキミ酸の単離について

[3]Jeremy Just , Bianca J.Deans , Wesley J.Olivier , Brett Paull , Alex C. Bissember , and Jason A. Smith

“New Method for the Rapid Extraction of Natural Products:Efficient Isolation of Shikimic Acid from Star Anise”

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.orglett.5b00936>

乾燥させた八角をコーヒード豆で挽き、エスプレッソマシンを用いてシキミ酸を抽出

[4]試薬-富士フイルム和光純薬株式会社

<https://labchem-wako.fujifilm.com/jp/product/detail/W01W0119-1133.html>

[5]神奈川県立厚木高等学校 76期 2年A組 ヴェリタス11班”トマチン由来トマチンの農薬への利用の検討”

GCを用いてトマチンが含まれているのかを調べている。

[6]京都新聞 “「悪臭カメムシはミントが苦手」高校生が論文、大学から優秀賞“

<https://www.kyoto-np.co.jp/articles/-/126190>

京都府立園部高校生徒による、ミントのカメムシに対する忌避効果を調べた論文の授賞とその概要

[7]秋田県立横手高等学校 理数科2年 生物2班 八田琉羽 川島有紗 菅原来未 菅原美月 高木千怜 “クサギカメムシの忌避反応実験“

<https://yokote-h.info/cms/wp-content/uploads/2021/03/b2.pdf>

クサギカメムシが忌避反応を示す成分を特定する実験

図1 2023年9月14日 神奈川県立厚木高等学校第一化学実験室にて撮影

シキミ酸試薬の写真

図2,図3,図4,図8 2023年11月24日 同上

実験①を行っている最中の写真

図5 2023年10月31日 神奈川県立厚木高等学校より徒歩10分程度にある天神山児童遊園にて撮影

実験③において、シロアリを採取している最中の写真

図6,図7 2023年11月2日 神奈川県立厚木高等学校第一化学実験室にて撮影

実験③で使用する実験道具の写真

図9,図10 GCで得られたグラフをデータ化したもの

表1 忌避作用実験でのシロアリの動きを数値化したもの

図11,12 表1を箱ひげ図にしたもの

# 植物の葉の特徴と樹冠通過雨の量の関係性

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 7班 β

## 1. 背景

異常気象により急に雨が降ってくることがあり、傘を持っていないと濡れてしまうことがある。そこでどのような特徴の木が雨宿りに適しているのかということに焦点を当てて調べることにした。

## 2. 目的

葉序によって樹冠通過雨の量に差がでるのかを検証する。雨宿りに適した具体的な種の特定をする。

## 3. 仮説

葉序によって樹冠通過雨の量に差が出る。

葉序によって樹冠通過雨の分布に差が出る。

## 4. 方法

先行研究より、気を通す雨水の量は樹冠流量、樹冠通過雨量、遮断蒸発量によって決まるということが分かっているが<sup>[1][2][3]</sup>、今回はそのうちの樹冠通過雨量に着目し実験をする。

実際の木に雨が降ったときの様子の一部分を抜き出したと考えると、観葉植物にじょうろで水をかけて実験を行う。

葉の付き方には互生、対生、輪生の3種類があるが<sup>[4]</sup>、実験をする上で対生のモデル植物で都合の良いものが見つからなかったこと、街路樹の多くが互生と輪生であることから今回はその2つのみに絞って実験を行う。

モデル植物として

輪生:パキラ(パキラ・グラブラ)

互生:ベンジャミン(フィカス・ベンジャミン) の観葉植物を使用。

### 実験1[樹冠通過雨の量の差の実験]

使用した物

- ・観葉植物2種類(ベンジャミン、パキラ)
- ・100 mlビーカー8つ ・じょうろ
- ・50 mlメスシリンダー2つ ・1 Lカップ ・水1 L

方法

- 1 観葉植物の幹に沿って100 mlビーカー8つを幹に触れないように並べる
- 2 上からじょうろで1 Lの水をかけ雨を再現する
- 3 ビーカーに溜まった水の量を50 mlメスシリンダー2つを使用して測定する
- 4 1〜3の工程をパキラ、ベンジャミンの2種類で11回ずつ行う

※じょうろで水をかける向きについて、実際に雨が降っているときは一定の方向で降っているわけではなく風などにより様々な方向から雨が降ることを想定して、90°ずつ向きを変えながら水をかけた。

### 実験2[樹冠通過雨の分布の違いの実験]

使用した物

- ・観葉植物2種類(ベンジャミン、パキラ)
- ・食紅 ・新聞紙 ・スポイト ・500 mlペットボトル
- ・20 mlメスシリンダー

方法

- 1 鉢の上に幹の部分を切り取った白紙の新聞紙を置く
- 2 食紅で色を付けた色水20 mlをキャップに11箇所穴を開けたペットボトルで上からかける
- 3 色のついた面積 (植物の葉のついている部分の下、同心円状の中での面積) をimagej (面積を測定するソフト) で測定する
- 4 1～3を2種類で10回ずつ行う

## 5. 結果

実験1の結果(表1)から、F検定では等分散であることが分かり、この結果をもとにT検定を行ったところ樹冠通過雨の量に有意差が認められた。(表2)

表1 樹冠通過雨の差の量(単位はml)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目	平均
ベンジャミン	70	52.0	83.2	40.2	75.3	58.5	43.4	67.5	66.2	69.0	62.5	62.5
パキラ	38.2	34.1	44.8	48.4	51.3	57.9	53.8	26.2	26.3	53.5	30.1	42.2

表2 樹冠通過雨の量の差の検定結果

	有意水準	p値	分散
F検定	0.05	0.73	等分散
	有意水準	p値	有意差
T検定	0.05	0.0011	あり

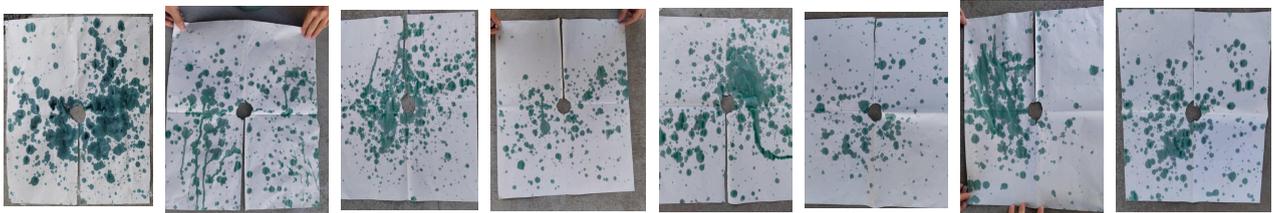
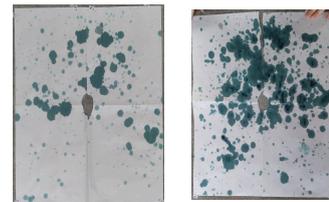


図1-1～11 ベンジャミンの実験2の結果

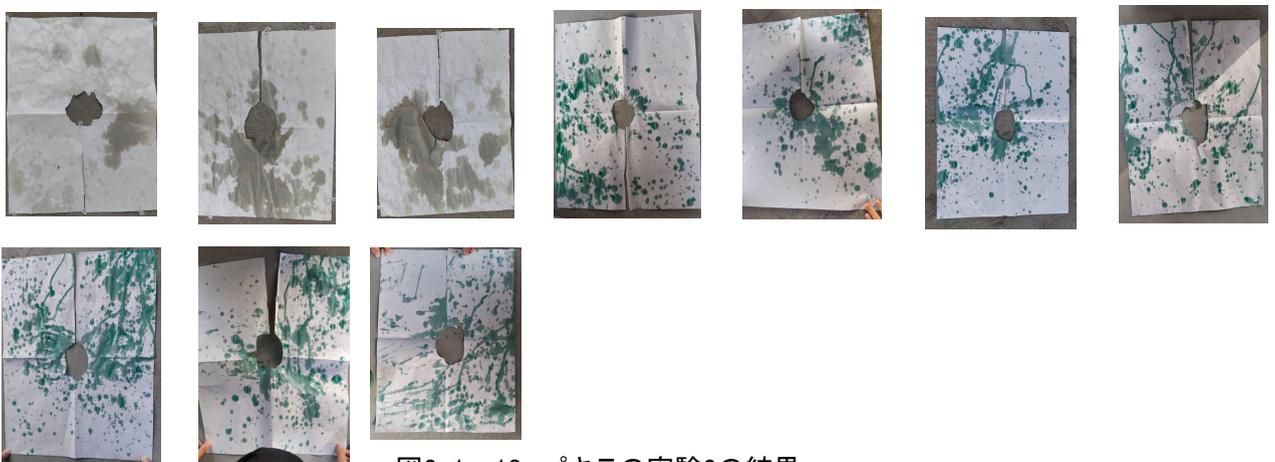


図2-1～10 パキラの実験2の結果

上の実験結果より、パキラは比較的一箇所にまとまっていてベンジャミンは全体に広がっているということが目視で確認できる。

また、実験2では、植木鉢から紙を取る際に色水が流れてしまったり葉に乗っていた水滴が落ちてきてしまったりしたため、面積を測る上で正確なデータを得ることができないと判断し、imagejを用いた検定は行わなかった。

## 6. 考察

結果1より、パキラの方が雨を通しづらいということが言える。

※雨の通しにくさに関して葉の面積や枚数等の他の要素も関連していると考えられるため、一概に葉の付き方によって雨の通し方に差が出るとは言い切ることができない。今回の考察はあくまでもベンジャミンとパキラを比べてのものになる。

結果2よりパキラは密度が低い部分以外はあまり雨を通さず、ベンジャミンは葉と葉の隙間から滴り落ちているということが言える。

※正確な検定が出来ず目視での判断になってしまったが、ベンジャミンは葉と葉の距離が大きく、パキラは距離が小さいということも結果2のようになった原因として考えられる。

2つを総合すると、葉の密度が同じ場合はパキラのような輪生の植物(葉と葉の距離が小さいもの)の下にいた場合が雨に濡れにくいと考えることができる。

## 7. 今後の展望

今回の実験ではそれぞれの葉序につき観葉植物1種のみでの使用であり、葉序という要素だけに完全に注目出来ていたとは限らないため、サンプル数を増やして実験する必要がある。また、葉の大きさや葉の表面の質感が雨の弾き度合いに影響を及ぼしている可能性も考えられるため、その点も考慮して実験を行えばさらに正確な結果を得ることができると考える。

## 8. 参考文献

[1]飯田真一「森林の遮断蒸発をはかる」<https://www.jstage.jst.go.jp/>

[2]服部重昭「竹林における降雨遮断特性」<https://agriknowledge.affrc.go.jp/>

[3]村井宏「森林植生による降水のしゃ断についての研究」<https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kanko/232-3.pdf>

[4]樹木検索図鑑「葉の付き方」[http://www.chiba-museum.jp/jyumoku2014/kensaku/hlp\\_ha2.html](http://www.chiba-museum.jp/jyumoku2014/kensaku/hlp_ha2.html)

# 銀杏の臭いをなくす消臭剤の作成

神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 8班

## 1. 背景

班員から厚木高校の敷地内に落ちている銀杏の実の匂いが気になるという意見が挙がり、実際に銀杏の実の匂いで気分が悪くなる、嫌悪感を抱くという厚木高校の生徒は他にも多くいた。イチョウが生えてくる前に薬品を撒いて育ったときに臭いを抑える薬品は既にあっただが、成長した銀杏の実に直接薬品をまいて影響を与えるものは存在していなかったため、自分たちで作ろうと考えた。

銀杏の臭いの原因は、主に酪酸( $C_4H_8O_2$ )とヘプタン酸( $C_7H_{14}O_2$ )であり、それぞれの化学式、構造式、モル質量が判明している。よって、中和することで臭いを消すことができるのではないかと考えた。

## 2. 目的

銀杏の実の臭いを中和反応で消すことで木を伐採することなく臭いの問題を解決する。

チョークの粉(炭酸カルシウム $CaCO_3$ )で中和することで学校の廃棄予定のチョークを有効活用する。

## 3. 仮説

銀杏の臭いの成分である酪酸とヘプタン酸をアルカリ性の物質で中和して中性にしたならば、銀杏の臭いは消える。

## 4. 方法

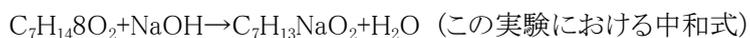
予備実験① 酪酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定

0.1 mol/L酪酸水溶液とフェノールフタレイン溶液、ビュレットに0.1 molの水酸化ナトリウム水溶液を入れ、フェノールフタレインが変色ビーカーになるまで水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。



予備実験② ヘプタン酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定

0.1 mol/Lヘプタン酸水溶液とフェノールフタレイン溶液、ビュレットに0.1 mol/L水酸化ナトリウム水溶液を入れ、フェノールフタレインが変色ビーカーにするまで水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。



予備実験③ 酪酸水溶液と炭酸カルシウム水溶液の中和滴定

1.5 倍に希釈した0.1 mol/L酪酸水溶液とフェノールフタレイン溶液、ビュレットにチョークの粉10 mlと水を50 mlを加えて作った炭酸カルシウム水溶液を入れ、フェノールフタレインが変色するまで炭酸カルシウム水溶液を滴下した。



予備実験④ ヘプタン酸水溶液と炭酸カルシウム水溶液の中和滴定

0.1 mol/Lヘプタン酸水溶液とフェノールフタレイン溶液、ビュレットにチョークの粉10 mlと水を50mlを加えて作った炭酸カルシウム水溶液を入れ、フェノールフタレインが変色するまで炭酸カルシウム水溶液を滴下した。

$2C_7H_{14}O_2 + CaCO_3 \rightarrow C_{14}H_{26}CaO_4 + H_2O + CO_2$  (この実験における中和式)

本実験① 銀杏の臭いを消す

校内にある銀杏の実を採取し、予備実験で使用した溶液をかけ中和した。

本実験② 環境に対する影響調査 生物に与える影響

生物室からミジンコ(*Daphnia magna*)をもらった。

酪酸、チョークの粉10 mlと水50 mlを混ぜて作った炭酸カルシウム溶液、炭酸カルシウム溶液と酪酸を中和した溶液を用意した。

それぞれの溶液を入れた3つの瓶に各5頭ずつミジンコを取り、比較的低温な暗所で遊泳阻害を観察し、発生した塩が環境に害があるかを確認した。

本実験③ 環境に対する影響調査 植物に与える影響

豆苗を栽培し、使用する溶液と水で成長に差があるかを調査した。

それぞれ大きさの等しい豆苗を8個用意し、中和後の溶液、水道水、純水、チョークの粉を溶かしたものを当てた。それぞれの成長速度と長さを観察し、記録した。また、ノンパラメトリック統計を用いてWMW検定を行った。

## 5. 結果

予備実験①

ビーカーから直接匂いを嗅いだところ、完全に消臭できているとは感じられなかったが、紙につけて嗅いだところ、不快な匂いは軽減されていた。

予備実験②

ヘプタン酸が水に溶けにくい性質をもつため上手く希釈ができなかった。

匂いとして酪酸の方が強いため、酪酸の中和だけで効果があると考え、酪酸のみで実験を行うことにした。

予備実験③

炭酸カルシウム水溶液を3 ml加えたときから匂いを感じなくなった。

予備実験④

予備実験②より、実験を行わなかった。

本実験①

銀杏の果汁を絞ったものに炭酸カルシウム水溶液をいれていき、pH値が6を示したとき、匂いは感じられなかった。

本実験②

炭酸カルシウム水溶液内のミジンコは、沈んだチョークの粉によって多少動きにくそうにしていたが、観察を続けたところ全匹生存が確認された。

### 本実験③

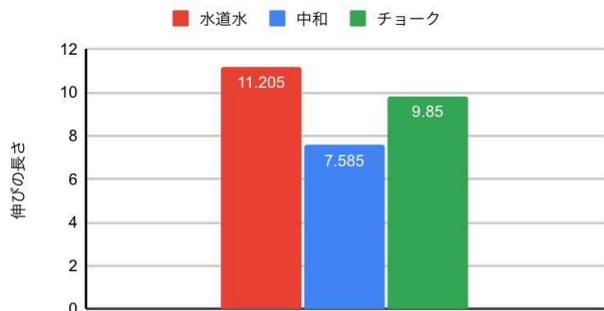


図1 チョーク溶液で成長した豆苗 図2 中和溶液で成長した豆苗 図3 水道水で成長した豆苗

図1 のように長さを6 cmに揃え切った豆苗は、どれも成長が見られた。

水道水	8.8	中和	10	チョーク	13
	15.6		6		13
	7.6		6		10.4
	13.5		5		8.2
	11.3		7		9.5
	10		8		8.3
	10		8.5		6.9
	9.6		7.5		7.8
	8		6.7		9.7
	8.2		4.5		9
	12.5		9		6
	16		9.5		7.6
	10.5		8		15
	13.5		10		13.7
	12		9		7.2
	12		7.5		8
	9.5		8.2		6.3
	11.5		7.5		16.1
	12		6.3		9
	12		7.5		9.6

それぞれの溶液での伸びの平均値



WMW検定の結果より水道水で育てたものと中和した溶液で育てたものでは有意差が見られた。またチョークの溶液で育てたものと水道水で育てたもの、中和した溶液で育てたものとチョークの溶液で育てたものでは有意差は見られなかった。

## 6. 考察

本実験①より、銀杏の不愉快な匂いは炭酸カルシウム水溶液との中和により消すことが可能。

※匂いの成分のヘプタン酸と酪酸では酪酸の方が匂いが強いと判断した。

本実験②より、溶液に入れたミジンコの動きに変化はなく、生存が確認できた。⇒溶液自体に生物への毒性はない。

本実験③より溶液で育てた豆苗は、検定の結果、有意差があったため、植物の成長に影響を及ぼすと考えられる。このことから、この溶液は除草剤等の効果が期待される。

## 7. 今後の展望

日常的に校内や道端に落ちている銀杏の臭いを消して、銀杏による社会問題を解決する。

木を伐採せずに銀杏の臭いのみを消し、イチョウ本来の、環境に強く寿命が長いという役目をはたすことができるため環境には影響なく社会的問題のみを解決できる。

中和に用いるアルカリの役割を果たす炭酸カルシウム(石灰)は、学校にあるチョークを使用するため、廃棄されるチョークの粉を利用することが可能になる。

また、中和の際に発生した塩の性質を調べたところ、周りの植物に影響はなく、環境に無害であるということが証明されたため、溶液を問題なく使用することができる。

## 8. 参考文献

[1]銀杏の臭いの成分

酪酸とヘプタン酸の性質

<https://halmek.co.jp/qa/1444#:~:text=>

[2]臭い対策の商品

クリビオ(育つ前に撒いて成長した後の匂いを消す)

<https://raku2osouji.jp/hpgen/HPB/entries/10.html>

[3]ミジンコ類に対する毒性、繁殖試験

遊泳阻害実験

[https://www.nies.go.jp/risk\\_health/seminar/text/h151128/text3-2.pdf](https://www.nies.go.jp/risk_health/seminar/text/h151128/text3-2.pdf)

<https://www.sc-sts.co.jp/service/biotoxicity/a-01-08/>

[4]豆苗の育て方

<https://www.murakamifarm.com/mvouken>

[5]医薬品が植物の成長に及ぼす影響の調査

[https://www.chuo-u.ac.jp/uploads/2022/01/usr\\_jhs\\_activity\\_award\\_winentries\\_21st\\_result\\_01.pdf?1660867200053](https://www.chuo-u.ac.jp/uploads/2022/01/usr_jhs_activity_award_winentries_21st_result_01.pdf?1660867200053)

# ソフトテニスのアンダーカットサーブにおける理想的なフォームの検討

## 神奈川県立厚木高等学校

2年 D組 9班 β

### 1. 背景

- ・76期生の研究発表を見てダートフィッシュを使用した研究に興味を持ったこと
- ・カットサーブの質を上げることで、より実戦的なものにしたいと思ったこと
- ・一般的に言われている「コツ」が本当に効果的であるか実証したいと思ったこと

### 2. 目的

アンダーカットサーブ時のスイング動作を分析し、

ボールの回転速度に与える影響を明らかにする。(実験1)

また、バックสปินによる上昇を考慮し、ボールがネットすれすれを超える軌道を描くようなインパクト時のラケットの角度を調べる。(実験2)

これらを踏まえて、最もバウンドが低くなるフォームを追求する。

### 3. 仮説

インパクトの位置を低くすれば、ボールの回転速度が速くなる

(腕全体を使ってスイングできるので回転速度を上げやすくなると考えたから。)

#### (実験1)

独立変数; インパクト時のボールの地面からの高さ

従属変数; バウンド比(ボールの回転速度)

(ボールは回転速度が速いほどバウンドが低くなるのが先行研究によって明らかになっているため(※1)、打ち出したボールの最高点( $h_{max}$ )とバウンドした高さ( $h$ )からバウンド比( $h / h_{max}$ )を求め、それを使用する)

#### (実験2)

独立変数; インパクト時のラケットの角度(地面とラケットのなす角)

従属変数; ボールの最高点の高さ

※ボールがネットを越えたかどうかも記録する。

### 4. 方法

#### 4-1 (実験材料)

使用用具

- ・ラケット
- ・ソフトテニスのボール
- ・メジャー
- ・撮影用スマートフォン3台
- ・動画解析ソフト(ダートフィッシュ)

撮影場所

- ・校舎裏のプール横テニスコート

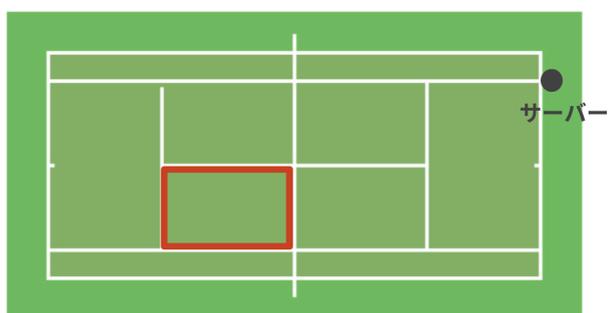
調査対象

- ・班員の3人(ソフトテニス経験者2人:川島 松井、未経験者1人:中尾)、その他の協力者  
(一度1人のみのデータを使用して検定まで行い、その後プレイヤーを変更し同じ実験を行う)

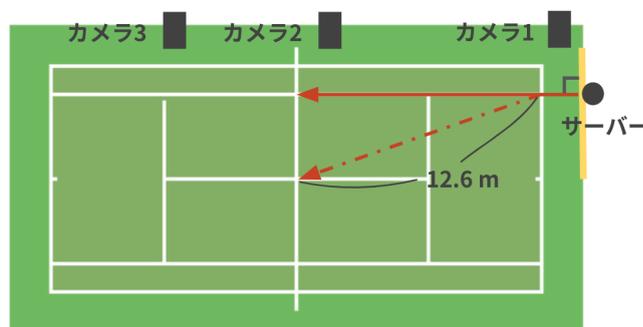
#### 4-2 (実験手順)

- 【1】プレイヤーがサーブを打ち、それを撮影する。
- 【2】ダートフィッシュで動画を解析し、ボールの地面からの高さのデータを得る。
- 【3】検定を行い相関関係があるか調べる。

#### 4-3 (撮影方法)



(図1 実際のサーブのイメージ)



(図2 変更した撮影方法とカメラの設置場所)

本来ソフトテニスにおけるサーブは(図1)のように逆サイドのサービスエリアにボールを入れる必要があるが、撮影や計測を簡略化するために、ネットの中央に向けて打つことを想定した上で、(図2)のようにサーバーの位置を0.7 m程度後ろにし、内側のサイドラインに沿ってネットに垂直な向きで打つように変更した。



(図3 カメラ1の撮影の様子)



(図4 カメラ2の撮影の様子)



(図5 カメラ3の撮影の様子)

#### 4-4 (実験時の留意点)

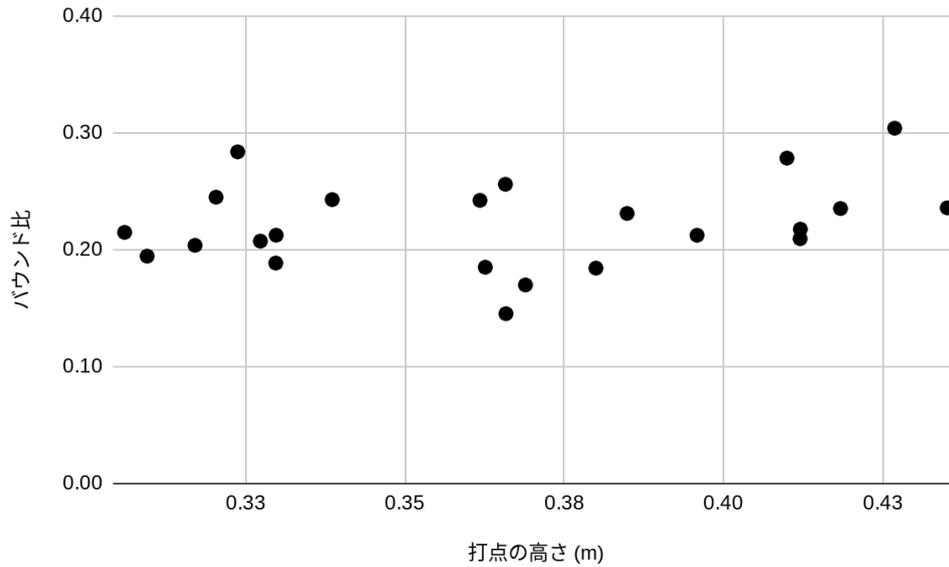
条件を一定にするため、以下を実験上の留意点とする。

- ・雨天時やコートが湿っている時、風の強い日などは計測を控える。
- ・ラケットは常に同じものを使う。ガットのテンションは28ポンド。
- ・ボールは、空気圧と表面の滑りにくさがほぼ同等のものをいくつか用意し、測定ではそれ以外のボールを使用しない。ボールの空気圧は、日本ソフトテニス連盟の競技規則(※2)に則り、150 cmの高さから落下させ70 cmの高さまでバウンドするように調整する。

## 5. 結果

### 5-1 (実験1の結果)

各試技においての打点の高さ、バウンド比の関係を散布図に示した(図6)。

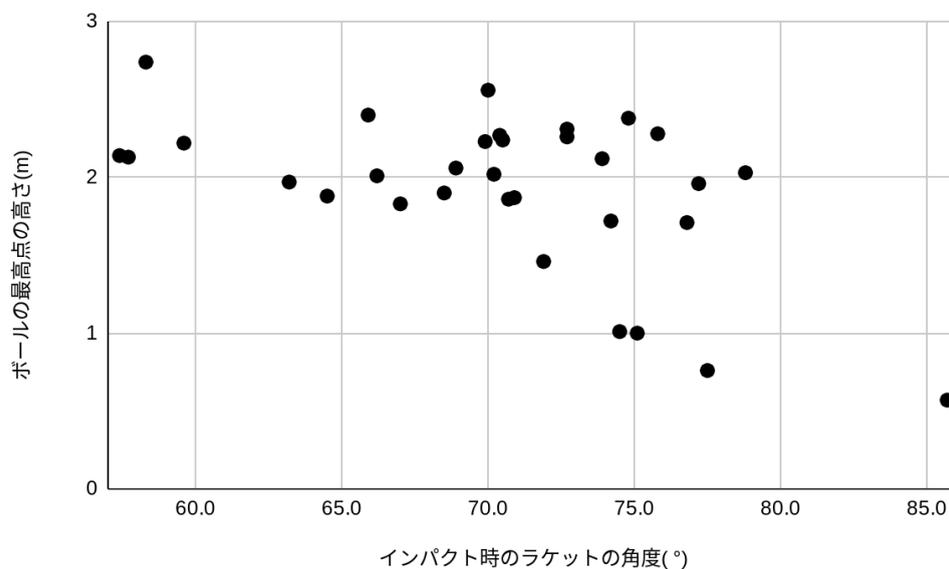


(図6 打点の高さとバウンド比の散布図)

これについて、帰無仮説を「母相関係数は0(無相関である)」、対立仮説を「母相関係数が0ではない(相関係数は統計学的に有意である)」とし、有意水準  $\alpha = 0.05$  で相関係数の仮説検定を行ったところ、相関係数  $r = 0.247459\dots$ 、t分布の確率  $p = 0.254951\dots$  となった。 $p > \alpha$  より、帰無仮説は棄却されず、打点の高さとバウンド比は統計学的に相関があるとは言えない。

### 5-2 (実験2の結果)

各試技においてのラケットの角度、ボールの最高点の高さの関係を散布図に示した(図7)。



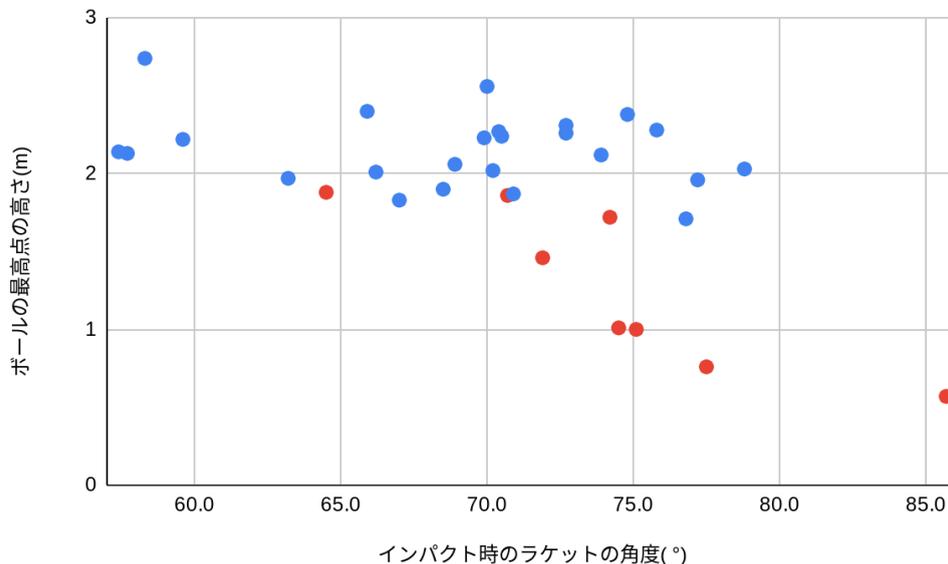
(図7 ラケットの角度とボールの最高点の高さの散布図)

これについて、帰無仮説を「母相関係数は0(無相関である)」、対立仮説を「母相関係数が0ではない(相関係数は統計学的に有意である)」とし、有意水準  $\alpha = 0.05$  で相関係数の仮説検定を行ったところ、相関係数  $r$

= -0.538178..., t分布の確率  $p = 0.006672...$  となった。 $p < \alpha$  より、帰無仮説は棄却され、ラケットの角度とボールの最高点の高さの間には統計学的に負の相関があると言える。

ラケットの角度が大きいほど、最高点の高さが低くなるということがわかったため、次はどの角度でぎりぎりネットを越えることができるのかを調べる。

(図7)のグラフで、ネットを越えたものは青色、越えなかったものは赤色で示した(図8)。



(図8 (図7)の散布図の着色)

## 6. 考察

### 6-1 (実験1の考察)

何かしらの要因によって間違った結果になっていると仮定したとき、次のことが考えられる。

- ・ダートフィッシュでの計測の際に発生する奥行きによる誤差  
(ダートフィッシュでは画面上での距離を測定するため、同じ高さであってもカメラの近くにあるか遠くにあるかで違った測定結果になる可能性がある。)
- ・人的要因  
(プレイヤーが人間である以上、常に一定のパワー、スイングスピードを維持することは難しい。)

### 6-2 (実験2の考察)

- ・ボールの最高点の高さを最低限低くし、ぎりぎりネットを超えることができるのは、「ラケットの角度が75° ~80° のとき」であると考えられるが、データ不足である。
- ・人的要因により断定はできない  
(球速が速いほうがネットを越える可能性は高くなるため。)

## 7. 結論

- ・「打点の位置を低くすれば、ボールの回転速度が速くなる」とは言えないが、あらゆる要因を考慮するとそれらの間に全く関係が無いとも言えない。
- ・インパクト時のラケットの角度は75° ~80° の間が最も理想的である。しかし、人的要因が大きく影響してしまうため断定はできない。

## 8. 今後の展望

- ・より多くの正確なサンプルを得た上で検定を行う。
- ・できるだけ人的要因やその他の要因を排除した実験方法を模索する。

・フォームは人によって異なると考えられるため、実験方法の変更により改善が見られた場合はプレイヤーを変えて複数同じ実験を行うことで信頼性を高める。

## 9. 参考文献

※1「ソフトテニス・アンダーカットサービスのキネマティクスの分析」(PDF)

[https://hokusho.repo.nii.ac.jp/?action=repository\\_action\\_common\\_download&item\\_id=1331&item\\_no=1&attribute\\_id=22&file\\_no=1](https://hokusho.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=1331&item_no=1&attribute_id=22&file_no=1)

※2「日本ソフトテニス連盟 - ソフトテニスハンドブック」(PDF) 10ページ目

[http://www.soft-tennis.com/shiga/2\\_HSAF/H31/handbook.pdf](http://www.soft-tennis.com/shiga/2_HSAF/H31/handbook.pdf)