

蜃気楼

～仕組みと条件を探れ～

研究者 2年 4組 25番 橋元舞生
2年 1組 8番 川妻愛子

1. 研究目的(問題意識)

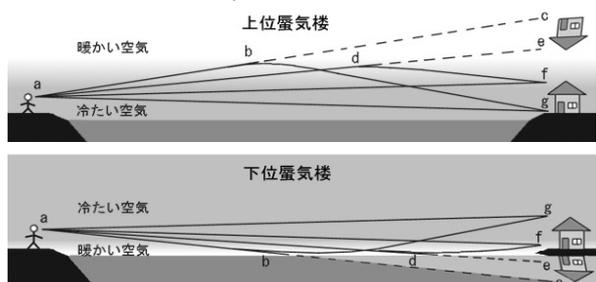
蜃気楼という神秘的な現象は、光の屈折が関係している。仕組みが気になり調べてみたところ、蜃気楼は空気温度差や、密度差による光の屈折が引き起こしていると思った。ただ、蜃気楼ができる条件は完璧に解明されている訳ではなく、実際に蜃気楼を作り出し、仕組みに触れてみたいと思い、本研究を設定した。

2. 現状(先行研究の分析)

(1) 蜃気楼とは

蜃気楼は、大気中の温度差、つまり密度差によって光が屈折を起し、遠方の風景などが伸びたり反転した虚像が現れる現象。密度の大きい空気中を通る時、光の速さは遅く、逆に密度が小さい空気中を通る時、光の速さは速くなる。だから光は屈折し、遠方の風景が伸びたりするのだ。また、蜃気楼が見られる場所は海岸沿いが多いことも知られている。

蜃気楼には大別して上位蜃気楼と下位蜃気楼の2種類がある。上位蜃気楼は実際の風景の上側に伸びや反転した虚像が見えるもの。下位蜃気楼は逆に、実際の風景の下側に虚像が見える。1)



(図1) 上位蜃気楼と下位蜃気楼

(2) 水槽の中の蜃気楼

蜃気楼に関する実験を自分たちで行うことができるよう、飽和食塩水と水を利用してその密度差によって蜃気楼に似たものを作り出すことができるという実験を参考にした。2)

飽和食塩水は水よりも密度が大きいため、水を張った水槽に静かに注ぎ入ると水槽の底に沈澱し層を形成する。これにより、水槽を通して見ると上位蜃気楼に似た現象を観測できる。

3. 本研究の流れ、研究方法

(1) 本研究の流れ

私たちは、蜃気楼の仕組みと条件について理解するため、蜃気楼を再現することを目標とする。そのために、食塩水と水で密度差を作る実験として実験①と実験②を、同じ物質の温度差で密度差を作る実験として実験③、実験④、実験⑤を行った。

(2) 実験方法

① 食塩水と水による層の形成

層がわかりやすいように着色した飽和食塩水2Lを用意する。水槽に2Lの水を入れ、漏斗とチューブを用いて静かに

水槽の底に飽和食塩水を注ぐ。

飽和食塩水が水と混ざらず、水槽の底に溜まって層を形成するかを観察する。さらに、層が出来た場合、水を通して虚像が見えるかを確認する。

層が形成される水槽の大きさも調べる。

② 障害物がある場合の層の形成

障害物に見立てて、ビー玉や、粘土を詰めたスクリー管を水槽の中に配置し、①と同様の実験をする。障害物が層の形成に影響するかどうかと、虚像が見えるかどうかを確認する。

③ 温度差による層の形成(洗濯糊)

高温ではピンク色、低温では青色になる、サーモインクを利用する。サーモインクを入れた洗濯糊を用意する。洗濯糊を2つに分け、一方は冷蔵庫で冷やし、もう一方は湯煎で温めて、インクの色が変わったことを確認する。中央に仕切りを差し込んだ容器の両側にそれぞれ冷たい洗濯糊と温かい洗濯糊を入れ、一気に仕切りを外す。温かい洗濯糊と冷たい洗濯糊が層を作るかどうかをインクの色によって観察する。

④ 温度差による層の形成(水)

氷水と熱湯を用意し、それぞれにサーモインクを入れる。インクの色が変化したのを確かめてから、③と同様に実験をする。洗濯糊よりも粘り気が少ない水では層は作ることができるかを確認する。

⑤ 温度差による層の形成(空気)

空気を用いて温度差で層を作るかを調べる。仕切りをつけた容器の両側に熱湯と氷水をそれぞれ少量ずつ入れ、氷水の法に線香の煙を入れて蓋を閉める。仕切りを素早く引き抜き、線香の煙を観察することで冷たい空気の動きを観察する。

4. 結果・考察

(1) 実験結果

① 食塩水と水による層の形成

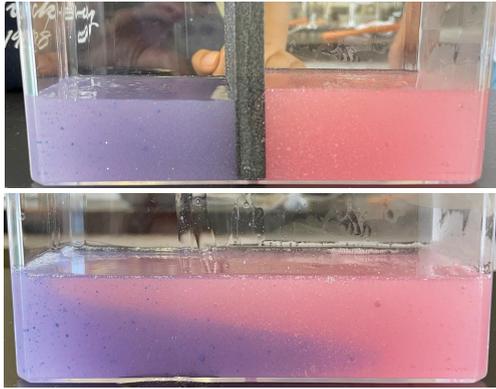
食塩水をクリップを使ってゆっくりと流し入れると水とは混ざらず沈んで層ができた。ビーカーやメスシリンダーではなく、幅30cmの大きな水槽が最も層が出来やすかった。さらに、水を通して見た景色が伸びているのが確認できた。約2時間後、2つの層の間に第3層が形成されたが、完全には混ざらなかった。

② 障害物がある場合の層の形成

障害物にあたった食塩水は波立ったが水と混ざるほどではなく、最後には層が形成された。実験途中でスクリー管が浮いてしまったが、層に影響は出なかった。実験方法について、漏斗の代わりに分液漏斗を利用して食塩水を注ぎ込むと層は揺らぐがより安定して形成された。

③ 温度差による層の形成(洗濯糊)

ピンク色の温かい糊が冷たい糊の上にせり出していき、くっきりと別れた状態で17分以上保たれた。



(図2) 実験③の過程

④温度差による層の形成(水)

お湯が水の上にせり出すのが糊より早かったが、糊と同じように分離し層を形成した。5分間層を保ち、その後壁面に沿ってピンクの足が伸びるようにして混ざった。

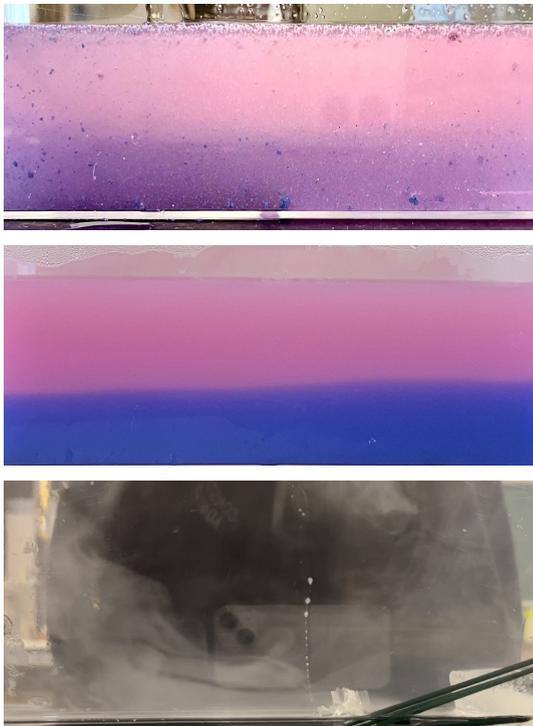
⑤温度差による層の形成(空気)

暖かい空気(透明)が冷たい空気(煙)のうえにせり出し氷水の上に一瞬層ができたかのように見えた。しかし、冷たい空気(煙)は熱湯がある方の壁面にぶつかって上昇し、対流が起きてすぐに温かい空気と混ざった。

(2) 考察

小さい容器では食塩水と水が混ざりやすかったことから、小さい空間の方が対流が起こりやすく層はできにくいと思われる。しかし、多少の障害物は層の形成に影響しない。層の形成に深く関わっているのは対流である。

温度差による分離については、粘り気が小さいほど層を保つ時間が短い。さらに、水を用いた実験では境界面がはっきりと観察されたが、空気の実験では曖昧であったことから、実際の蜃気楼においても境界面は曖昧なのではないかと考えられる。



(図3) 洗濯糊、水、空気の境界面

5. 新たな仮説

(1) 蜃気楼が海岸沿いでよく見られる理由

先述した通り、空気の層の形成は対流と深い関連を持っている。だから、広く障害物が少ない海上に空気の層が発生し、海岸沿いで蜃気楼が見えるのではないかな。

(2) 蜃気楼が雨の日も発生する理由

対流が空気の層に関係するという事は、蜃気楼を見ることのできる重要な条件として風の強さが挙げられる。だから、雨の日であっても風が弱ければ蜃気楼を見ることができるとはならないかな。

6. 今後の課題

今回の研究では仮説を立てることができただけで、その検証ができていない。今後、より詳しく物理を学んだり、大学で専門的な知識を蓄えることで検証方法やより適切な根拠を見つけることができると良いと思う。

7. 謝辞

今回の研究に関わって、青木義光先生、深井有紀先生にたくさんの助言をいただきました。本当にありがとうございました。

8. 引用・参考文献

1)魚津埋没林博物館 蜃気楼のしくみ

<https://www.city.uzo.toyama.jp/nekkolnd/shinkiro/index.html>

2)水槽で蜃気楼を作る!!

<http://www.biwa.ne.jp/~t-ban/jinkousinkirou.htm>

コーヒーの抽出を数学的に分析する

—抽出過程の数式化と味を変化させる要因の考察—

研究者 2年 1組 15番 氏名 島田俊作

1. 研究目的

私たちが毎日飲んでいるコーヒーは、淹れ方によって濃度や味が変化することがあらゆる文献で述べられている。しかし、濃度や味の変化は飲む側の感覚に依るところが大きく、客観的な分析は難しい。この課題研究は、理論的に味をコントロールする為に、抽出のプロセスを数式で表すことを目標としてその結果を報告したものである。

2. 先行研究の分析

(1) 文献調査

コーヒーの味に影響する条件には、焙煎度や豆の産地、温度などが深く関わってくるが、今回は抽出時に関係する条件に着目する。

- ・同じ条件で抽出した場合、より細かくすれば液体の濃度は上昇し、粗くすれば液体の濃度は下がる。1)
- ・フィルターベッド(粉体層)の深さは抽出時間に影響を与え、ドリップコーヒーの味わいに大きな影響を与える。1)
- ・流速は抽出液の濃度感に影響する。1)
- ・速度で味が大きく変わる。2)
- ・流量はコーヒーの味わいに少なからず影響を与える。1)
- ・中心から円を描くように外へ湯を注ぐ。2)

(2) リブの効果について

・リブが長い方がお湯の抜けが良くなる。1)
→つまり、リブがあるとフィルターが浮く為、フィルターを通過することによって粉体層を通らずに下へ抜ける湯が存在し、お湯の抜けが速くなると思われる。
以上より、抽出に影響を与える条件は「粉の量、粉の密度、湯量、速度、注ぎ方、リブの有無」だと思われる。よって、この条件を変数となるようにして式を導出する。

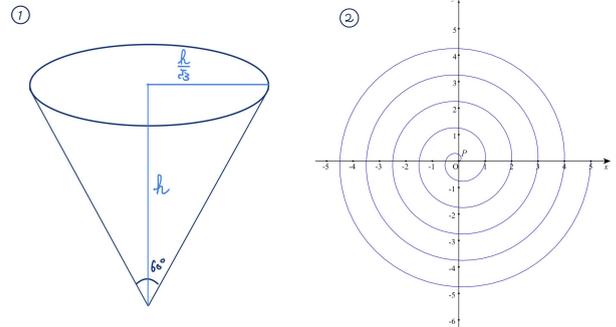
3. 研究方法

・数式の導出における前提事項

研究のため、簡略化したモデルを用いて計算を行う。

前提条件は以下の通りである。

- ①ドリッパーの形状は 60° の円錐形(ハリオ式)とする。
- ②湯を注ぐ軌跡は螺旋状($r=a\theta$ で表される)とする。
- ③湯を注いだ時、即座に浸透が始まるものとし、粉の表面には湯がたまらないものとする。
- ④フィルターを抜けた湯はドリッパー内には戻ることはなく、抽出には影響しないとする。
- ⑤底面の穴は十分大きく、下部に到達した湯は即座に下へ抜けるものとする。
- ⑥湯は注がれた点から垂直に浸透するものとし、壁に到達した時点で壁に沿って浸透するものとする。



4. 結果・考察

(1) 導出

①湯の流れる軌跡の長さ

粉の量を n (g)、粉の密度を d (g/cm)とする時、中心部の高さ h は

$$h = \sqrt[3]{\frac{9n}{d\pi}}$$

このモデルにおいて、浸透は垂直部分と斜面部分の二つに分けることができる。中心から r だけ離れた点において、垂直部分の長さは $h - \sqrt{3}r$ である。また、湯を注ぐ螺旋の間

隔を a 空けるとすると、 $r = \frac{a\theta}{2\pi}$ となる。

②定義域

r の最大値がドリッパーの半径なので、 θ の定義域は

$$0 \leq \theta \leq \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}}$$

③ある一点に注がれる湯量

螺旋の長さは $\theta = \alpha$ 時点で

$$\frac{a}{2} \left(\alpha\sqrt{1+\alpha^2} + \log_e \left(\alpha + \sqrt{1+\alpha^2} \right) \right) \quad \text{よって総距離は}$$

$$\ell = \frac{a}{4\pi} \left(\alpha\sqrt{1+\alpha^2} + \log_e \left(\alpha + \sqrt{1+\alpha^2} \right) \right) \quad \alpha = \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}}$$

湯量を w とすると、ある一点に注がれる湯量は

$$w' = \frac{4\pi w}{a} \left(\alpha\sqrt{1+\alpha^2} + \log_e \left(\alpha + \sqrt{1+\alpha^2} \right) \right)^{-1} \quad \alpha = \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}}$$

④粉体内の速度

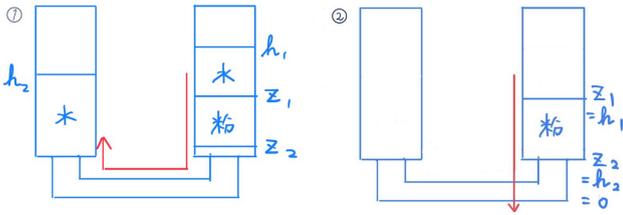
コーヒー粉は多孔質の透過性物質であるので、土壌物理学の「ダルシーの法則」を適用する。1)

【ダルシーの法則】

$v = ki$ (v :見かけの浸透流速、 k :透水係数、 i :動水勾配) ま

$$v = \frac{h_1 - h_2}{Z_1 - Z_2} k$$

た、...①のように表すこともできる。今回は②のように下に流れるので、式は $v = k$ である。3)



⑤リブを考慮しない場合の抽出公式
湯がドリッパーの壁に到達する前後で二つに分ける事ができる。

(ア)到達する前(垂直部分)
長さ、速度、かかる時間はそれぞれ

$$h - \sqrt{3}r, k, \frac{1}{k}(h - \sqrt{3}r)$$

(イ)到達した後(斜面部分)
長さ、速度、かかる時間はそれぞれ

$$2r, \frac{\sqrt{3}}{2}k, \frac{4r}{k\sqrt{3}}$$

(ウ)全体
それぞれの結果から、どの点にも一定の湯量が注がれる
(=w')時、抽出時間をx軸、湯量をy軸にとると、

$$x = \frac{1}{k} \left(h + \frac{a\theta}{2\pi\sqrt{3}} \right) \quad \left(0 \leq \theta \leq \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}} \right)$$

y=w' というグラフが書ける。

⑥リブを考慮する場合の抽出公式

(ア)垂直部分
リブは関係しない。

(イ)時間とフィルターの透過率の関係
フィルターの透過率(一秒間にフィルターを通過する湯の割合)をpと置くと、フィルターに接触してからt秒後のドリッパー内の湯量は

$$(1-p)^t w'$$

抜けた量は

$$w'(1 - (1-p)^t) \dots \textcircled{1} \quad \text{この時、}$$

「ある一瞬に通過する湯量」
→積分すると「ある時間までに抜けた湯量の和」より、
w'とpを定数とみなし、①をtについて偏微分して
-w'(1-p)^t log_e(1-p)

この結果より、ある点θにおいて、抽出時間をx軸、湯量をy軸にとると、

$$x = \frac{1}{k}(h - \sqrt{3}r) + t \quad \dots \textcircled{2}$$

$$y = -w'(1-p)^t \log_e(1-p) \quad 0 \leq t < \frac{4r}{k\sqrt{3}} \quad \dots \textcircled{3}$$

$$y = (1-p)^t w' \quad t = \frac{4r}{k\sqrt{3}} \quad \dots \textcircled{4}$$

しかし、これはリブを考慮しない式と違い、ある一点でのグラフである。そのため全てのθの範囲を合計したグラフに変える必要がある。

(ウ)θ全体への拡張
②を変形して③に代入すると

$$y = -w'(1-p)^{x \frac{h - \sqrt{3}r}{k}} \log_e(1-p) \quad r \text{に代入すると}$$

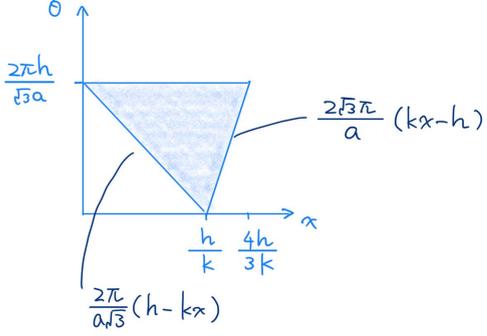
$$y = -w'(1-p)^{x \frac{h + a\theta\sqrt{3}}{k} + \frac{a\theta\sqrt{3}}{2\pi k}} \log_e(1-p) \quad \dots \textcircled{5}$$

この式はθ(位置)とx(時間)の二変数関数である。
つまり、グラフで表すと3次元となるわけであるが、この内θ方向は全て合成してy-xの平面にしたい。そこでθ軸方向への積分を試みる。この時、定義域は

$$\frac{1}{k} \left(h - \frac{a\theta\sqrt{3}}{2\pi} \right) \leq x \leq \frac{1}{k} \left(h + \frac{a\theta}{2\pi\sqrt{3}} \right) \quad \left(0 \leq \theta \leq \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}} \right)$$

とxの定義域がθ依存となっている。この状態ではθ軸方向への積分は難しい為、θの定義域をxで表す。

まず、θ-x平面を取り出して定義域を図形で表すと、



となる。ここから、θ方向の定義域を導けるので、

$$0 \leq \theta \leq \frac{h}{k} \quad \text{のとき} \quad \frac{2\pi}{a\sqrt{3}}(h - kx) \leq \theta \leq \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}}$$

$$\frac{h}{k} \leq \theta \leq \frac{4h}{3k} \quad \text{のとき} \quad \frac{2\pi\sqrt{3}}{a}(kx - h) \leq \theta \leq \frac{2\pi h}{a\sqrt{3}}$$

ここから、⑤の式をθで積分

$$b = \frac{2\pi}{a\sqrt{3}} \quad \text{とおくと}$$

$$-w' \int_{b(h-kx)}^{bh} (1-p)^{x \frac{h + \theta}{k} + \frac{\theta}{bk}} \log_e(1-p) d\theta \quad \text{と}$$

$$-w' \int_{3b(kx-h)}^{bh} (1-p)^{x \frac{h + \theta}{k} + \frac{\theta}{bk}} \log_e(1-p) d\theta$$

よって、

$$y = -w'bk \left((1-p)^x - 1 \right) \quad \left(0 \leq x \leq \frac{h}{k} \right)$$

$$y = -w'bk (1-p)^x \left(1 - (1-p)^{3x \frac{4h}{k}} \right) \quad \left(\frac{h}{k} \leq x \leq \frac{4h}{3k} \right)$$

の二つの式が導出される。また、中心から抜ける量はこの式に従わないので、その分を追加する。

(2)結果

(ア)リブなし

$$y=w' \left(\frac{h}{k} \leq x \leq \frac{4h}{3k} \right)$$

(イ)リブあり

$$y=-w'bk(1-p)^x \cdot (1-p)^{\left(0 \leq x \leq \frac{h}{k}\right)}$$

$$y=w' \left[-bk(1-p)^x \left(1 - (1-p)^{3x \cdot \frac{4h}{k}} \right) + (1-p)^{4 \left(\frac{x \cdot h}{k} \right)} (\log_e(1-p) + 1) \right] \left(\frac{h}{k} \leq x \leq \frac{4h}{3k} \right)$$

※但し、 $p > 1/e$ の時 $(1-p)^{4 \left(\frac{x \cdot h}{k} \right)} (\log_e(1-p) + 1)$ の項は考えない。

(3)考察

透水係数kは粒子の大きさや間隙率などに影響される。導出はCreager式、Hazen式などが有名であるが、そのどちらも特殊な条件での提案値であることから、今回は

$$k = 5.2 \cdot (D30)^{1.5} \cdot (Uc)^{-0.8} \cdot n^{4.4} \quad 4)$$

(D₃₀:30%粒度、Uc:均等係数(D₆₀/D₁₀)、n:間隙率)

を採用する。よって、最終的に変数となったのは、

n:粉の量、d:粉の密度、w:湯量、a:注ぐ間隔、p:透過率、D:粒度(均等係数も粒度より求まる)、n:間隙率

である。以降は、それぞれの変数が与える影響について考察をしていく。

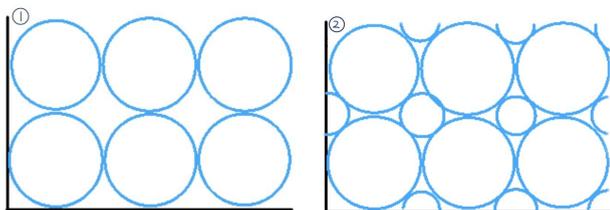
①定義域への影響

定義域に影響するのはhとkである。 $h = 3 \sqrt{\frac{9n}{dn}}$ より

含まれるのはk(D₃₀、Uc、n)、n、dの5つ。この内、増加すると時間も増加するもの→Uc、n(粉の量)...(ア) 増加するとbが減少するもの→D₃₀、n(間隙率)、d...(イ) (ア)Uc、nについて...以下の考察ができる。

Uc:粒度にばらつきがある方が時間がかかる。

これは、粒子の大きさが均等でない方が間隙率が小さくなるからだと考えられる。図示すると、粒子が均等な①よりもばらつきのある②の方が密度が高く、水が通過するのに時間がかかるためであると考察できる。



n:粉の量が多くなるほど時間がかかる。

粉の量が増えるほど体積が増えるため(間隙率一定)、単純に注ぐ距離、湯の流れる距離が伸びる為に時間がかかるようになる。

(イ)D₃₀、n、dについて

D₃₀:粒子が小さい方が時間がかかる。

均等係数に使われるD₁₀、D₆₀、と併せて考えるべきではあるが、その中間でもある30%粒度を粒度全体の代表値として取った時、小さいほど間隙が少なくなり、より時間がかかると思われる。

n:間隙率が小さい方が時間がかかる。

間隙率は全体に対する間隙(隙間)の割合を表す。つまり、この値が小さいほど密である。ここから、間隙率が小さいほど空間が少なくなるため時間がかかる。

d:密度が小さいほど時間がかかる。

ここでの密度は「粉のみ」であることに留意する。つまり、粉の重さを一定にした時、密度が小さいほど体積が大きくなる為に、湯の通過する距離が長くなるため時間がかかることを表している。体積を一定にした場合は密度を小さくすると粉の量が減るため、(ア)に記したように変化する。

②抽出公式への影響

(ア)リブなし

xに関係なくw'で一定である。

(イ)リブあり

・前半部分について...変数はw'、b、k、pである。

w':湯量が多いほど傾きが大きくなる

傾きが大きくなる、というよりは全体的に湯量が増えたという方が近いと思われる。元々湯量が多いほど増える割合も大きくなり、結果として傾きが大きくなる。

b:注ぐ間隔が狭くなるほど傾きが大きくなる。

bに含まれる変数aによるものであるが、aが小さくなる、つまりbが大きくなると同時にxの定義域は狭くなる。そのため、傾きが大きくなる=定義域が狭まり最頻値に多く集まることになる。

k:大きくなると傾きが大きくなる。

bと同様、大きくなるとxの定義域が狭まるために最頻値に多く集まる。つまり、速度が速くなるほど抽出速度は一定になる。

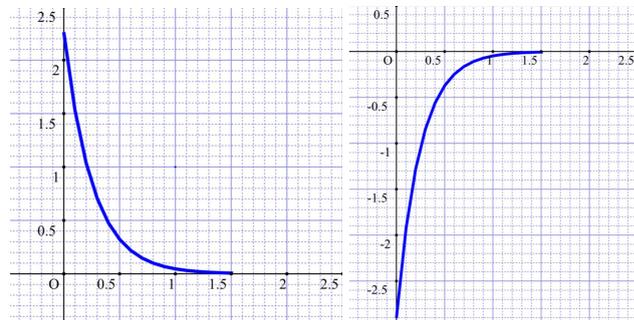
p:傾きが急な部分と平坦な部分に分かれるように形が変化していく。

フィルターを通過した湯量が増えるほど、抽出時間が少ない方に多くお湯が集まるようになる。そのため、抽出時間が少ない前半部分に湯量が多く集まる。

・後半部分について...変数はw'、b、k、p、hである。

前半の項は指数部分を見ればわかるように、基本的には前半部分と同じ形である。しかし、指数部分が4倍されていることから傾きが急であり、また正負が逆転する。つまり、変数の変化は前半部分と逆だと考えれば良い。

後半の項は中心部分から抜ける湯量を追加した項でグラフで表すと以下ようになる。



このグラフが表すのは「フィルターを抜けなかった湯量」であるため、pが大きいほど傾きは正の方向に大きくなる。またp=1/eを境に値域が負になる(=中心から抜ける湯がなくなる)ので、p>1/eの時、この項は0となる、という条件を追加しなければならぬことがわかる。他に、

・kが大きくなるほど傾きは緩やかに/変化は小さくなる

→速くなると抜ける速度のばらつきが小さくなる為
• w' 、 h は大きくなるほど傾きが急になる
→湯量、距離が伸びると差がわかりやすくなるため
ということもわかる。

5. 自分の提案

(1) 提案1:事前研究の考察

まとめると、以下のことがわかった。そこから導ける提案と共に記述する。

- 粒度にばらつきがある方が時間がかかる
但し、この条件で抽出時間を変えるのはお勧めしない。
「狙った粒度に比べて大きい粒度が多い場合は未抽出を引き起こしやすく、小さい粒度が多い場合は過抽出を起こしやすい」1) であったり、微粉が生まれることによるエグ味の発生だったりが考えられるので、出来るだけ粒度は均一にした方が良い。
- 粒子が小さい方が時間がかかる
グラインダーにもあるように、挽きの粗さで味が変わることが証明できた。濃度が濃く、コクを生みたい場合は粒度を小さくすれば良い。
- 間隙率が小さい方が時間がかかる
粒子が小さい方が間隙率が小さくなる。
- 体積が大きい方が時間がかかる
使う粉が多いほど濃く、しっかりとした味が出る。
- 速度が速い方が抽出時間が一定になる
時間をかけて抽出した場合、抽出時間にばらつきが生まれ、より複雑な味となることがわかった。また逆に抽出速度を速くした場合、抽出時間が一定になりスッキリとした味にまとまると考えられる。

6. 今後の課題

今回の結果を用いて、以下の活用ができる。

- 適切な注ぎ方を知らせるアプリの開発
粉の密度、粒度などは大体一緒だと思われるので、代表的な値を既に代入しておくことで適切な注ぎ方を知らせてくれるアプリを作ることができる。例えば、杯数と焙煎度、挽きの粗さを選択することで湯量と粉の量を知らせてくれるように作ることができる。
- メタ式、カリタ式についての式をつくる
円錐形以外のドリッパー(台形など)、下部のオリフィスの数(3個など)の場合の式を導出する。

7. 引用・参考文献

- 書籍
- 1)井崎英典「世界一美味しいコーヒーの淹れ方」
ダイヤモンド社、2019年第一刷発行
 - 2)武田義尊「自宅で淹れる珈琲 for beginners」
晋遊舎、2021年発行
- 論文
- 3)山中金次郎「土壌の透水性に関する通則」
1962、土壤物理学会
 - 4)森田悠紀雄、坪田邦治、西垣誠、小松満
「粒度分布と締め度合を考慮した概略透水係数推定式の提案」2004、第39回地盤工学研究発表会

経済的なガス気球で空撮しよう

－水素とヘリウムで気球を飛ばす－

研究者 2年1組13番 氏名 小林維斗

2年1組10番 氏名 古平蒼真

険がある。また、ヘリウムは水素に比べて高価である。それぞれの気体は一長一短であることが分かった。

1. 研究目的(問題意識)

近年、科学技術の発達により、空中からの建造物やオブジェ、イベントの様子などの撮影においてドローンによる撮影が主流になってきている。しかし、ドローンは初期費用や操縦技術、飛行可能範囲の問題など、経済面、安全面等、配慮が必要な事項が多い。

そこで、ドローンのこれらのデメリットを克服できるツールとして、気球に着目した。気球は安全面、経済面においてドローンの欠点を克服できる可能性があると言える。私たちはできる限り安価で安全な小型のガス気球を作り、空撮をできないかと考え、研究を始めた。

2. 現状(先行研究の分析)

(1) (原因・現状1)

- ドローンは撮影の分野においても需要を拡大しており、主要な撮影ツールとして確立しつつあるが、法整備や実用化にはまだ課題もあり、未だに費用面や撮影時に配慮が必要な事項が多い。
- その点、飛行させること自体は気球のほうが容易だが、ドローンに比べて操作性、安定性などが劣る。種類や用いる気体によって揚力、滞空時間が異なるため、自分で制作するときの難易度が高い。
- 気球には、空気より軽い気体を用いることによって揚力を得る「ガス気球」と、空気を熱して空気の密度を低くすることで揚力を得る「熱気球」がある。操作性については、揚力を調整できないガス気球よりも加熱を止めることのできる熱気球のほうが優れるが、構造が複雑であるため、有人飛行に多く使われる。
- ガス気球は、気球に空気より軽い気体を充填させておき、気球に結びつけられたおもりを外すことで上昇し、気球内の気体を抜くことで降下することができる。仕組み上熱気球に比べ上昇・降下に火の扱い等、人による操作が少なく済むため、無人飛行に適している。

(2) (原因・現状2)

現在、気球での有人飛行にはヘリウムが使用されているが、非常に高価であるため、以下の空気より軽い三種類の気体(空気は比較用)について揚力に直接関係する密度(低ければ低いほど良い)と値段について表にまとめた。

(表1)各気体の密度・価格(最安値)

	水素	ヘリウム	窒素	空気
密度(g/L)	0.0899	0.1786	1.251	1.293
1L当たり値段	0.11	1.43	0.0042	0
1g当たり値段	1.21	8	0.00336	0

- ここから、窒素は空気との密度の差がかなり小さいことが分かるので、大きめの揚力を必要とする気球に用いるのは難しい可能性がある。水素は可燃性があるため、爆発の危

3. 研究概要

- 風船にタコ糸を取り付け、④飛行時間、⑤最高到達高度、⑥費用の3項目について調査を行う。

- 比較条件① 水素、ヘリウム、窒素、空気の4種類の気体を用いる。

比較条件② ガスの混合比を以下の条件で変化させる。

(i)1:3

(ii)1:1

(iii)3:1

(iv)100%同一気体

- 比較条件③ 飛行時間、最高到達高度、費用の3つの観点から比較を行う。

- この実験を行う前に、実験結果について予想を立てた。

④飛行時間

水素またはヘリウムを一定量封入することで浮力を得られるため、一定の条件下では半永久的に飛行することができると考えた。

(表2)各条件における飛行時間の予想

(分)	水素	ヘリウム	窒素	空気
水素	3:1	-	5	5
	1:1	5	5	5
ヘリウム	3:1	5	-	5
	1:1	-	5	5
窒素	3:1	0	0	0
	1:1	-	-	0
空気	3:1	0	0	0
	1:1	-	-	0

⑤最高到達高度

風船2g、タコ糸1g/m、撮影用スマートフォン190gと仮定すると、計算により次の予想が得られた。水素、ヘリウムを封入することで3m弱の飛行をすることが可能であると考えた。

(表3)各条件における最高到達高度の予想

(m)	水素	ヘリウム	窒素	空気	
水素	3:1	-	2.79	1.94	1.86
	1:1	2.81	2.76	1.08	0.91
ヘリウム	3:1	2.79	-	1.87	1.78
	1:1	-	2.71	1.03	0.85
窒素	3:1	0	0	-	0
	1:1	-	-	0	0
空気	3:1	0	0	0	-
	1:1	-	-	-	0

◎費用

経済面では、④、⑤のことを考えると水素が最もコストパフォーマンスが良いことが予想される。また、ヘリウムを用いた気球は他と比べてかなり高価であると言える。

(表4)各条件における気体の費用の最安値の予想

(円)	水素	ヘリウム	窒素	空気	
水素	3:1	-	3.09	0.59	0.58
	1:1	0.77	5.43	0.39	0.38
ヘリウム	3:1	7.75	-	2.54	7.08
	1:1	-	10.1	5.06	5.05
窒素	3:1	0.2	7.51	-	0.015
	1:1	-	-	0.021	0.01
空気	3:1	0.19	2.03	0	-
	1:1	-	-	-	0

4. 結果

11月6日午後2時頃以下の条件で実験を行った
実験手順

1. 各気体を一定の割合で封入した風船を約15個ずつスマートフォンに取り付ける
2. 予想した各3項目について測定する(計測方法は以下の通り)
3. 風船に火を近づけ、様子を観察する

各種条件

1. 地理的・環境条件
 - ・気温:15℃
 - ・湿度:50%
 - ・風速:北北東方向約3,6m/s
 - ・海拔:約362m
2. 使用機器の各条件
 - ・スマートフォンの重さ:194g
 - ・風船の重さ:平均0.87g
 - ・風船の容量:約6.5L/個

実験手順2の計測方法について

1. 計測時間について
浮かび上がった状態からタイマーを利用し、落下するまでの時間を計測する。5分以上のものは十分長く飛ぶとして、そこで打ち切りとする。
2. 最高到達高度について
スマートフォンにタコ糸を取り付け、上昇により伸びたタコ糸の長さを計測する。30m以上のものは十分高く飛ぶとして、そこで打ち切りとする。
3. 費用について
購入費用や内容量、使用した気体の量を計測し、算出する。

結果

上昇の可否は以下の条件のものであった。

(表5)各条件における飛行の可否

	水素	ヘリウム	窒素	空気
水素	3:1	○	○	○
	1:1	○	×	×
ヘリウム	3:1	○	○	×
	1:1	○	○	○
窒素	3:1	×	×	×
	1:1			×
空気	3:1	×	×	×
	1:1			×

また、上昇したときの飛行時間と最高到達高度は以下となった。

(表6)各条件における飛行時間

(分)	水素	ヘリウム	窒素	空気
水素	3:1		5	5
	1:1	5	5	
ヘリウム	3:1	5		5
	1:1		5	5

(表7)各条件における最高到達高度

(m)	水素	ヘリウム	窒素	空気
水素	3:1		30	30
	1:1	30	30	
ヘリウム	3:1	30		30
	1:1		30	30

費用と火気に近づけた際の様子については以下のようになった。

(表8)各条件におけるかかった費用

(円)	水素	ヘリウム	窒素	空気	
水素	3:1		8,763	7,775	6,405
	1:1	8,540	8,985	7,010	4,270
ヘリウム	3:1	9,208		8,443	7,073
	1:1		9,430	7,455	4,715

(表9)火を近づけたときの各風船の

	水素	ヘリウム	窒素	空気	
水素	3:1		◎	◎	◎
	1:1	◎	○		
ヘリウム	3:1	△		○	○
	1:1		△	△	○

◎:5cm以内に火を近づけると燃焼を始める
○:火を接触させると燃焼を始める
△:火を接触させると風船表面が燃焼する
×:火を接触させても燃焼が起こらなかった

様子について

飛行等に問題は見られなかったが、予想を大きく上回る費用と、風などによる撮影時の不安定さがあり、撮影の難易度がとても高かった。

5. 考察

(1) 予想と実際の結果の乖離について

□④の飛行時間について、予想と実験結果がおおよそ一

致した。これは、実験結果が

(i)半永久的に飛行する

(ii)飛行できない

のどちらかしか発生し得ないことによるものだと考えることができる。

□⑧の最高到達高度について、実際行った実験において、予想をはるかに上回る高度を記録した。これは、気球が飛行する程度の高度差の気圧の変化では気球が上昇する方に影響を及ぼさないためだと考えられる。

□⑨の費用について、予想に用いた気体の価格は業務用のものであったため、結果的に費用が予想よりも高くなってしまったと考えられる。

(2) 提案

□④飛行時間、⑧最高到達高度、⑨費用の3つの観点から、最も空撮に適し、安全で、コストパフォーマンスの高い気球は、水素とヘリウム1:3の混合気体を用いて制作したガス気球である。

6. 今後の課題

今回の実験で新たに新しい課題が発見された。これらはより実用的な空撮をするために考慮すべき課題である。

①より安価で耐久性の高い気球の材質・構造

②より安価に気体入手する方法はないのか

③簡単で壊れにくい降下装置とはどのようなものか

④撮影中はカメラの操作ができないので、どのようにピントを合わせるか

⑤気候条件によって気球の飛行の様子はどのように変化するのか

実用的な空撮をするには、以上の課題をクリアしなければいけないと分かった。これらは短い期間で結果が得られるものではないため、実用的な空撮に向けて、研究を続けていかなければならないということである。

7. 引用・参考文献

1)日本気球連盟 気球の飛ぶ仕組み

<http://www.jballoon.jp>

2)日本経済新聞 商品ニュース 2021年12月21日更新

<https://www.nikkei.com>

3)東横化学 ガス一覧

<https://www.tovokokagaku.co.jp>

4)岩谷技研

<https://iwaya.biz/>

ビルの構造比較

—骨格に注視してビルを見る—

研究者 2年 4組 13番 高間 大世

1. 研究目的

ビルに使用される構造を知ることで、使用される施設ごとの耐久性やコストの違いを比較し、検証したいと思ったから。

2. 調査結果

現在ビルに用いられている一般的な構造の種別は以下の3種類。

- RC造(鉄筋コンクリート造)
 - S造(鉄骨造)
 - SRC造(鉄骨鉄筋コンクリート造)
- ①,RC造(鉄筋コンクリート造)

RC造は、建物の基礎部分から、柱、梁、壁、最上部の屋根までの主要構造部をコンクリートで構成し、その中に鉄筋を配したもの。

コンクリートの対圧縮性と鉄筋の引っ張りに対する強さを併せ持つ構造。

②,S造(鉄骨造)

S造は、建物の骨組みに鉄骨を用いる構造。柱や梁をボルトや溶接で接合する。RC、SRC造と比較すると軽い。

③,SRC造(鉄骨鉄筋コンクリート造)

SRC造は、S造とRC造の長所を併せ持つ構造。

鉄骨で柱や梁を組み、その周りに鉄筋を配してコンクリートを打設したもの。

3.比較

		RC造	SRC造	S造
耐震性能	比強度	△	○	◎
	靱性	△	○	◎
居住性能	剛性	◎	◎	△
	遮音性能	◎	◎	△
	耐火性能	◎	◎	△
施工	工期	○	△	◎
	費用(1坪あたり)	約119万円	約132万円お	約88万円

ビル建築に必要な性能の比較

•比強度

比強度(強度/比重)はS造が他2つの構造と比較して大きく、単純な構造のため軽量化が望める。

•靱性

S造は部材の細長比と幅厚比を調整すれば十分な靱性を確保できるが、他2つは難しい。

•剛性

剛性(変形しにくさ)はRC、SRC造が優れている。S造は水平強度が十分でも水平合成が不足する例が多く、梁の鉛直合成も不足しがち。

•遮音性能

遮音性能は、遮音材(床や壁)の質量に依存するため、RC、SRC造が優れている。

•耐火性能

RC、SRC造が優れている。S造の場合、全ての構造部材に耐火性能を盛り込まなくてはならず、コストがかかる。

•工期、費用

構造の単純な方からS造、RC造、SRC造の順で短く、安い。

4. 傾向

以上の性質から、

•病院やアパートのような高い居住性能や遮音性の求められる建物

にはRC、SRC造が採用されるケースが多く、

•高層ビルや大型商業施設のような比強度を求められる建物、コストを抑えたい建物

にはS造が採用されるケースが多いということがわかった。

5. 今後の課題

今回は材質についての調査を行ったので、次は物理演算エンジンを用いて免震構造といった柱の組み合わせによる構造を仮想空間上で再現し、柱ごとにかかる力の検証を行って構造設計のもたらす耐久性の違いを比較していきたい。

7. 引用・参考文献

オフィスビル建築-堀井昌博

https://www.istage.jst.go.jp/article/coj1975/31/11/31_54/pdf/-char/ja

CBRE 構造編

<https://www.cbre-propertysearch.jp/article/building-struction-guide-structure/>

ダイラタンシー流体の環境による変化

溶媒や温度変化で粘度は変化する

研究者 2年4組1番 伊香賀遥土

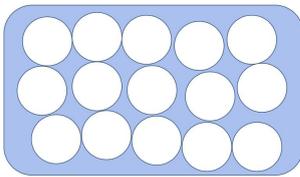
2年4組5番 笠間翔太

1. 研究目的(問題意識)

YouTubeでダイラタンシー流体を作り水の上を走る、という趣旨の動画を見てダイラタンシー流体に興味を持ち、溶媒を変えた時や温度を変化させた時の状態が気になったため。

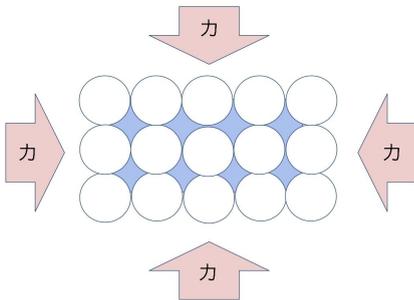
2. 現状(先行研究の分析)

ダイラタンシー流体の仕組み



■液体の時

- 水の中に大量のデンプンの粒子がある
- デンプンは水に溶けにくいので、粒の周りの水で湿った状態になっている



■固体の時

- 力が外部から加わると、粒子の配置が変わる
- 粒子同士の隙間に入り込むように、水が内側へ移動する
- 表面が乾き、硬くなる

(1) 先行研究

ダイラタンシー流体の溶媒を水以外のニュートン流体に変え、粘度の変化を調べた。

(2) 研究方法

- ①ニュートン流体を数種類用意する
- ②片栗粉と溶媒の質量比を1.4:1.0でダイラタンシー流体を作る
- ③スタンドを用いて30センチの高さビー玉を落とす

- ④ビー玉が流体の表面について容器の底につくまでの時間を調べる

- ③・④の操作を5回繰り返し、平均値をとる

使用した溶媒

- ①水
- ②食塩水
- ③牛乳
- ④オレンジジュース
- ⑤三ツ矢サイダー
- ⑥ハチミツ

(3) 実験結果

溶媒	流体の状態	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
①	○	1.24	1.59	1.26	1.56	1.49	1.43
②	×						
③	×						
④	○	10.17	13.33	10.69	13.32	10.98	11.70
⑤	○	2.46	2.26	2.33	2.91	2.34	2.46
⑥	△	92.24					

単位 (秒)

○ダイラタンシー流体となった

△流体ではあったが、ダイラタンシー流体ではなかった

×ダイラタンシー流体にはならず、固体になった

※実験においてハチミツは、1回目の測定でダイラタンシー流体ではないと判断したため2回目以降の計測を中止した。

•実験結果よりオレンジジュースが一番粘度が大きいことがわかった。

•オレンジジュースは水分以外にも、植物の成分や糖分が含まれているため粘り気が出たと考えられる。

•牛乳と食塩水で流体にならなかった理由としては、牛乳は脂肪などの粒子が大きかった事が挙げられる。

•食塩水の場合は、塩析が起こりでんぷんが沈殿したためと考えられる。

•はちみつが流体ではあったがダイラタンシー流体にはならなかった理由は、よくわかっていない。

ここから私たちはダイラタンシー流体の活用方法について考えようとしたが、ひとつ問題が発生した。常温で保存するとカビが生えてしまうことだ。この問題を解決するために私たちは、ダイラタンシー流体を冷やしその時の状態や粘度を調べることにした。

3. 研究方法(研究手法)

使用した溶媒は水で、先行研究(2)の②・③・④と同様溶液は容器ごと氷水に浸して冷やした

4. 仮説

冷やした場合、ダイラタンシー流体の粘度は大きくなる

5. 結果・考察

温度	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
19.5°C	2.39	2.26	2.01	2.20	2.69	2.31
2.2°C	7.88	8.04	9.31	8.72	7.59	8.31

単位(秒)

実験結果よりダイラタンシー流体の温度を下げると、粘度が大きくなることがわかった。またダイラタンシー流体の働きを示した。

6. 提案

(1) 流体の温度を下げると、ダイラタンシー流体の粘度は大きくなる。

(2) 提案2

温度を下げたことで液体中の粒子の運動が不活発になり、抵抗が大きくなったために粘度が大きくなったから、と考えられる。

7. 今後の課題

現在ダイラタンシー流体は、防弾チョッキやイルカの人工フィンなどに使われているが、普段の日常生活には広く浸透していない。今回の研究を踏まえて、環境に適したダイラタンシー流体の用途を考えていきたい。

8. 引用・参考文献

ダイラタンシーの現象

<https://ameblo.jp/sciencemore/image-12650007894-14881102739.html>

【壮大実験】走れる水の上でシャトルランやってみたら史上最凶に過酷すぎたwwwwww【ダイラタンシー】

<https://youtu.be/yiu1ZsSbywQ>

信大特許Vol.3 剛性が変化する新素材！「繊維複合流体」

<https://www.shinshu-u.ac.jp/zukan/cooperation/vol3.html>

ダイラタンシー

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%80%E3%82%A4%E3%83%A9%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%82%B7%E3%83%BC>

最近の水溶性高分子

https://www.jstage.jst.go.jp/article/shikizai1937/49/6/49_355/_pdf

ソルガムを広めたい

—ソルガム良さを多角的に捉えて再発見する—

研究者 2年3組 32番 藤原花帆 5組3番 飯島綾花
5組5番 後田愛 6組11番 小嶋紗英

1. 研究目的

栄養価が高く、茎葉を再利用できる事として知られているスーパーフードソルガムの魅力を今回は食料としての良さを引き立てるために私たちができる事を探し、ソルガムを広めていきたいと思った。アレルギーの子もそうでない子も同じものを美味しく食べられるような美味しく食べられるものが作りたいと思った。

また、長野でソルガムを育てたり、学校給食などでも取り扱われていたりする事を知り、長野の新たな作物として私たちもソルガムを広め、地域に貢献したいと思った。

2. 現状

先行研究とこれまでの研究
ソルガムとは？

ソルガムは南アフリカ原産のイネ科の穀物で、世界の5大穀物の一つ！高温や乾燥に強い。

実を食べるだけでなく、茎葉をキノコの培地へ活用し、使用後はメタン発酵によりエネルギーを排出することができるということで、期待が高まっている。

・ソルガムの良いところ

①GABAが豊富

→ 血圧の上昇を抑える。睡眠の質を整える。
ストレス軽減。

②ポリフェノールが豊富

→ 動脈硬化の予防。シミがでにくい。

③グルテンフリー

→ 肌荒れ改善。食べ過ぎを防ぐ(小麦は依存性が高い)

④アレルギーフリー

→ 小麦アレルギーやセリアック病の人にとって食の幅が広がる。

⑤生育がしやすい(実際に育てみた)

→ 家庭菜園の栽培では、畑で作るものと同じくらいの成長スピードで大きくなっていった。また、水やりが全くいらず手入れなども特にやらないことから、ソルガムは育てやすい。



⑥栄養価が高い



ソルガムの方が小麦よりも栄養価が高いことが分かる。

耕作放棄地や農家の高齢化の解消にも繋がっていく
→ 持続可能な社会作りにも貢献ができる

・ソルガムが日本の主食とならなかったのはなぜか？

稲作自体は縄文晩期ごろから始まっていたが、この頃は精米することに今以上の労力がかかるため、上流貴族しか食べていなかった。庶民は糠の残った「黒米」と呼ばれる米に雑穀を混ぜて食べていた。江戸時代頃になると米は税として納める必要があり麦を始めとした雑穀を混ぜて食べていた。しかし、都市部では火災対策のため1日分の米をまとめて炊くようになった。戦後には、保健衛生上の理由から庶民であっても傷みやすい玄米、雑穀米を避けて白米を食べることが一般化していった。

どの時代でも米の生産効率と保存性の高さが、生活に安定をもたらしていたと言える。

・昔の日本での調理方法を行ってみる

ソルガムは昔おもちとして食べられていたらしく、その食べ方の代表として、吉備団子がある。その吉備団子を作ってみた。

味については、きな粉や黒蜜をかけたりと味をつければ美味しく食べられると思った。しかし、食感が悪く、また進んで食べたいと思わせるものではなかった。

・アフリカ地域の調理方法を行ってみる

アフリカでは今でもソルガムが主食となっている所がある。どのように食べられているのか。

エチオピアではソルガムを使ったクレープ状の発酵パン「インジェラ」を主食としているそう。これにホワイトソルガムで挑戦した。

工程は少し多く感じたが、米粉などを使用したものよりモチモチしておらず、さっぱりしたクレープ生地が作れた。懸念し

に関しても良い。

この結果よりワークショップで使う割合は、7・8番のどちらかにする。7と8は好みが分かれるため、より多くの人に試食してもらい決めていきたい。

栄養バランスとカロリー比較

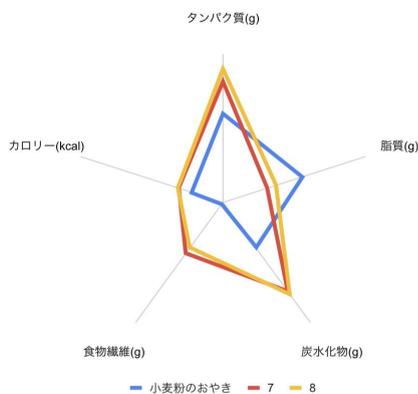
以下の表、グラフは通常のおやきと上の表の7、8のソルガムおやきの栄養価、カロリーを比較したもの

	タンパク質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	食物繊維(g)	カロリー(kcal)
小麦粉のおやき	4.8	4.5	30	1	
7	6.5	2.5	59	34	
8	7.2	3	61	30	

*小麦粉のおやきは野沢菜入りのおやきの栄養価、カロリーを示す

*7、8番のソルガムおやきについては、具材なしの皮のみの栄養価、カロリー表示をしている。

成分比較



*差を見るため炭水化物1/10、カロリー1/100としてグラフに示している

グラフや表を見てもわかる様に、ソルガムおやきの方が、小麦粉で作ったおやきよりもタンパク質、炭水化物、食物繊維が多く取ることができる事がわかる。これらに加え、赤ソルガムには多くにポリフェノールが含まれており、栄養満点である。しかし、おやきにはビタミンやミネラルが含まれていない。また、ソルガムおやきの脂質と他の栄養価のバランスが良くない。これらのことは、中に入れる具で解決していきたい。

赤ソルガムでおやきを作っている前例がなかったため、完成するのか不安であったが、いい生地を作る事が出来てよかった。

③2022年全国高校生フォーラムの参加

文部科学省が実施しているWWL及びSGHネットワークに参加する高校生がオンラインにより一堂に会し、日頃取り組んでいるグローバルな社会課題の解決方法や提案等をプレゼンテーションするという元、生徒交流会を12月18日に行った。

私たちは”Let’s Spread Sorghum!”という題材でプレゼンテーションをした。ソルガムの栄養価の多さや耕作放棄地の

解消に繋がることを英語で発表した。



同じグループで指導して下さった先生に、ビジネス化をして行き、SDGsに繋げていく視点が面白いと評価していただいた。講評では、ソルガムという食材がある事を初めて知ったとおっしゃってくださった。高校生の方にもソルガムを知ってもらう事ができた。同世代の高校生とSDGsのことを話し合ったことで、全国の高校生も様々なユニークな活動をしている事を知ることができ、これからやりたい事のアイデアに繋がると感じた。また私たちもより良い社会に貢献するために活動したいと思った。

5. 私たちの提案

(1) 提案1 (検証中)

小学校や中学校の生徒と親に向けた親子料理ワークショップを開く。(3月～4月に開催)

また、一度屋代高校と屋代附属中学校にておやきのワークショップを行いたいと考えている。

(2) 提案2

SNS作戦!

SNSでママさんや子育てに関して多く投稿をしているインフルエンサーの方にソルガムのことを知っていただき、ソルガムのことについてアップしてもらうのはどうか?

今の時代多くの方が、SNSで情報を獲得している。きっと子供がいる親御さんも今日の夜ご飯のレシピなどをInstagramなどのSNSを活用していると思った。そこで、健康的な食材があることやレシピをインフルエンサーの方の力を借りて、知っていただける事で興味を持ってもらいやすいと考えた。

6. 今後の課題・展望

おやき作りで今後、中にとどのような具材を入れるかを考えた。栄養バランスを考えるとおやきにはビタミンやミネラルが足りていないので、そこをカバーできるような具材を考えていきたい。また、子どもと大人共に美味しい万人受けするということも大事にしつつ、独創性のあるものも作りたい。

ワークショップ開催のために引き続きおやきのレシピ開発と開催場所の確保について考えたい。また、SNSを使い広めていきたいと考えているので、さらに広まるような事を考えた。

これらの活動を通して、以前よりもソルガムの良さや可能性を感じる事を感じ、この良さをもっと多くの人に知ってほしいと思うようになった。

最後に、信州産ソルガム普及促進協会AKEBONO株式会社様が、赤ソルガム2kgを無償で提供していただきました。誠にありがとうございます。

7. 引用・参考文献

信州産ソルガム普及促進協会AKEBONO株式会社

<https://www.sorghum-nagano.com/sorghum>

信州産そるがむで地域を元気にする会

<https://sites.google.com/gm.shinshu-u.ac.jp/sorghum-genki/home>

農林水産省

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/sakvou_kome/mugi/r2/4mugi/index.html

長野市耕作放棄地のソルガム活用調査共同研究

<https://www.mlit.go.jp/common/001258798.pdf>

全国高校生フォーラム

<https://b-wwl.jp/forum/2022forum/>

ハーブの抗菌作用

～ハーブの中でも種類によって抗菌作用に差があるのか～

研究者 竹内結美 福澤由衣奈 曾木千穂 宮本愛理

1. 研究目的(問題意識)

新型コロナウイルス感染症が流行したことで、消毒液の需要が高まり、消毒液などの不足が見られる時期があった。そこで身近なもので消毒効果のあるものはないかと考え、調べたところハーブに行きついた。また、ハーブはどのような抗菌作用があるのか調べる。

2. 現状(先行研究の分析)

【タイム】



[引用]

<https://www.sbfoods.co.jp/sbsoken/jiten/search/detail/0065.html>

- ・強い抗菌作用をもつ。
- ・特有の香りや苦みを持ち、料理のアクセントとして使われることもある。
- ・シソ科イブキジャコウソウ属

【ハッカ油】



[引用]

<https://www.kenei-pharm.com/hakkayu/products/>

- ・「ハッカソウ」というミントを乾燥させて抽出したもの。
- ・ハッカ油に含まれるメントール成分には、抗菌作用があると言われている。

【ショウガ】



[引用] <https://www.koganenosato.com>

- ・生姜独自の成分であるジンゲロン、ショウガオールは、胃液の分泌を促進して消化吸収を助ける効果がある。特にジンゲロンは強い抗菌作用があり、食中毒の予防に効果的。

3. 研究方法

1. 先行研究⇒Web、本、Google Scholar(消毒効果があるハーブを調べる)

2. 仮説:アルコールよりはハーブの方が抗菌作用は低い。

また抗菌作用の強さは、ハッカ油=ショウガ>タイムの順になると思う。

⇒ハッカ油には、メントール成分が含まれていること、ショウガには強い抗菌作用があることが事前学習から分かったため。

3. タイムの抽出を行う

- ・アルコール度数40度以上のウォッカ 200ml
- ・ドライハーブ(タイム) 10g
- ・保存瓶(遮光できるもの)、ろ紙 各1つ

～抽出～

- ①保存瓶8分目あたりまでドライハーブを入れ、ひたひたの状態になるまでウォッカを注ぎ、瓶の蓋を閉め、直射日光が当たらない冷暗所に2週間保管する
- ②遮光した瓶:1日1回瓶を軽く振り、ハーブが空気に触れ雑菌が繁殖しないようにする。2週間後ろ過する。

～培養～

①寒天培地に大腸菌を塗る

②①に抽出した液を塗る

③1日後変化を調べる

※寒天培地はLB培地を使用した

○LB培地(1000mlあたり)

[Trypton1%, Yeast Extract 0.5%, NaCl 0.5%, Agar 1.5%]

○培養条件・方法

- 1.生物室で保管されていた大腸菌をLB培地に塗り広げ、37℃で終夜培養する。
- 2.発生した大腸菌のコロニーを滅菌水に懸濁し、新しいLB培地上に塗り広げる。
- 3.ショウガ汁、ハッカ油、タイム抽出液、アルコールを2で作成したプレートに塗り広げる。
- 4.37℃で24時間培養し、大腸菌の増殖具合を検証する。

4. 結果・考察

～1回目の流れ～

ショウガ → すりおろす

ハッカ油 → 先行研究の写真のように抽出された植物油を使う

タイム → 抽出したものを使用する

【研究結果(1回目)】



↑実験前

ショウガ→菌が増えた

ハッカ油→3つの中で最も抗菌作用があった

タイム→抗菌作用の働きが分かりにくかった

～1回目の結果から考察～

1回目の結果からハッカ油が1番抗菌作用があるということが分かった。しかし、ハッカ油は市販のものを使ったため、タイムと同じ方法でハッカソウから抽出すると結果が変わってくるのではないかと思った。また、しょうがはすりおろす時に菌が入ってしまったのではないかと考えた。

1回目の実験からはショウガ・タイムの抗菌作用の強さは分らなかった。



2回目の実験

～2回目の流れ～

ハッカ油→1回目の実験から抗菌作用があることが分かったため、ハッカソウと同じ仲間である ミントに変えてタイムと同じ方法で抽出して使用する
ショウガ→生姜をミキサーにかけタイムと同じ方法で抽出

タイム→実験1と同じ方法で抽出

アルコール70%→ハーブ3種類との比較対象として使用する

[仮説]

抽出させたミント→1回目の実験からハッカソウ自体に強い抗菌作用があると分かったため、ハッカソウと同じ仲間であるミントの抽出液からも同じくらいの抗菌作用が得られる。
ショウガ→1回目の実験同様菌が増える。
タイム→抽出したミントよりは弱く生姜よりは強い抗菌作用が得られる。
アルコール→ハーブ(3種類)より強い抗菌作用が得られる。

【研究結果(2回目)】



↑実験前

ミント→抗菌作用は見られなかった

ショウガ→新たな菌が発生した

タイム→抗菌作用は見られなかった

アルコール70%→本来抗菌作用があるはずが見られなかった

～2回目の結果から考察～

ミントとタイムとアルコールは1部菌が消えたがはっきりとは変化が見られなかった。しょうがも抽出したものを使用1回目と同様、菌が増えたように感じた。1回目と2回目の結果から大腸菌に塗ると抗菌作用が見えにくいことが分かり、3回目は大腸菌に抽出液を混ぜてから培地に塗ることにした。



3回目の実験

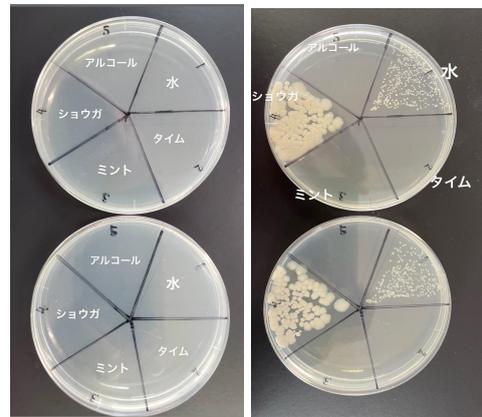
～3回目の流れ～

ミント、ショウガ、タイムは②で使用した抽出液を使用する。

[仮説]

実験②と全く同じものを使用するするため実験方法を変えても結果は変わらない。

【研究結果(3回目)】



↑実験前

↑実験後

ミント→抗菌作用が見られた

ショウガ→1回目と2回目の実験同様、新たな菌が発生した

タイム→抗菌作用が見られた

アルコール70%→抗菌作用が見られた

～3回目の結果から考察～

ミントとタイムはアルコールと同じくらいはっきりと抗菌作用が見られた。そこからミントは抽出させてもハッカ油と同じくらいの抗菌作用があることが分かった。ショウガは1回目、2回目、3回目と全て同じような菌が発生した。

5. 自分の提案

・3回の実験を経て、タイム、ハッカ油、ミント、ショウガの中で1番ハッカ油やミントに抗菌作用があることが分かった。そこからハーブを使用した除菌製品を作るにはハッカ油やミントが適しているのではないかと考えた。

・ミントとハッカ油の共通点はメントールという成分が入っているのを活用出来たらと考えた。

6. 今後の課題

・しょうがは全ての実験で大腸菌ではなく、新たな菌が発生した。そのため別種の菌がどのようなものか、またなぜ菌が増えたのか調べたい。

・この研究で得られた抗菌作用がどのようなものに活用できるのか発展させたい。

7. 引用・参考文献

LOVEGREEN「ドライハーブをアルコールで抽出！お家でできる「ハーブチンキ」の作り方」

<https://lovegreen.net/homegarden/p76222/>

切身魚/Kirimisakana「ジンジャーチンキのレシピ」

<http://nekomimi.staba.jp/blog/2013/05/01/%E3%82%B8%E3%83%B3%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%83%BC%E3%83%81%E3%83%B3%E3%82%AD%E3%81%AE%E3%83%AC%E3%82%B7%E3%83%94/>

エタノールの殺菌効果

研究者 2年2組13番 窪田理穂
 2年2組29番 中澤葉南
 2年2組28番 西澤結茉
 2年2組34番 水谷舞

1. 研究目的

多くの人はエタノールを手やモノに付けただけで消毒出来ていると思っている。または、シートで拭き取っただけで消毒出来ていると思っている。

私たちはこのことに疑問を感じ、

- (1) エタノールの殺菌効果を明らかにすること
- (2) 研究結果から、日常的に行われている消毒(アルコールスプレー・シートなど)よりも効果的な消毒方法を提案すること、を目的として研究を行った。

2. 研究内容

- (1) エタノール濃度の違いによる殺菌力の変化を調べる。
- (2) 普段の消毒方法で本当に十分に殺菌できているのかを様々な方法で消毒した後に残っている菌の量を数えて調べる。

3. 研究方法

実験(1)

〈目的〉

エタノール濃度0%~100%での殺菌力の変化を調べる。

〈方法〉

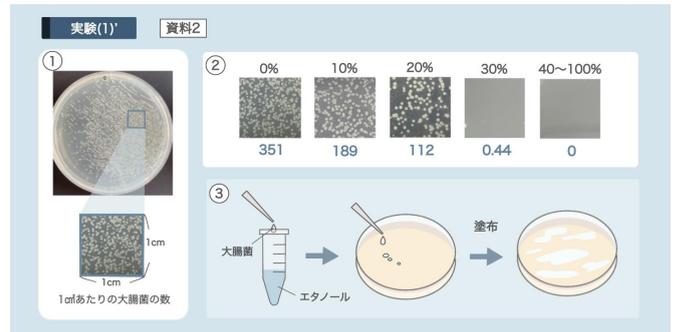
- ①100%エタノールと滅菌した水(蒸留水)を混ぜて、異なる濃度のエタノールを作る。
- ②ろ紙に各濃度のエタノールを染み込ませ、大腸菌を塗布した寒天培地に置く(資料1-①)。
- ③37℃で24時間培養した後の培地の様子を観察する。

この実験は、アンピシリンのような抗生物質の効果を見るのによく使われる方法だが、エタノールにはふさわしくないとされたので、以下実験(1)'の方法を試みた。

実験(1)'

〈方法〉

- ①異なる濃度のエタノールに一定量の大腸菌を入れ、それを寒天培地に塗布する。(資料2-③)
- ②37℃で24時間培養した後の培地の様子を観察する。



〈結果〉

- ・濃度が高いほどコロニー数が減少した。(資料2-②)
- ・40~100%濃度ではコロニーが見られなかった。

〈考察〉

- ・エタノールの殺菌効果が確認できた。
- ・40~100%濃度では全ての菌を殺すことができた。

実験(2)

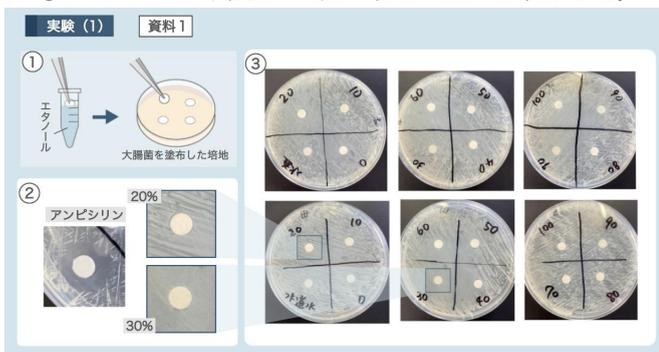
〈目的〉

普段の消毒方法として、アルコールシートでの消毒を模倣し、どの程度殺菌できているのかを調べる。

〈方法〉

資料3-②

- ①ろ紙に異なる濃度のエタノールと一定濃度の^①大腸菌を含む液をそれぞれ染み込ませる。
- ②大腸菌を染み込ませたろ紙に指をつける。
- ③エタノールを染み込ませたろ紙に②の指をつける。
- ④寒天培地にその指を軽く3秒間押し付ける。
- ⑤37℃で24時間培養した後の培地の様子を観察する。



※アンピシリン: 大腸菌などの細菌の発育を抑制する物質(殺菌効果の比較のため使用)

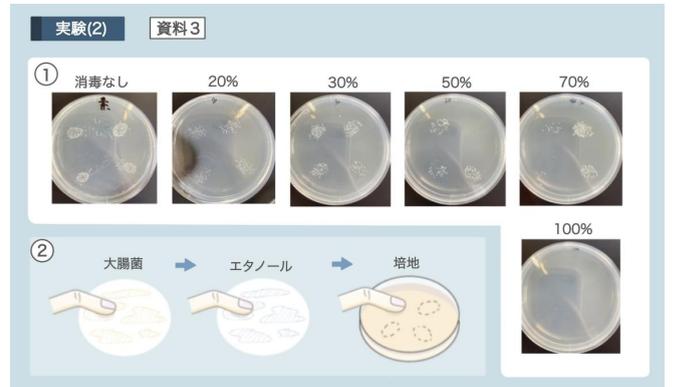
〈結果〉

資料1-②,③

- ・20%濃度の場合のみ僅かにろ紙の周りの菌がいなくなるという変化が見られた。しかし、それ以外の濃度では抑制は見られなかった。
- ・ろ紙が乾いてめくれ上がっていた。

〈考察〉

エタノールにアンピシリンのような殺菌効果はないかのような結果である。しかし、エタノールは揮発性が高いため、蒸発してしまい、正確な実験ができなかった可能性がある。



〈結果〉

資料3-①

- ・100%濃度ではコロニーを全く確認することが出来なかった。
- ・70%濃度や50%濃度など、実験(1)'では殺菌できていることが分かっている場合でも場所によってはあまり殺菌できていなかった。

〈考察〉

- ・総合的に見るとエタノール濃度が高いほど殺菌力が強いという結果であった。
- ・エタノールが菌全体に付着しないと、菌が生き残ってしまうと考えられる。

4. 提案

エタノールの殺菌効果をより発揮させるために実験(1)'のように菌を直接エタノールに入れるのが最適である。しかし、これは日常生活において現実的ではないため、手がしっかり濡れるくらい沢山のエタノールを手につけるという方法を提案したい。具体的にはアルコールボトルのポンプを下までしっかりと押し込む(約3mL)ことを提案したい。

5. 検証

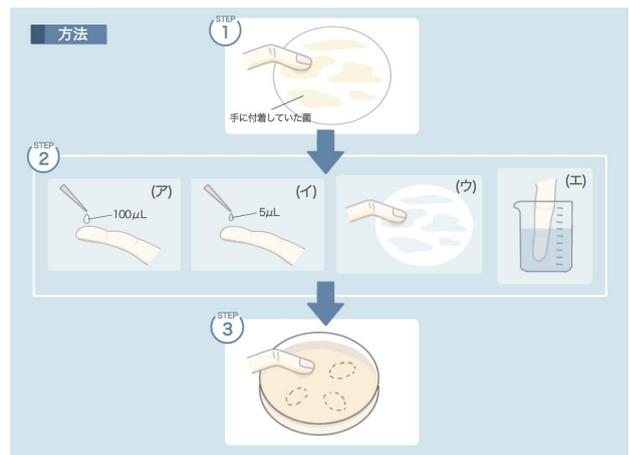
提案した消毒方法を含む(ア)～(エ)の消毒方法を比較する。

- (ア)アルコールボトルのポンプを下まで押し込む。(3mL)
- (イ)アルコールボトルのポンプを軽く押す。(0.15~0.25ml)
- (ウ)アルコールシートで軽く3秒間拭く。
- (エ)手を直接エタノールに入れる。

また、この実験では、大腸菌ではなく実際に手に付着していた菌を培養したものを使用し、日常的な消毒を再現した。

〈方法〉

- ①普段通りの1日を過ごしたあとの手を培地に押し付ける。
 - ②37℃で24時間培養する。
 - ③育った菌(6種類,資料4-③)をピンセットの先くらいの量ずつ採取する。
 - ④その菌を500倍に希釈し、ろ紙に染み込ませる。
 - ④そのろ紙に指を付け、(ア)～(エ)の方法で消毒する。
※今回70%濃度のエタノールを使用する。
(実験では100%濃度の場合最も殺菌力があるという結果になったが、手が荒れてしまう恐れがあることと、市販の消毒液が70%エタノールであることが多いため。)
- (ア)～(エ)の消毒方法は次のような方法で再現する。
- (ア)指先にエタノールを100μL垂らす。
(エタノールを指先に少量ずつ垂らしていくと、100μLになった時に指からこぼれ落ちた。これは指先が十分に濡れたからだと考えられるため。)
 - (イ)指先にエタノールを5μL垂らす。
(ポンプを軽く押した時は下まで押し込んだ時と比べてエタノールの量が1/20になっているため。)
 - (ウ)エタノールを染み込ませたろ紙に指先を軽く3秒間つける。
 - (エ)エタノールに指を第一関節くらいまで浸す。



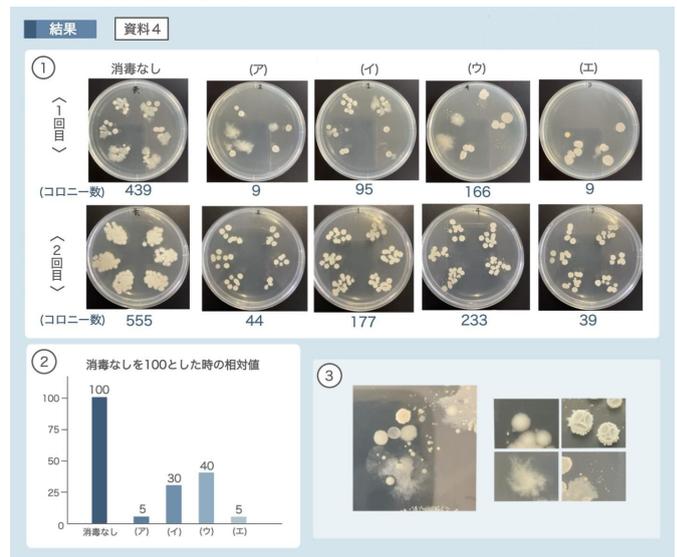
〈結果〉

資料4-①,②

殺菌効果は1回目 (ウ)<(イ)<(ア)=(エ)

2回目 (ウ)<(イ)<(ア)<(エ)

2回目も(ア)と(エ)はほとんど同じ殺菌効果が確認できた。→普段の消毒方法を再現した(イ)(ウ)よりも提案した消毒方法である(ア)の方が殺菌効果がある。また、実験から考えられる最も有効な消毒方法である(エ)と同等の殺菌効果を確認できた。



〈検証結果〉

提案した方法である手が全体的に十分濡れるくらいエタノールをつけるという方法は普段の消毒方法よりも効果的である。

6. まとめ

- ・実験(1)(1)'から、エタノールには殺菌効果があり、濃度が高いほどその効果は大きくなる。
 - ・実験(2)から、普段の消毒方法(アルコールシートで拭く)では菌を十分に殺しきれていない可能性が高いことが分かった。
 - ・検証した結果、指先までしっかり濡れる量で消毒することで普段の消毒方法(ポンプを軽く押す,アルコールシートで拭く)よりも高い効果が得られることを確認した。
- これらの実験から、消毒するときはポンプを下まで押し込んで指先までしっかり濡れるくらいのアルコールを使って手指消毒すると、より効果的であることが示された。

7. 今後の課題

- どのようにすれば多くの人にこの方法で消毒してもらえるようになるのかについて検討する。
- 実験のデータが少なかつたため、正確性が欠けている部分があるため、実験回数を増やす。

8. 引用・参考文献

- 1.国際基督教大学 LIBERAL ARTS 2020

https://www.d-pam.com/icu/218137/index.html#target/page_no=14

- 2.アルコール手洗い洗剤使用割合

https://www.min-iren.gr.jp/hokoku/data/hokoku_h28/houkoku_h28_15.pdf

近未来型スーパー農業

—AIで識別—

研究者 2年5組38番山口塁

2年6組 7番小田切悠真

15番小林颯真

36番百瀬航気

1. 研究目的(問題意識)

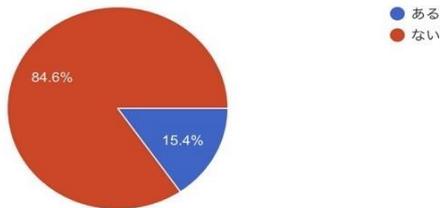
農業が抱えている問題として、人手不足や農家の高齢化が進んでいることがある。また若い人たちが農業の技術を習得するのに時間がかかり、農業に就きづらいという点も問題視されている。このような問題をなくすことを目的とし、AIを利用することにより農家の負担や人手不足を無くすといった、農業が今まで以上に発展するにはどうすればよいかを見つける研究をしようと考えた。

2. 現状(先行研究の分析)

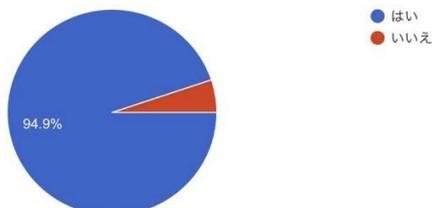
同学年の屋代高校の生徒148人に以下のアンケートをとった。

- ①将来農業関連の仕事に興味はあるか。
- ②農業をすることを大変だと思うか。
- ③AIを使うことに抵抗はあるかどうか。

①将来農業関連の仕事に興味はありますか？



②農業は大変だと思いますか？

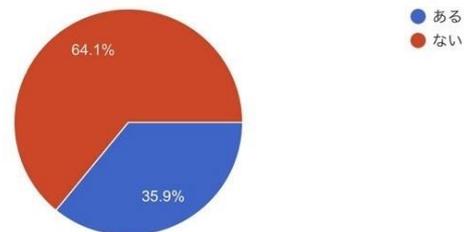


また、農業は大変だと思うと答えた人の中で、どうしてそう思うのかアンケートをとった所次のような意見が挙げられた。

- ・毎日水をあげなくてはいけなくて、大変だから。
- ・雑草を取ったり、細かい作業が多くてめんどくさそうだから。

・天候に左右されやすく、収穫量が安定しないイメージがある。

AIを使うことに抵抗感がありますか？



以上の3つのアンケートから農業関連の仕事に興味がある訳ではないという人が多く、興味がある人の中にも農業は大変そうだという印象を持つ人が多いことがわかる。また、過半数の人がAIを使うことに抵抗がないと答えていた。これらの情報から、興味が薄い農業と抵抗感がない人工知能AIを組み合わせることで、農業への関心を持つ人が増え、農業を技術と雇用の二つの面でより発展できると考えた。

3. (1)AIについて【AIとは】

「人間のような知能を持ったコンピューター」のようなもので、自ら学習することが大きな特徴。AIには識別系AI・予測系AI・会話系AIなどの種類がある。AIを使うときは、用途にあった種類のAIを選ぶ必要がある。

日本ではさまざまな社会問題が生じている中、それらを解決するために最先端テクノロジーであるAIは必要不可欠な存在である。そこで今日多くの企業で求められているのは、AIを作る開発者ではなく、AIを使いこなし、それを事業に活用できる人材である。(図1)

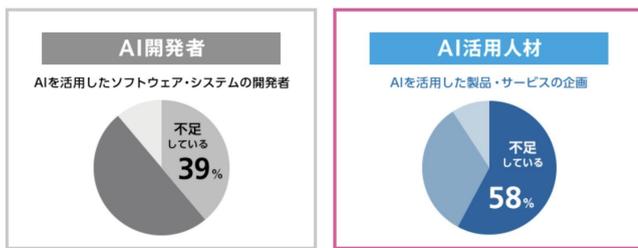


図1

(2)【AIの種類について】

- ・識別系AI→画像からAIが識別する。例えば、駐車場の空車、満車の判断など。
- ・予測系AI→たくさんのデータからAIが法則性を見つけ、その結果から予測する。
- ・会話型AI→AIが会話を行う。決まった言葉しか話さないルールベース型と、発言内容をAIが自動的に生成するAIによる学習型がある。

※その中で自分たちは識別系AIを使う。

4. 研究方法(研究手法)

AIが雑草や稲などの農作物を正しく識別することができるか実験する。その際Teachable machine(※)という、人間が学習させることができるAIを用いる。

手順①稲と雑草の写真を角度を変えたりしながらたくさん撮る。

手順②Teachable machineに写真を学習させる。

手順③学習したTeachable machineが稲と雑草の区別ができるか確認する。

手順④学習させる写真を増やして再び確認する。

※Teachable machineとは、画像認識ができるAIをパソコンなどで誰でも簡単に使用できる仕組み。

5. 結果・考察

学習させる写真が少ないとき(図2)は、草と稲を見分けることが出来なかった。(50%まで認識出来た。)だが、そこから学習させる写真を増やしていくことによって徐々に見分けがつくようになっていき(図3)(87%まで正しく認識出来た。)、最終的には完璧に見分けることができるようになった。(図4)(100%正しく認識出来た。)

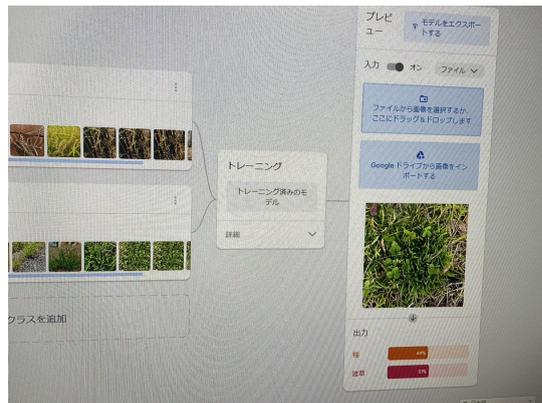


図2

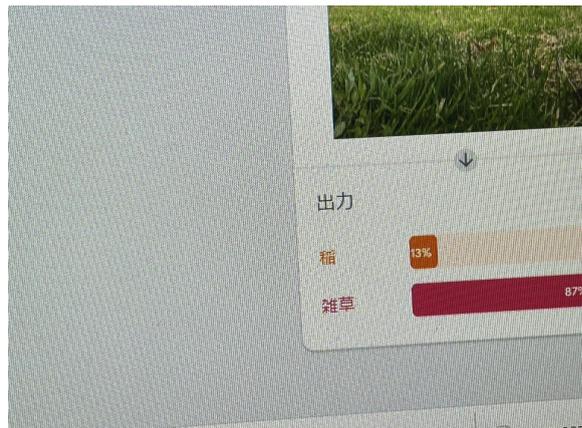


図3

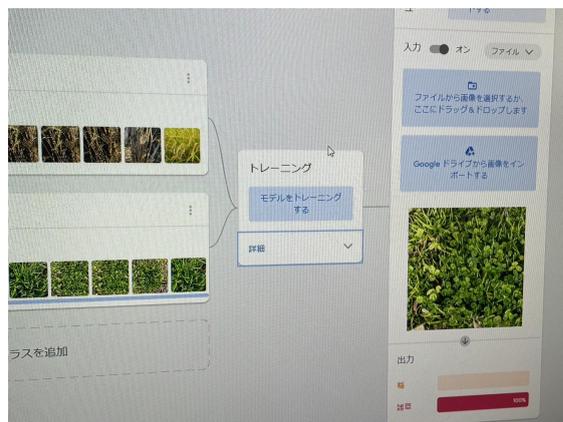


図4

また、AIが雑草と稲を識別出来ることが、6であげる案に応用できると考えた。

6. 農業におけるAIの活用方法案

(提案①) 雑草の認知

→カメラで畑を写しておく。雑草が生えてきたら教えてくれる仕組みにより、人がこまめに確認せずとも雑草が生えていることを知れて、栄養がより農作物に行き届く。高齢者や広い土地で農業をしている人には特に便利かもしれない。

(提案②) いらぬ芽が出たらそれを知らせてくれる仕組みをつくる。

→先程のアンケートで、農業が大変と答えた人の中で、栄養が実にたくさんいくように細かい芽などを確認するのが面倒

だという意見があった。そこでいらぬ芽が出た時に識別系AIを使って知らせしてくれる仕組みを作れば負担が減ると考えた。(課題なのは色や形が似ているためいらぬ芽なのか成長に必要な芽なのかの判断が難しいこと。)

7. 今後の課題

他にもAIが農業で役立つことを見つけて6で提案したことと一緒に実際の畑を用いて実験してみたい。

8. 引用・参考文献

1)AIチャレンジ(AI活用人材を育成する実践的な教育プログラム)

<https://www.softbank.jp/corp/sustainability/special/ai-challenge>

2)Teachable Machine

<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

大地震の発生予測

—石川県能登地方での流体に起因する地震—

研究者 2年 4組 3番 一瀬 大

1. 研究目的(問題意識)

発生が予想される大地震の時期や規模、被害等を予測することで、防災・減災に役立てる。
地震には海溝型や活断層型など様々あるが、今回の研究は昨年頃から頻発し、22年6月に震度6弱を観測する地震が発生した石川県能登地方の地震(活断層型)をメカニズムを含めて分析する。

2. 現状(先行研究の分析)

(1) (原因・現状1)

・地震概要

発生日時: 2022年6月19日 15時08分

マグニチュード: 5.4

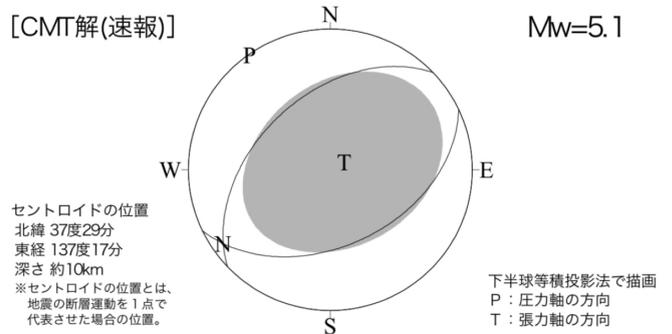
場所・深さ: 石川県能登地方 深さ13km

発震機構: 北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

震度: 石川県珠洲市で最大震度6弱を観測した他、東北地方から近畿地方にかけて震度5弱~1を観測

最大余震: 2022年6月20日 10:31 M5.0 深さ14km 最大震度5強

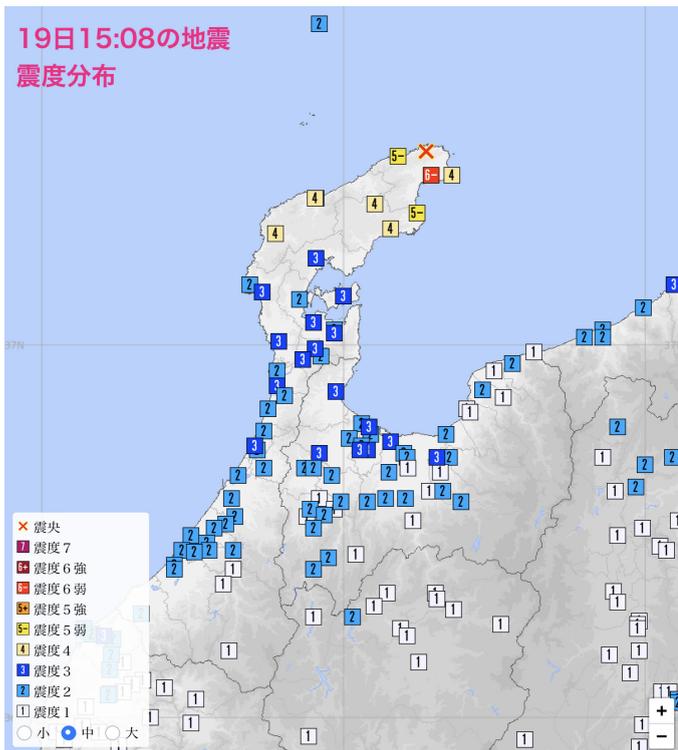
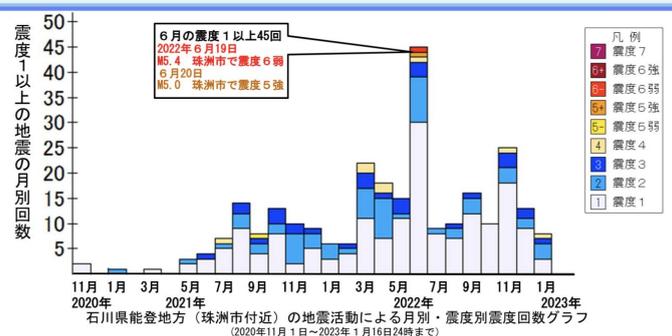
令和4年6月19日15時08分頃の地震の発震機構解 CMT解(速報)
北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型



(2) (原因・現状2)

2019年08月27日23時08分頃に発生したM2.1の地震以降、周辺での地震活動が活発なり、半月に一度ほどの頻度で2~3日間最大震度3~4程度の地震が発生する。2019年8月以降に観測した最大規模の地震は、現状1の2022年6月19日15時08分のM5.4の地震(珠洲市で震度6弱)である。

石川県能登地方(珠洲市付近)の地震活動による月別・震度別震度回数



3. 研究方法(研究手法)

類似した地震活動の例として松代群発地震があるので、それを参考に文献調査

4. 結果・考察

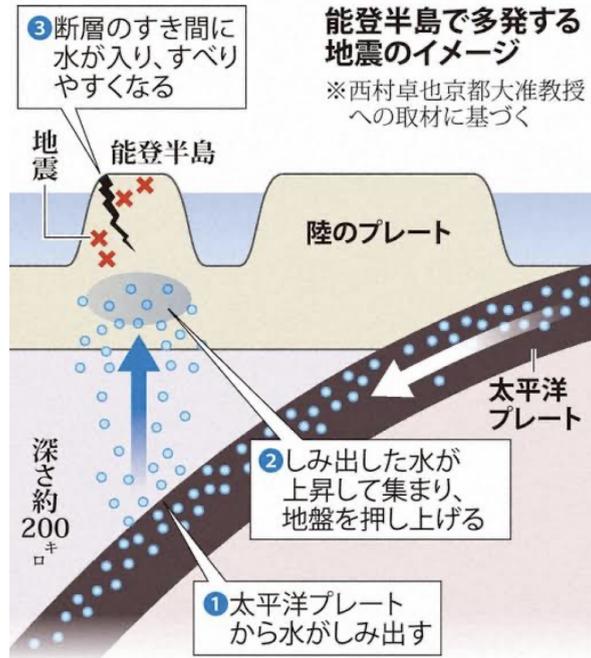
火山起源の炭酸水の噴出が原因とされる松代群発地震(1965年~1970年)と同様のメカニズムと考えられる。

・考えられる発生メカニズム(京都大学 西村准教授など)
能登地方で発生した地震は「プレートとプレートのずれ」による地震ではなく、「海洋プレートから取り込まれた水」が原因とみられる。陸地に向かって沈み込むように動く海洋プレートと

ともに、地下深部へ移動した海水が、地下深部が高温・高圧のため分離され、地下十数キロまで上昇。上昇した先にある岩盤には小さな亀裂がいくつもあり、そこへ水が流れ込むことで岩盤に圧力がかかり歪みが溜まった。

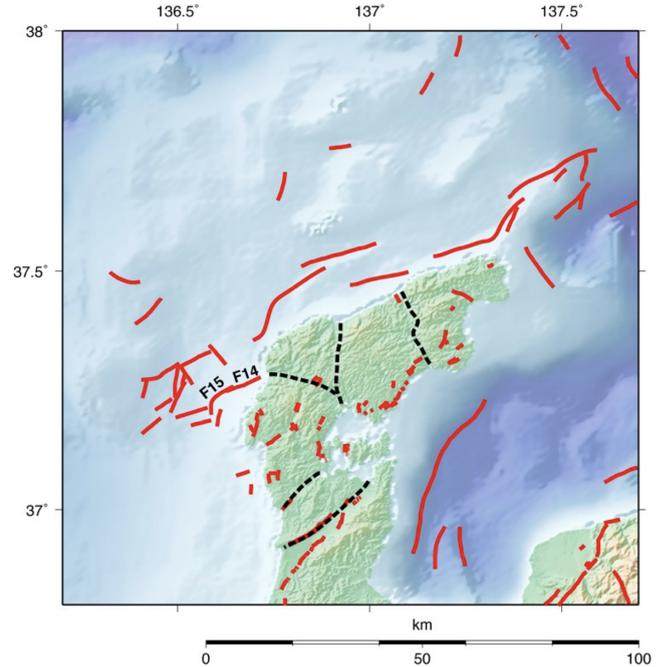
今回のような”流体地震”の特徴として

- ・巨大地震にはなりにくい
- ・大きな地震に伴って小規模の地震が群発する
- ・それらの震源が複数箇所に広がることもある



(2) 提案2

流体に起因する地震が周辺の活断層を刺激し、大地震を誘発することも考えられる。能登地方には大地震を起こしかねない活断層が多数あり、誘発地震が発生する可能性は極めて高いと思われるため、今回の震源から離れた場所でも警戒が必要だと考える。

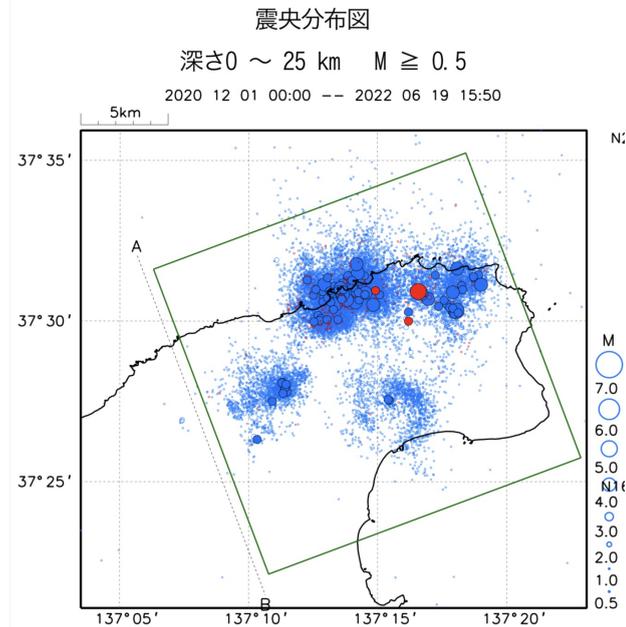


6. 今後の課題

松代群発地震のように、全国で流体地震が発生し得る。今後は、石川県能登地方以外でも流体地震発生危険のある場所を探したい。

7. 引用・参考文献

- 気象庁 | 震度データベース検索
- 気象庁 | 令和4年6月20日10時31分頃の石川県能登地方の地震について
- 毎日新聞 | 石川・能登の地震、地下の流体が要因か さらに大きな地震の恐れ
- 金沢大学理学部地球学科 地震断層研究班 | 2007年度調査報告 能登半島の地形・地質構造と能登半島地震の断層運動
- 国立公文書館 | 松代群発地震 - 災害に学ぶ—明治から現代へ—



5. 自分の提案(答え)

(1) 提案1

2020年12月ごろから今年5月までの間に、地面が4cmも隆起していることが確認されていた。この期間、周辺での地震活動が徐々に活発化した。

→今回の能登地方の地震のような”流体地震”の場合、直前の地面の隆起や小規模地震の群発などから大地震の発生予測が出来るかもしれない。

Snow or Rain?

—雪と雨の境界線を探る—

研究者 2年 1組 31番 西澤和都

1. 研究目的(問題意識)

私たちの住む長野県の冬は寒い。最低気温はほとんど毎日氷点下、真冬日の日もある。北部を中心に雪の日が多く、辺りを見回しても常にどこかに雪がある。しかし、冬でも時に雨が降る。気温が氷点下なのに雨、0°Cなのに雪だったり、雨雪を決めるのは気温だけではなさそう。雪が積もると交通機関等に大きな影響が出るため、これから起きる降水は雨なのか雪なのか、判別できるようにしたいと思った。

2. 現状(先行研究の分析)

(1) 降水の種類別と気温の関係

2023年1月の降水を、雨、みぞれ、雪で色分けをして気温とのグラフを作成した(図1)。

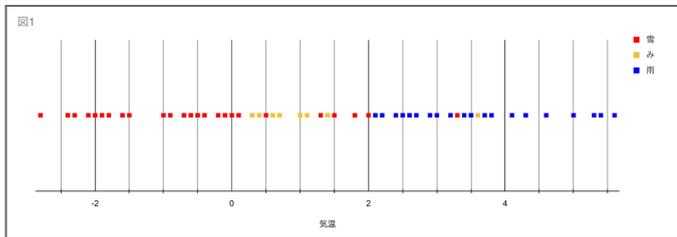


図1 2023年1月の降水現象の区別と気温の関係(気温は-3~5°Cの範囲とした)

このグラフによると、約0°C以下は雪、約2°C以上は雨というように、大まかな規則性が見えるが、2°Cや3°Cの時に雪が降るなど例外が見られる。雪と雨の間にどのような条件があるのか調べることにした。

3. 方法

気温のみならず、さまざまなデータを用いて雨雪のどちらが降るのか、条件を見つける。

①気温+湿度

湿度は雪か雨かを定める重要な条件である。上空の方が気温が低いため、冬の日本付近では、降水粒子は始めは全て雪の結晶として生成される。下層の気温の高さにより融けて雨滴となるが、雪の結晶が落下する際、湿度が高い方がより多くの水蒸気分子に触れるため水滴になりやすいのではないかと考えた。

よって、湿度と気温の組み合わせと、雪雨の関係についてグラフを作成し調べる。

②850hPa気温

850hPaは、地上から約1500m上空である。地上気温の影響を受けないため、大気上層の気温をみるには適している。FXFE5782という数値予報天気図を用いることで、12、24、36、48時間後の850hPaの気温の予想を見ることができると便利である。

この天気図の長野付近を通る等温線から内挿し、1°C単位で850hPaの気温を求め、雪雨との関連をみる。

③500hPa気温

②と同じ要領であるが、850hPaよりも上の層、上空約5500mの気温との関連もみる。同じく数値予報天気図FXFE5782の上段を用いる。

④700hPa湿数

数値予報天気図FXFE5782の上段には700hPa湿数というものがあり、上空約3000mの湿り具合を表している。湿数3°C以下は網掛けがされており、雲が発生しやすいことを示している。②と同じように、長野付近を通る線から内挿し、関連を調べる。

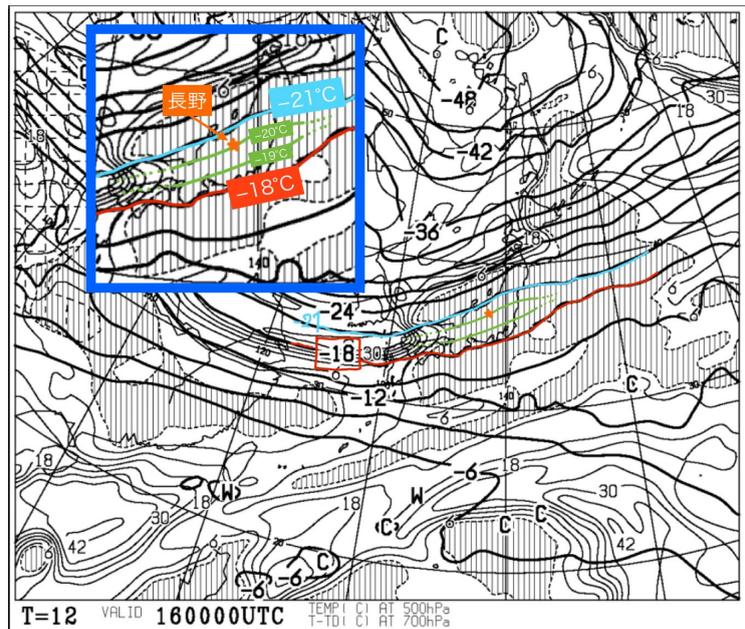


図2 FXFE5782の左上(2023年1月16日9時00分・500hPa・12時間予想)と内挿の方法

この場合は長野付近の上空約5500mの気温は-20°Cと読み取れる

4. 結果

①気温+湿度

図1のグラフの縦軸に、湿度を加えた(図3)。

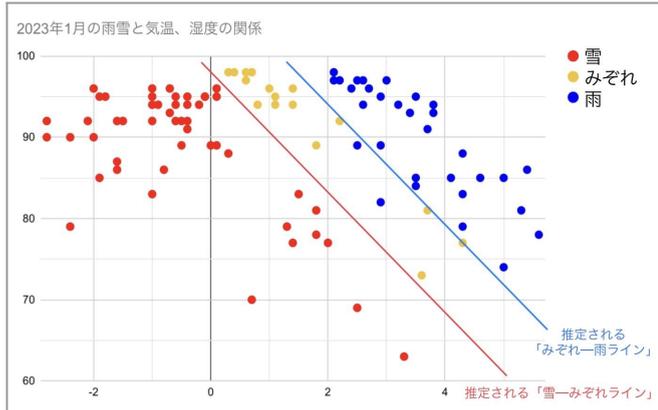


図3 気温・湿度と降水現象の関係と推定される境界線

図3によると、縦軸を加えたことによって、雪と雨、みぞれの区別が非常に明確になり、湿度は降水現象の区別に大きく関わるということがわかった。

湿度が高いほど雨になりやすく、低い方が雪になりやすい。2°Cで雪になる理由も、湿度が低いからであるとわかった。

②850hPa気温・③500hPa気温・④700hPa湿数

これら3つの要素について、6つの例から表を作成した(表1)。

850hPa、500hPa気温の単位は°Cで、700hPa湿数は低いほど湿度が高い。3↓の表示は3°C以下という意味である。

表1 降水種別と850hPa気温、500hPa気温、700hPa湿数との関係

日時	降水種別	850hPa気温	500hPa気温	700hPa湿数
1月1日 21時	みぞれ	-6	-22	3
1月9日 21時	みぞれ	-3	-27	3↓
1月13日 21時	雨	3	-15	3↓
1月16日 9時	雨	0	-20	3↓
1月21日 9時	雪	-10	-23	10
1月26日 21時	雪	-8	-21	6

表1によると、850hPa気温は、0~-3°Cの間で雨からみぞれに変わり、-6°C付近でみぞれから雪に変わりそうだということがわかる。

500hPa気温は、-21°C付近が境界線であることがわかったが、少しばらつきがあった。

700hPa湿数では、湿数が小さい(湿度が高い)方が雨やみぞれが降りやすいことがわかった。

5. 考察・提案

雪雨の判別は、作成した気温+湿度の表(図3)にプロットすると降水種別が求められる。境界線付近の場合は、高層雲天気図を使って総合的に判断するのがよい。

6. 今後の課題

境界線を決める指標が見えてきたので、今後は予報に応用して精度を高めていきたい。

1月にとった高層天気図のデータが6例と少なかったので、もっと多くのデータを集めて、境界線を明確にしていきたい。

7. 引用・参考文献

1) 気象庁

<https://www.jma.go.jp/>

2) Sunny Spot - 専門天気図アーカイブ

https://www.sunny-spot.net/chart/chart_archive.html

3) ナツメ社 - 気象予報士 実技試験合格テキスト&問題集

競馬の勝ち方 —賞金から見える未来—

研究者 2年1組 沖山英 割田朔矢

1. 研究動機

趣味での競馬観戦を通して「様々なレースにおいて勝つ馬を予想することは可能なのか。また、どれくらいの精度で予想することができるのか」ということが疑問だったため、今回のテーマとして選んだ。

2. 先行調査

調査の結果、競馬の予想には多くの方法があることが分かった。

1つ目は、『データを収集・分析する』という方法だ。データとは、「各競走馬の過去の成績、距離・コース適性、タイム、血統、調教、ローテーション、騎手の腕、馬体重、レース傾向など」の多くを指す。これらのデータの多くは、競馬新聞やネットのデータベースから事前に知ることができるものが多い。「過去の成績、距離・コース適性、タイム、血統など」からは各馬の大まかな実力を知ることができ「調教、ローテーション、馬体重など」からは各馬の調子や仕上がりを具合を知ることができ「騎手の腕、レース傾向など」からは馬以外のデータを知ることができる。

2つ目は、『競馬新聞を参考にする』という方法だ。競馬新聞、或いはスポーツ新聞の競馬面では、競馬のプロである「トラックマン」が自分の予想を披露したり、その馬の有力度を◎○▲などで表している。

3つ目は、『パドックで馬体や仕上がりを見る』だ。競走馬には「芝向きの馬、ダート向きの馬、長距離が得意な馬、短距離が得意な馬」など様々なタイプが存在する。一般的には、こうしたタイプの違いは「馬体に幅がある馬は短距離やダート向き、幅がない馬は長距離軽い芝向き」や「胴が短く詰まった馬は短距離向き、長くゆったりした馬は長距離向き」などのように馬体に表れると言われている。また、各馬の当日のコンディションも「馬体、毛ツヤ、歩き方」などを見ると知ることができると言われているが、こうした様子をレース前に周回するパドックで見ることができる。

一般的には大きく分けてこれらのような方法で競馬の予想を行っていることが分かった。

3. 研究方法

先行調査より、様々な予想する方法があることが分かったが「各馬の実力を数値で比較する」ことができそうな『データを収集・分析する』というなかの「過去の成績」を用いて研究を進めることにする。オッズと呼ばれる勝馬馬券が的中した場合の概算払戻率を表しているものは、各馬の人気を表しており、実力が適切に反映されているわけではないという違いがある。

過去の成績を数値化する方法としては、2017年～2021年に開催された対象レースの上位3頭の1試合あたりの平均獲得賞金を比較して、平均獲得賞金と成績にはどのような関係

があるのかをレース別、距離別、階級別、距離階級別、全体で調べる。その後、得られた結果をもとに、2022年のレース結果を予想する。

なお、賞金額として加算されるレースは、日本国内で開催されている「芝のレース」のみであり、「海外、ダート、障害のレース」は調査の対象にしないものとする。距離は、「smile区分」と呼ばれる国際的に用いられている区分法を使用する。階級は、馬の年齢の条件が2歳のを「ジュニア」、3歳のを「クラシック」、3歳以上と4歳以上のものを「シニア」とする。距離階級別はsprintのシニアや、extendedのクラシックのように分類する。

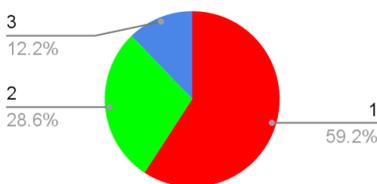
4. 仮説

「1試合当たりの平均獲得賞金が多い馬ほど、勝率も高くなっているのではないかと考えた。」

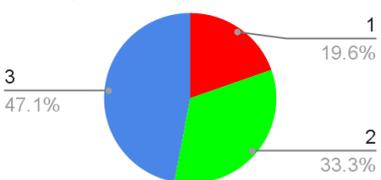
5. 研究結果

調査の結果、左上のグラフのようになっていた。(1位順位、2位順位、3位順位)上位3頭のうち、最も1試合当たりの平均獲得賞金が多い馬の勝率は、6割近くあることが分かった。2番目に多い馬の勝率は2割程度で、3番目の馬の勝率は1割だったということから、1試合当たりの平均獲得賞金が高い馬の成績ほど、

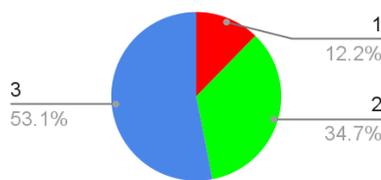
1位順位



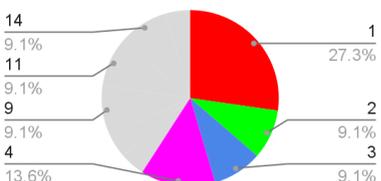
2位順位



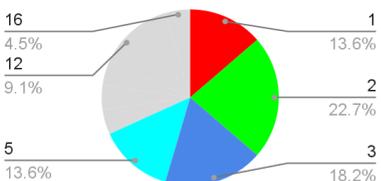
3位順位



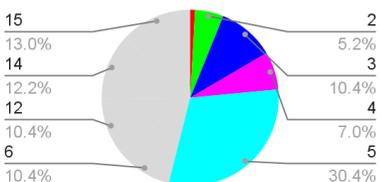
2022 1位



2022 2位



2022 3位



高くなりやすいということが言える。

この結果をもとに、1試合当たりの平均獲得賞金が多い馬が勝利すると、2022年の対象レースを予想した。すると、

2022年の対象レースにおいても「1試合当たりの平均獲得賞金が多い馬の勝率が高い」ということが分かった。(2022 1位、2位、3位)

6. 考察

1試合当たりの平均獲得賞金が多い馬の方が勝率が高いことが分かったが、勝利したのは全22レース中、6レースのみとなった。このような結果になった要因として考えられることは以下の通りである。

- ・「怪我などで長期間レースに出走していなかったため数値が高く表示されている馬」や、「主に海外でレースを走っていたため、数値が少なく表示されてしまっている馬」の存在が考えられる点。今回の調査の仕方では、それらの馬の実力に適した点数がつけられているかどうか定かではない。また、直近の成績などが点数に影響した方が、より正確に予想ができると考えられる。具体的には「○連勝していれば加点○点」や「ボーナスとして○倍」のようにする方法だったり、「出走レースと同じ距離区分のレースで獲得した賞金は○倍して計算する」などが案として挙げられる。

- ・数値が本当に公平であったかどうか不明であるという点。調査をする際に、出走レース数が少ないジュニア級は、ほぼ誤差程度の差しか見られないという点や、シニア級の馬と比較して、クラシック級の馬の数値が高くなりやすいのではないかと気がなった。今回、賞金というデータを用いて比較した理由としては明確な数値で比較したかったためであるため、本当に公平な数値である確証を得るためにもこれからも継続しての調査が必要であると思う。

- ・他にも結果に大きく作用するデータがある点。今回用いた「賞金」だけでなく「血統、レース傾向、騎手、ローテーション」などより多くの情報を用いて予想を立てれば、より正確に予想することができる。なお、今回それらを用いなかった主な理由としては、数値にすることが困難なデータがほとんどを占めているからである。

- ・集めたデータが少ないのではないかと。過去5年間のデータを全体で見ると、1年間で調査の対象のレースは22レース開催されているため、全部で110レース分のデータが集まっている。ところが、個別にレースを見た場合には5レース分のデータしか集まっていないことになる。ただし、芝をメインで走る競走馬の現役期間は、近年では短い傾向が見られ、5年分でも充分であると考えられることできる。

- ・天気や馬場状態、パドックでの馬の様子など当日にならないとどのようになっているのかわからない要素も多くあるという点だ。今回は、事前に分かるデータから予想をするということで研究を進めてきたが、予想の正確性をあげるためには必要不可欠であると考えている。しかし、これらを事前に予想したり、数値化することは不可能に近い。

7. 今後の課題

今後の課題としては、もっと多くの観点からのより正確な予想が求められると思う。考察であげたようなものをできるだけ最適に数値化することができればより正確な予想に繋がると考えている。特に競馬はブラッドスポーツと呼ばれるほど血統が重要視されるものでもあるため、次に調査する際には血統をなんとかして数値化したい。また、多くの観点から予想を立てたときに、どのデータをもとにした予想を重要視するのか

などまだまだ課題は山積みである。

8. 謝辞

今回の調査にご協力して頂いた皆様方に深く御礼申し上げます。

9. 引用・参考文献

- 1) JRA-VAN <https://ira-van.jp/fun/baken/index8.html>
- 2) 国際競馬統括機関連盟 <https://www.ifhaonline.org/>

－単位分数の分解－

研究者 2年 4組 20番 中村美咲

1. 研究目的(問題意識)

数学の定理で、整数や実数に関しては多くの公式を目にする
が、単位分数(分子が1で、分母が正の整数。 $\frac{1}{2}$ など)に
限定した定理は知らなかった。そのため、日本数学コンク
ールの問題の中で、単位分数について扱った問題に興味を持
ち、数を単位分数に限定したときに、どのような定理が現れる
のかを研究することにした。

2. 現状(先行研究の分析)

(1) 問題説明

分子が1で、分母が正の整数の平方(2乗)数を“単位平方分
数”ということにする。

例えば、 $\frac{1}{2}$ は以下のように異なる10個の和で分解できる。

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{12^2} + \frac{1}{15^2} + \frac{1}{20^2} + \frac{1}{28^2} + \frac{1}{35^2}$$

(10が $\frac{1}{2}$ を表す最小の単位平方数の個数であるかはわから
ない)

このように任意の単位分数を出来るだけ少ない数の異なる単
位平方数の和に表す一般的な方法をもとめる。

(2) 先行研究の分析

・分母が異なる単位分数の和のことをエジプト分数と言う。エ
ジプト分数に関しては次の定理がある。「任意の正の有理数
は異なる有限個の単位分数の和で表される。」

・単位分数に分解する方法として、“強欲算法”が挙げられて
いる。強欲算法とは「単位分数の和に展開しようとする分数に
対して、それ以下の最大の単位分数をとる。それを引いた残
りに対しても繰り返して最大の単位分数をとる」と言うものである。

$\frac{6}{7}$ を強欲算法で単位分数にする。

$\frac{6}{7}$ より小さい最大の単位分数は $\frac{1}{2}$ 。残りは、

$$\frac{6}{7} - \frac{1}{2} = \frac{5}{14}$$

$\frac{5}{14}$ より小さい最大の単位分数は $\frac{1}{3}$ 。残りは、

$$\frac{5}{14} - \frac{1}{3} = \frac{1}{42}$$

$\frac{1}{42}$ は単位分数。

$$\text{よって、} \frac{6}{7} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{42}$$

しかし、強欲算法はときに複雑な単位分数の展開を与える場
合がある。

例えば、 $\frac{5}{121}$ を強欲算法で展開すると

$$\frac{5}{121} = \frac{1}{25} + \frac{1}{757} + \frac{1}{763309} + \frac{1}{873960180913} + \frac{1}{1527612795642093418846225}$$

となるが、

$$\frac{5}{121} = \frac{1}{33} + \frac{1}{121} + \frac{1}{363}$$

の方が簡潔である。

・Grahamによると、正の有理数が「分母が平方数であるような
異なる有限個のエジプト分数の和」として表すための必要十
分条件は正の有理数が次の集合に属することである。

$$(0, \frac{\pi^2}{6}) \cup [1, \frac{\pi^2}{6})$$

・「ラグランジュの四平方の定理」によると、すべての自然数は
高々4個の平方数の和で表される。

$$2 = 1^2 + 1^2 + 0^2 + 0^2、$$

$$6 = 1^2 + 1^2 + 2^2 + 0^2、15 = 1^2 + 1^2 + 2^2 + 3^2 \text{ など}$$

3. 実験結果・考察

方法① 不等式により絞り込み、具体的な数
($\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 、...)を単位平方数に分解する。

結果

5個の異なる単位平方分数の和の最大値は、分母が2から6
の自然数の二乗の和である。しかし、下記の式より、 $\frac{1}{2}$ より

小さくなるので、5個の異なる単位平方分数の和で表すことは
できない。

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2}$$

6個の異なる単位平方分数の和の最大値は分母が2から7の
二乗の和である。下記の式より、その和は $\frac{1}{2}$ より大きくなる。

$$\frac{1}{2} < \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2} + \frac{1}{7^2}$$

以上より、

$\frac{1}{2}$ が6個の異なる単位平方分数に分解できると仮定する。

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{a_1^2} + \frac{1}{a_2^2} + \frac{1}{a_3^2} + \frac{1}{a_4^2} + \frac{1}{a_5^2} + \frac{1}{a_6^2} \text{ とおく。}$$

$$2 \leq a_1 < a_2 < a_3 < a_4 < a_5 \text{ とする。}$$

$a_1 \geq 3$ と仮定すると、6個の異なる単位平方分数の和の最
大値は分母が3～7の二乗の和である。しかし、下記の式よ
り、 $\frac{1}{2}$ より小さくなる。したがって、 $a_1 = 2$

り、 $\frac{1}{2}$ より小さくなる。したがって、 $a_1 = 2$

$$\frac{1}{a_1^2} + \frac{1}{a_2^2} + \frac{1}{a_3^2} + \frac{1}{a_4^2} + \frac{1}{a_5^2} + \frac{1}{a_6^2}$$

$$\leq \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{8^2} < \frac{1}{2}$$

上記と同様に考えて、

$$a_2 \geq 4, a_3 \geq 5, a_4 \geq 6, a_5 \geq 7, a_6 \geq 8,$$

と仮定して矛盾を導くと、

$$a_2 = 3, a_3 = 4, a_4 = 5, a_5 = 6 \text{ が分かる。}$$

そして、

$$\frac{1}{a_6^2} = \frac{131}{3600} \text{ となるが、これを満たす自然数は存在しない。}$$

ゆえに、 $\frac{1}{2}$ は異なる6つの単位平方分数に分解することはできない。

次に $\frac{1}{2}$ が異なる7個の単位平方分数の和で表せると仮定して、同様の操作を行おうとしたが、かなりの時間と手間を要し、一般的で有効な方法とは考えにくい。

考察①

不等式で絞り込むのは、操作の回数がとても多く、どれくらいの操作で終わるのか分からない。有効な方法ではない。

方法②「ラグランジュの四平方の定理」を応用する

「ラグランジュの四平方の定理」とは「すべての自然数は高々4個の平方数の和で表される。」である。

この証明には、オイラーの四平方恒等式が使われている。オイラーの四平方恒等式とは、以下のように「四つの平方数の積は、四つの平方数の和として表される」というものである。具体的には下記の式のようになる。

$$\begin{aligned} & (a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 + b_4^2) \\ &= (a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + a_4b_4)^2 + (a_1b_2 - a_2b_1 + a_3b_4 - a_4b_3)^2 \\ &+ (a_1b_3 - a_2b_4 - a_3b_1 + a_4b_2)^2 + (a_1b_4 + a_2b_3 - a_3b_2 - a_4b_1)^2 \end{aligned}$$

上記の式より、

「全ての素数が高々4個の平方数で表される。」ならば、「すべての自然数は高々4個の平方数の和で表される。」ことが分かる。

例えば、 $21 = 3 \times 7$ の場合、

$$3 = 1^2 + 1^2 + 1^2 + 0^2, 7 = 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2 \text{ を代入して、}$$

$$21 = (1^2 + 1^2 + 1^2 + 0^2) \times (1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2)$$

オイラーの四平方恒等式に代入して

$$= 3^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2$$

したがって、

オイラーの四平方恒等式のような式が単位平方分数でも成り立ち、分母が素数である単位平方分数を単位平方分数に分解できたならば、その恒等式に代入することで、単位平方分数をいくつかの単位平方分数に分解することが出来る。

結果

オイラーの四平方定理に単位平方分数をそのまま代入しても、単平方分数の和にはならない。

例えば、

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{25^2} + \frac{1}{10^2} + 0^2 + 0^2$$

$$\frac{1}{90} = \frac{1}{10^2} + \frac{1}{30^2} + 0^2 + 0^2 \text{ であるが、}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{1800} &= \frac{1}{20} \times \frac{1}{90} \\ &= \left(\frac{1}{5^2} + \frac{1}{10^2} + 0^2 + 0^2 \right) \\ &\quad \times \left(\frac{1}{10^2} + \frac{1}{30^2} + 0^2 + 0^2 \right) \end{aligned}$$

オイラーの四平方恒等式に代入して、

$$= \left(\frac{7}{300} \right)^2 + \left(\frac{1}{300} \right)^2 + 0 + 0$$

考察②

オイラーの四平方恒等式を単位分数に応用するのは難しい。

$$\begin{aligned} & (a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 + b_4^2) \\ &= (a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + a_4b_4)^2 + (a_1b_2 - a_2b_1 + a_3b_4 - a_4b_3)^2 \\ &+ (a_1b_3 - a_2b_4 - a_3b_1 + a_4b_2)^2 + (a_1b_4 + a_2b_3 - a_3b_2 - a_4b_1)^2 \end{aligned}$$

なぜなら、単位分数の積は単位分数ではあるが、

$$\frac{1}{a} \times \frac{1}{b} = \frac{1}{ab}$$

単位分数の和は単位分数になるとは限らず、恒等式をつくる場合、和が単位分数になるように配慮する必要がある。

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

また、 $1/2$ の単位平方分数の分解から単位分数は高々〇個の単位平方分数で表されるのであれば、それは7以上である。したがって、オイラーの四平方恒等式を単位分数に応用する場合、かなり複雑な式になると考えられる。

方法③ 分母を因数分解し、規則性を見つける。

結果

$\frac{1}{2}$ を単位平方分数に分解したとき、その分母を因数分解する。

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{12^2} + \frac{1}{15^2} +$$

$$\frac{1}{20^2} + \frac{1}{28^2} + \frac{1}{35^2} \text{ より、}$$

$$4 = 2^2 \quad 12 = 2^2 \times 3 \quad 15 = 3 \times 5 \quad 20 = 2^2 \times 5 \quad 28 = 2^2 \times 7 \quad 35 = 5 \times 7$$

上記より、どの素数も2回以上出てきている。

仮説

「 $\frac{1}{n}$ (n は2以上の整数)を単位平方分数に分解するとき、

n の約数ではない素数 p を分母の約数を持つ、単位平方分数が存在する場合、 p を因数にもつ単位平方分数は2つ以上存在する。」

例えば、3は2の約数ではないので、下記のように3を約数にもつ分数が2つ以上ある。

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{12^2} + \frac{1}{15^2} + \frac{1}{20^2} + \frac{1}{28^2} + \frac{1}{35^2}$$

$$3=1 \times 3, 12=2^2 \times 3, 15=3 \times 5$$

証明

$\frac{1}{n}$ は以下のように単位平方分数に分解できるとする。

(p は素数で n の約数ではない。 t, a_k は自然数。 $a_k \geq 2$)

$$\frac{1}{n} = \left(\frac{1}{tp}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_4}\right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{a_k}\right)^2$$

$\left(\frac{1}{tp}\right)^2$ を左辺に移行して、

$$\frac{(tp)^2 + n}{n(tp)^2} = \left(\frac{1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_4}\right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{a_k}\right)^2$$

n は p を約数に持たないので、分子である $(tp)^2 + n$ は p を約数にもたない。

つまり、 $\frac{(tp)^2 + n}{n(tp)^2}$ は p で約分できない。

よって、 $\frac{(tp)^2 + n}{n(tp)^2}$ を約分した場合、分母は p を約数にもつ。

ゆえに、右辺も通分・約分したときに、分母は p を約数にもつ。

したがって、 $a_1 \sim a_k$ のいずれかは p を因数にもつ。

考察③

「 $\frac{1}{n}$ (n は2以上の整数)を単位平方分数に分解するとき、

n の約数ではない素数 p を分母の約数を持つ、単位平方分数が存在する場合、 p を因数にもつ単位平方分数は2つ以上存在する。」

4. まとめ

・不等式で絞り込むのは有効な方法ではない。
・オイラーの四平方恒等式を単位分数に応用するのは難しい。

・ $\frac{1}{n}$ (n は2以上の整数)を単位平方分数に分解するとき、 n の約数ではない素数 p を分母の約数を持つ、単位平方分数が存在する場合、 p を因数にもつ単位平方分数は2つ以上存在する。

5. 今後の課題

日本数学コンクールの締め切りに間に合わず、一般的な単位分数を単平方分数に分解する一般的な方法を見つけることが出来なかった。今後、発表される解説と自分の考察を照らし合わせて、何が足りなかったのかと自分の考察と合わせて、発展的な内容を考えたい。

6. 参考文献

- 1) 日本数学コンクール
<https://sites.google.com/view/jmathcon/home>
- 2) 高校数学の美しい物語 「エジプト分数(単位分数の和)に関する4つの話題」
<https://manabitimes.jp/math/2263>
- 3) INTEGERS 「エジプト分数とグラハムの定理」
<https://integers.hatenablog.com/entry/2016/06/23/232847>
- 4) 多角数に関する一つの定理 寺垣内 政一(広島大学大学院教育学研究科 19P)
<https://home.hiroshima-u.ac.jp/~teragai/polygonal.pdf>
- 5) 野村数学研究所 オイラーの四平方定理
<https://www.nomuramath.com/hsxbmgu2/>

屋代高校専用アプリの開発

— 独自暗号の安全性 —

研究者 2年 4組 14番 氏名 田中樹
2年 4組 8番 氏名 窪田宙彦

1. 研究目的(問題意識)

現在屋代高校ではiPadの導入などのデジタル化が進められているが、オンライン上での情報源が分散してどこにどの情報があるのか分かりにくい。また、現在の高校の日課・コースのシステムは複雑で特編授業の際に混乱することが多い。

そこで、屋代高校の学校生活に関する情報をまとめて提供するアプリを作成し、生徒が必要な情報にすぐにアクセスできるようにしようと考えた。また校内システムという性質上、校外に情報が漏洩しないためのセキュリティを強固にする必要があるため、より突破されにくい認証方法を研究しようと考えた。

2. 現状(先行研究の分析)

現在学校生活に関する情報が提供されている場所
オンライン上

- ・Google Classroom
 - ・Googleカレンダー
 - ・ロイロノート
 - ・屋代高校公式ホームページ
 - ・はとボード(高2のみ)
 - ・図書館の庭
- オフライン(紙ベース等)
- ・時間割
 - ・年間行事予定
 - ・各種お便り(オンラインも併用)

システムに利用できそうな現状のログイン例

(1) パスワード認証

ユーザーを「ID」と「パスワード」により認証するもの。総当たり攻撃やパスワード漏れなどの問題がある。

(2) 生体認証

指紋、顔、静脈、虹彩、声紋など、本人の身体から得られる生体情報の一部を登録し、認証する方式。生体情報は変化するため、生体認証の精度を100%にはできない。また個人情報である顔の画像や声などを、認証情報として登録することに抵抗を感じる人も少なくない。

(3) ゼロ知識認証

証明者が検証者に、自分の持っている命題が真であることを伝えるのに、真であること以外、何の知識も伝えることなく証明できるような対話(非対話)知識証明プロトコル。(証明者が現実的な時間で計算できなければ、その情報を持っていないとみなすことができる。)

簡単に言い換えると、情報と鍵から暗号を生成し二人が暗号を見せ合い、それらが同じ値だったらどっちも同じ情報を持っていると共有することができる。このとき見せあいをした暗号から元の情報へと逆算が不可能であれば当事者以外が元の情報を盗むことができなくなる。

そこでゼロ知識証明を利用した本人の身分証明を用いたログインをコンビネーションを用いてプログラムし、従来の離散

対数仮定を用いたプログラムとの逆算にかかる時間の差を比較した。

素因数分解問題

p, q : 素数

$$(1) pq=n \longrightarrow n=??$$

p と q (それぞれ秘密鍵のもと)から n は容易に求められるが、 n から p と q を求めるのは困難

離散対数問題

p : 素数

$$(2) y=g^x \pmod p \longrightarrow x=?$$

x (秘密鍵)、 p, g から y は容易に求められるが、 y, p, g から x を求めるのは困難

楕円曲線上の離散対数問題

P, Q : 楕円曲線 $y^2=x^3+ax+b \pmod p$ を満たす点 (x, y)

p : 素数

$$(3) Q=iP \longrightarrow i=?$$

i (秘密鍵)、 P から Q は容易に求められるが、 P, Q から i を求めるのは困難

(図) セキュリティに用いられる数学的問題

3. 研究方法(研究手法)

オンライン上で提供されるデータのうち、個人レベルで分かれていないデータと、オフラインで提供されているデータをデジタル化し提供することを目標としてアプリを開発した。スマホ、iPad、PCなどの多くの種類の端末から使用できるよう、ブラウザからアクセスすることでどの端末からも使えるWebアプリケーションとして開発した。

逆算不可(現実的な時間では不可能)となるものとして、組み合わせの計算で用いるコンビネーションを使うとどうなるのか

を研究した。

(グラフ)

データを1234、 $10^n \sim 10^{(n+1)}$ までのランダムな数を鍵として計算し、そのコンビネーションから鍵のみを使ってデータを逆算する際にかかった時間tとする。これを $4 \leq n < 500$ まで繰り返した。

離散対数仮定を用いたときも同様に、データを1234、 $10^n \sim 10^{(n+1)}$ までのランダムな数を鍵として計算し、その計算した値から鍵のみを使ってデータを逆算する際にかかった時間tとする。これを $4 \leq n < 500$ まで繰り返した。

4. 結果・考察

作成したWebアプリケーションは以下のURLで公開している。

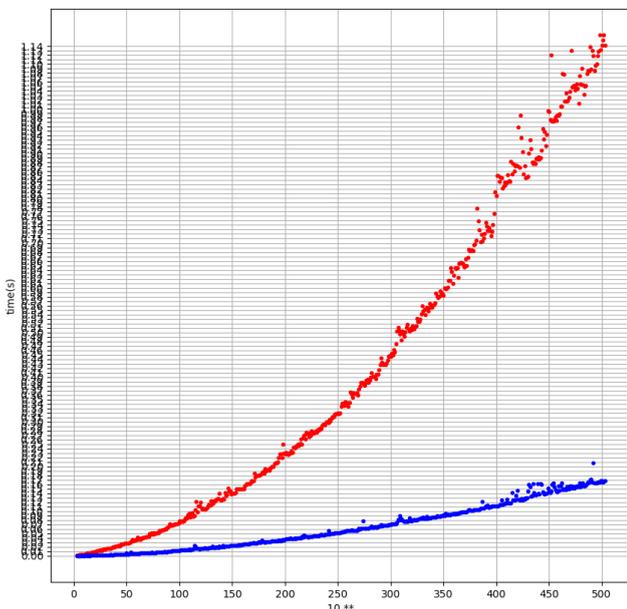
<https://hato.cf/>

このアプリケーションでは、

- ・時間割
- ・年間行事予定
- ・Googleカレンダー
- ・はとボード
- ・図書館の庭

の機能をアプリ内に組み込み、ダッシュボードからまとめて情報を閲覧できるようになっている。また、時間割と年間行事予定については、誰でも編集が可能ないわゆる「Wiki」のようなシステムになっていて、予定の変更等にも柔軟に対応できる。

<グラフ>



赤:コンビネーション
青:乗算

グラフの通り、コンビネーションを用いて暗号化した方が逆算により多く時間がかかった。

5. 自分の提案(答え)

今回作成したアプリはこれからも機能を追加していく予定で、学年通信・お知らせ類の掲示板や予定の通知機能などの追加、PCやタブレットに最適化したUIの実装を計画している。今後このアプリが発展していった際、生徒だけでなく先生方にも使って頂くことによって、より一層情報が充実していくことができるのではないかと考えている。

予想を反して自分の考えたコンビネーションの方がセキュリティが硬いこととなった。またコンビネーションは nCr とすると $(n-r)$ のどちらも取れるため逆算された時もどちらが元の情報かわからなくなるため、意図はしていないがそこも利点とも言える。ただハッシュ化という技術もあるので実用的ではないと考えられた。

6. 今後の課題

Webアプリについてはいまのところ利用者が少ない。利用者が利用者同士で環境を整備するシステムであるため、アプリを実用的にしていくためにはより多くの人に使ってもらうことが発展の鍵になる。これからさまざまな手段を使って宣伝していき、利用者の増加に従ってアプリがどう発展していくか観察していこうと思う。

今回は計算にかかる時間を測定をしていなかったが、コンビネーションを用いた方がプログラムの実行に長い時間がかかっていたので、そこが対数のものより劣っていると感じた。そこをしっかりと調べていきたい。また今回の研究以外でも逆算不可という利点を利用できないか考えていきたい。

7. 引用・参考文献

- 1)アプリ作成に当たって参考にしたWebサイトは数が多すぎるため、省略させていただきます。アプリで使用している技術の詳細についてはアプリのGitHubリポジトリ(<https://github.com/hato-org/hato>)をご確認ください。
- 2)ゼロ知識証明はいいぞ - Zenn
<https://zenn.dev/senk/articles/c12206d0709fcbd41e39>
- 3)暗号と数学はどういう関係があるの？
<https://xtech.nikkei.com/it/atcl/column/16/072100153/072100009/>

医療現場へのAI利用

～医療従事者の負担をAI技術を用いて削減するためには～

研究者 2年 6組 31番 福原 拓真

↓実際の診療報酬明細書

診療報酬明細書 (医療入票) 令和 年 月 日 13

① 診療行為の内容と点数

② 請求点数 (1点=10円)

1. 研究目的

コロナ禍で人員不足や過重労働が露呈した医療現場をここ数十年で発達しているAI技術を活用して、効率化を図り医療従事者の負担を少しでも減らすことに貢献したいと考えたため。

2. 現状(先行研究の分析)

□現代のAI技術の活用例

(1) AI問診

患者にタブレットで問診票に入力してもらうことで、カルテに反映できる。AIが患者の入力した内容に対して、症例などを元に質問内容を自動生成し、より詳細な深い内容まで聞き取りが可能になった。(実際に受けてみたが、とても問診が長くストレスが溜まるくらいには面倒だった。)



(2) 画像診断

AI活用の最も代表的な分野。膨大な画像データから深層学習したAIが身体の状態を見分けて、病気を特定できる。特にMRI、CT、レントゲン、内視鏡など各種データに利用されている。主治医の診断の補助の役割がある。

□現状からの考察

現在では、AIの技術はかなりの発達を遂げたものの、実際の医療現場での活用は主に医療従事者の完全代行的な活用ではなく、医療従事者のサポートをする拡張的な活用がされていることがわかった。これらは安全性の面からかな？

よって、今回考える活用方法は近未来的なAIによる完全代行は行わない。

3. 研究方法(研究手法)

□活用方法

この研究では、2の現状考察よりAIで人をサポートする人間拡張的な方法を考える。

そこで注目したのはレセプトの記入である。

そもそもレセプトとは.....

医療機関が保険者(保険会社など)に提出する月ごとの診療報酬明細書のこと。「診療報酬」とは、診療・治療・処方などの医療行為の対価として払われる費用のことで、個々の技術・サービスを点数化した診療報酬点数表を元に算出される。簡単に言えば、「医療費のレシート」!

↑診療報酬点数表

B5 1032ページ

レセプトの記入はこの1000ページの中から診断内容に合うものを探し、点数をつけるのである。この業務をAIを用いて完全自動化することを目指す。そのためには、AIのディープラーニングの技術を利用する。



上記の調査を行うために、診療報酬の要素となる診療の識別を行う。

↑今回は映像によって診断内容を取得するために
実験1. **Teachable machine**というサイトでAIに学習させて画像識別の過程を知る。

・・・2つの似た事象の画像を50枚ずつ学習させて実験いき、何枚で識別可能になったか調べる

実験2. どの程度の画像を識別できるかを調べる

・・・実験1で調べた2つの事象を少しずつ複雑化させていき500枚調べても識別できなかったもの識別不可とみなす

これらの実験には、実際の診断や採血の画像を使うのは困難であり、画像の数が足りないと予想できるため条件を変えやすい事象で代用する。

【事象の条件】

実験1.何を食べているかの識別(ご飯とパン)

実験2. (1)何を食べているかの識別
(スパゲッティとラーメン)

(2)何で食べているか(箸とスプーン)

4. 結果・考察

□実験結果

実験1.

	50	100	150	200	250
識別	✕	✕	○	○	○

実験2.(1)

	50	～	250	300	350
識別	✕	✕	✕	○	○

(2)

	50	～	400	450	500
識別	✕	✕	✕	✕	✕

□考察

実験の結果より、複雑な事象ほどたくさんの素材が必要となることがわかった。実際の使用となると、多くのことを識別しなければいけないため、時間はかかるが可能なことである。

5. 自分の提案

□まとめ

医療事務へのAI活用は現在では、簡単ではないが、大規模な開発ができれば可能であると思われる。この活動に自分ができることは、AIをさらによく知り、AIの知識を広めることである。

□提案

便利でハイテクなAIを知ることはこの先の時代を生きる僕たちにとって**must**なことなので、ぜひ皆さんにもAIについて調べてもらいたい！！

そして、AI利用について今回考えた医療以外での活用方法を考えてみるのも面白いだろう

6. 今後の課題

レセプトの活用には、今回調査した診断時の識別に加えて医療報酬点数との照合が必要になってくるために、現在使用できるAIではレセプトの完全自動化が困難である可能性が高いと思われる。これからも最新のAIの情報を入れる必要があるだろう...

7. 引用・参考文献

1) 医療業界におけるAI活用事例・サービス16選

-AI Market https://ai-market.jp/industry/medical_ai/

2) AI医療の現状と未来-EAGLYS株式会社

<https://www.eaglys.co.jp/news/column/ai/aimedical/>

3) 「レセプト」とは？-ニチイまなびネット

<https://www.e-nichii.net/iryo/iryojimu/column/05548.html>

4) TeachableMachine

<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

注意1. 図下表上

①図・グラフの説明ACは、その下

プログラミングの学習への活用性

—新たなアプローチの方法—

研究者 2年 1組 18番 鈴木三四朗
2年 4組 23番 西澤慶

1. 研究目的

webブラウザ、SNSなどが普及し、それらはプログラムによって動作している。現代、またこの先の未来を生きる上でプログラミング能力は高く評価される。(実際、SE等の仕事の平均年収は高い傾向にある。)そのような経緯でプログラミングに興味を持ち自らも学びたいと思った。そして学ぶなら何か身近なものの役に立てることに生かそうと、学習に活用できないかと考えた。しかし、現在様々な学習用アプリがあり、既存のものには有用性が証明できている。なのでそのようなものとは異なる機能を用い、学習への新しいアプローチができないか研究した。

2. プログラミングとは

先ほどから「プログラミング」と何回も述べているがそもそもプログラミングとは何か。簡潔に言うと「コンピュータ(複雑な計算を自動で行う機械)に命令を出すプログラム」を作成することである。身近な使用例で言えばパソコン等の電子デバイスが挙げられるが、車やテレビ、果てには電子レンジなどにもコンピュータが組み込まれプログラムされている。

今回は学習に役立つと考えるプログラムをpythonというプログラミング言語で作成し、それが本当に学習の手助けになるものなのかを調べる。

3. 事前調査

プログラミングをどう学習に生かすか考える材料にするため、実際に学習への有用性が示されているプログラミングを使用したアプリケーションを調べてみた。

使用例① アプリ:Studyplus(スタプラ)

日、周、月毎にどれだけ勉強したかをグラフ化できる。また、どの参考書をどのくらいの時間やったのかも記録できる。そしてそれをユーザー間で見ることも可能である。



使用例② アプリ:学習記録帳

勉強時間を様々なグラフで表すことができる。また、試験結果を入力すれば自分の学力の傾向も掴める。



使用例③ アプリ:スマホをやめれば魚が育つ

読んで字のごとく、アプリを起動してタイマーをセットし他のアプリを使わないでいる時間が長いほどキャラクターである魚が育つアプリ。勉強のモチベーションアップにつながると思われる。



いくつか使用例を調べてみて共通していたのはデータを入力してそれを表やグラフなどにし、自分の学習状況(進捗、実力)を視覚的にわかりやすくすることで学習をサポートしているということだ。

これを参考に自分たちも入力されたデータを視覚的にわかりやすく表示することで学習の手助けをしようと、一つ案を考え、実践することにした。

4. 実践案

実際にプログラミングをどのように学習に生かすか。自分たちはExcelを用いようと考えた。Excelであらかじめ参考書の問題番号が振り分けられた表を作成し、そこに問題ごとの正誤を入力することによって表の問題番号のところに印がつき自分が何を間違え、どこの問題まで進んだかを一目でわかるようにするプログラムを作成することにした。しかし、この機能だけではただExcelに自分で色をつければいいだけになるのでその他の機能を追加しデジタルならではの特性を活かそうと思う。その付け足す機能は一日当たりに解いた問題数と一日の勉強時間のそれぞれを棒グラフとして表示させる、というものにした。

そしてこれらの機能を果たすことのできる図1のプログラムを作成しアプリケーションにして普段の学習と比べどう感じたかを複数の質問で被験者から聞き、この方法が新たなアプローチとして有用かどうか結論づける。

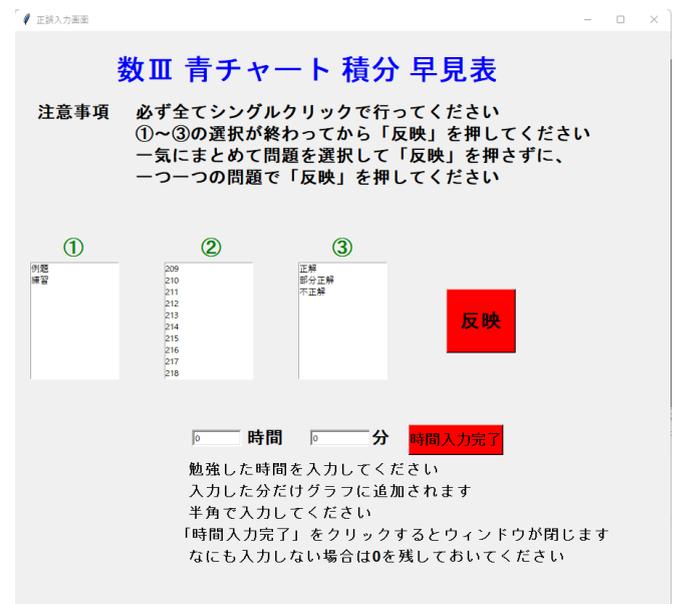


図1 選択した問題の正誤を入力できるウィンドウ

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		例題	209	210	211	212	213	214
3			215	216	217	218	219	220
4			221	222	223	224	225	226
5			227	228	229	230	231	232
6			233	234	235	236	237	238
7			239	240	241	242	243	244
8			245	246	247	248	249	
9			正解					
10			部分正解					
11			不正解					
12								

図2 実際に入力した結果が反映されたExcel

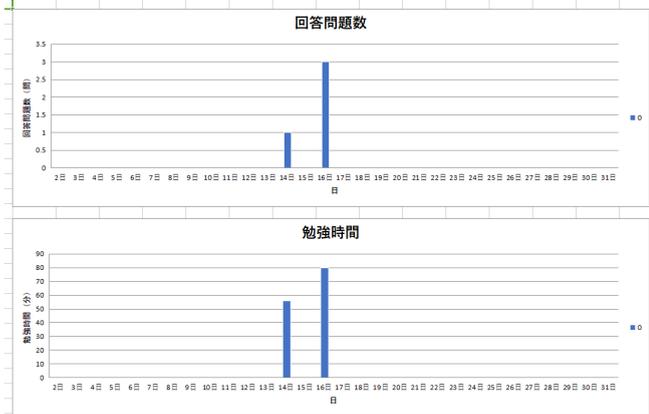


図3 Excelに表示されたグラフ

5. 実践方法

上記のアプリを複数のパソコンを所有している友人にインストールしてもらい、二週間ほどそれを用いて学習を行ったのち、Googleフォームで送った質問に答えてその結果から学習への有用性があるか結論付ける。

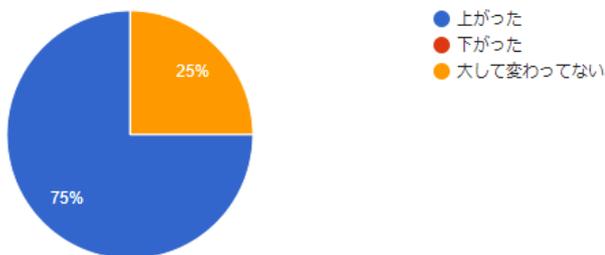
6. 実践結果

(1) 質問内容

- ①単位時間当たりの学習効率は増えたか
- ②学習の理解度は高まったか
- ③学習時間は増えたか
- ④このアプリは使いやすかったか
- ⑤その意見、感想

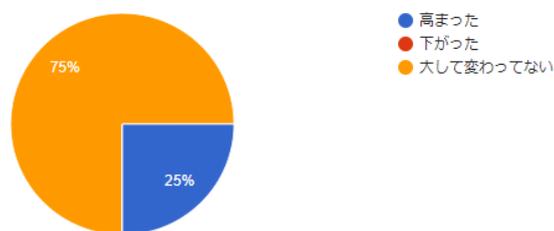
(2) 回答結果

- ①単位時間当たりの学習効率は増えたか



上がった 75% 大して変わってない 25%

- ②学習の理解度は高まったか



高まった 25% 大して変わってない 75%

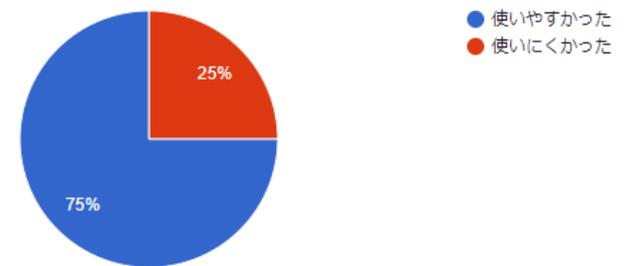
- ③学習時間は増えたか



増えた 100%

(検証に付き合ってくれたので普段より増えたと考えられる)

- ④このアプリは使いやすかったか



使いやすかった 75%

使いにくかった 25%

- ⑤その意見、感想

- ・何をどの順番で選択すればいいか番号がついていたり、ボタンは目立つ色になっていて分かりやすかった。

- ・各ステップの選択肢が選択済みかそうでないかがはっきりわかるのもっと分かりやすくなるかなと思った(選択済みのステップは画面上で押せなくするとか、ステップごと画面を分けるとか)。

- ・プログラムを見た限りだけど、これ以外の範囲をやりたいときにプログラムごと書き直さなければいけないところが面倒だなと思った。どこかに範囲を入力する部分を作っておいた方がいいかもしれない。

- ・見やすい
- ・わかりやすい

- ・扱いづらいわけではないが扱いやすいかは少し悩みました

〈実践の良かった点〉

- ・pythonの構築環境の整っていない人でも使用できるように実行ファイル化して配布した。
- ・低スペックでのパソコンでも動作するようにプログラムを短くしアプリの読み込みを軽減させた。

〈実践の反省点〉

- ・自分がWindowsのパソコンで作成したためそれ以外では動作しなかった。
- ・アプリの開発、デバッグに時間を取られすぎて実践の期間を二週間取るつもりだったのが一週間しか取れなくなり研究データが不足した。
- ・自分のパソコンを所持していて、かつ協力してくれる人が少なかったため被験者の母数も物足りなかった。
- ・このアプリ自体が製作者側が作った問題範囲の回答の正誤判定しかできなく、例えば青チャートの三角関数の範囲がやりたいと思っても使用者側はできなかった。

7. 考察と反省、提案

実践の結果から学習の理解度こそ高める効果はないが時間で見れば効率よくできていることが分かった。このことから、今回のアプリで行った学習への新たなアプロー

チの方法は成功したといえる。

また、今回長期的な実践ができなかったのも、もしかしたら二回目に同じ問題をやるときは今までと違い記憶に定着しやすくなっているかもしれないと思った。

8. これから

上記6・7のことを参考に次にやるときは、こちらが範囲を指定しないで使用者側が自由に参考書の範囲を指定して、それをExcelに反映させるアプリを作ろうと思う。そして今回はパソコン上でしか動作しなかったためその他電子デバイス(タブレットやスマートフォン)上でも動作するようにしたい。そうすれば利便性も向上し、より汎用性のあるアプリになると考える。

9. 引用・参考文献

著書

Python スタートブック 辻慎吾/技術評論社 初版:2010年
最新版:2020

使用アプリケーション/使用言語

Visual studio code, windows power shell / Python

webサイト

study plus <https://www.studyplus.jp>

学習記録帳

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ibaapp.studyrecordbook2&hl=ja&gl=US>

スマホをやめれば魚が育つ

https://apprev.smt.docomo.ne.jp/app_review/00a0a9c/

理科の移動教室をスマホで見よう

ー制御・演算機能をプログラムするー

研究者 2年1組 青木麻耶

1. 研究概要および目的

理科科目の授業があるとき、どの教室に行けばよいかスマホなどの手持ちのデバイスで見られれば便利だと思った。もともとコンピュータプログラミングに興味があったので、コンピュータそのものについて学びつつ不便さを解消したいと考えた。

2. 研究内容と研究方法

小型のカメラを使って理科の移動教室の掲示板を写真で撮り、それを自前のコンピュータから自分で作ったサイトに投げる。生徒のデバイスからそのサイトにアクセスし、ボードの内容をどこにいても見られるようにする。

この実践での課題は主に以下のとおり。

- 1コンピュータをインターネットにつなげるためにどこを通してアクセスするか
- 2最終的な掲示場所となるサイトはどのように準備するか
- 3カメラで撮った写真をある一定の時間おきに更新し続けるプログラムを組む

上記のように実験を進める予定であったが、理科掲示板の掲示方法が変化し計画が頓挫してしまったので、現時点で行ったことをまとめて実践結果の代わりとする。

3.ラズベリーパイを用いるために学んだコンピュータのイロハ

コンピュータは5つの構成要素すなわち、出力装置、入力装置、記憶装置、制御装置、演算装置から成り立つ。

1入力装置とは、コンピュータにデータや命令を入力するための装置で、マウスやキーボードが入力装置にあたる。今回の実践では、掲示板の写真撮るカメラが該当する。

2出力装置とは、コンピュータ内で処理されたデータを、人間が認識できるようにする装置で、具体的にはディスプレイやプリンターが該当する。今回の実践では、生徒の持つアイパッドなどがそれにあたる。

3記憶装置とは、入力されたデータや他の装置からの命令を記憶するための装置で、コンピュータ内のメモリやハードディスクが記憶装置に該当する。

記憶装置は主記憶装置と補助記憶装置に分けることができる。

主記憶装置にはメモリが該当する。

電気をを用いてデータを記憶するため、CPUからの命令に対しても適切なスピードで処理が可能です。

しかし、電気をを用いるため、電源を切るとデータが消えてしまいます。

補助記憶装置にはハードディスクやUSBメモリが該当します。

主記憶装置に比べ、入出力のスピードは遅いが大容量の記憶が可能。

また磁気や光でデータを保存するため、電源が消えてもデータは消えることはない。

4制御装置とは、命令の実行や、周辺装置への動作などの制御を行う装置。

5演算装置とは、足し算、引き算、掛け算、割り算、データ同士の比較などの処理を行う装置だ。

CPU(中央処理装置)が、制御装置と演算装置に該当する。具体的には、CPUでは、記憶装置から呼び出されたプログラムを処理し、出力装置へ動作の命令などを行う。

役割で言えば、プログラムの処理を演算装置、出力装置への動作命令を制御装置が行っている。

今回ラズベリーパイ(超小型コンピュータ)を使おうとした理由のメインは制御装置と演算装置の柔軟性だ。なぜならこの役割は既製品ではすでに完成していて購入者が書き換えられないものが多く、カスタマイズが難しいからだ。今回のように、単純な動作だけを行わせたい場合(写真を撮って別サーバーに投げる)0から演算命令をかけるほうがシンプルで使い勝手がいい。

4. まとめと今後の課題

当初の予定どおり実践が仕切れなかったが、コンピュータについて少し理解を深められた。プログラムを組むために今後も勉強し、三年時につなげたい。

5. 謝辞と参考文献

課題研究担当の志真先生には大変お世話になりました。