

令和3年度 課題研究発表会

論文抄録集

理数科 第35期生

1	ソファ問題へのアプローチ ーハマスレー型ソファの証明と応用ー	・・・	1
2	紙飛行機をより遠くへ飛ばすには	・・・	3
3	ダンゴムシの交替性転向反応の要因に関する研究	・・・	5
4	コーヒーと眠気の関係性について	・・・	7
5	関数地図	・・・	9
6	集中力に関する研究	・・・	11
7	プラズマ ～ヤコブの梯子の再現～	・・・	13
8	ドローンの編隊飛行の有効利用を目指して	・・・	15

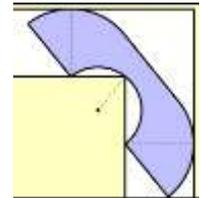
静岡県立掛川西高等学校理数科

ソファ問題へのアプローチ

1 研究の背景と動機

私たちはソファ問題に興味をもち、自分たちなりのアプローチで答えを導き出せないかと考えた。ソファ問題とは「幅1のL字型の通路を通過することのできる図形の最大面積は何か」という議題である。

図1



2 研究内容

2.1 ハマースレー型ソファの最大面積

幅1のL字型の通路の壁に沿って90度回転するハマースレー型ソファ

の最大面積は、 $\frac{\pi}{2} + \frac{2}{\pi}$ である(Wikipediaより)。扇形の面積の合計は $\frac{\pi}{2}$ となる。

ソファ中心部の長方形がえぐられた部分

中心部において接している2点と通路の角は90度を保ちながら回転する。ゆえに通路の角は長方形の内部に半円の弧の軌跡を描く。(図1)

半円の半径を r ($0 < r < 1$) (図2)とすれば、中心部の面積は

図2



$$2r - \frac{\pi r^2}{2} = -\frac{\pi}{2} \left(r - \frac{2}{\pi} \right)^2 + \frac{2}{\pi}$$

つまり $r = \frac{2}{\pi}$ すなわちくり抜く円の半径が $\frac{2}{\pi}$ のとき中心部の面積は $\frac{2}{\pi}$ となる。

すなわちハマースレー型の最大面積は $\frac{\pi}{2} + \frac{2}{\pi}$ となり、確かにWikipedia通りであった。

2.2 ソファの最大面積の一般化

私たちは幅1のどのような角度の曲がり道であっても、その通路を通ることのできる最大の面積を求めるために、道の角度を任意の角度「 θ 」($0 < \theta < \pi$)と置き、最大の面積を求めた。ただし、通路の曲がり角は常に幅が1となるような通路ではなく、L字型通路同様に幅1の通路を2本繋げたような通路とした。

前述したハマースレー型ソファと同様に左右の扇形と長方形とに分けて考える。

中央の長方形からえぐる円の半径を r とし(図3)、求める面積を S とおくと、

$$S = \frac{\pi}{2} + 1 \times r \sin(\pi - \theta) \times 2 - \frac{1}{2} r \times r (2\pi - 2\theta) + \frac{1}{2} r \times r \times \sin(2\pi - 2\theta)$$

$$= - \left(\pi - \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \left(r - \frac{2 \sin \theta}{2\pi - 2\theta + \sin 2\theta} \right)^2 + \frac{\sin^2 \theta}{\pi - \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta} + \frac{\pi}{2}$$

よって「 $\pi - \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta > 0$ 」、 $r > 0$ であれば、 $r = \frac{2 \sin \theta}{2\pi - 2\theta + \sin 2\theta}$

のとき、ソファの最大面積は「 $\frac{\sin^2 \theta}{\pi - \theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta} + \frac{\pi}{2}$ 」となる。

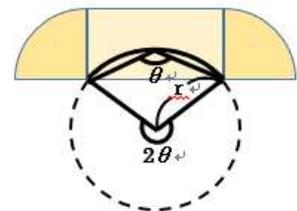


図3

2.3 追加部分の発見

私たちはソファが動く様子をグラフ化している際に、通路の角度 θ が「 $\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$ 」であるとき、面積を少し拡大できることに気が付き(図4)、この追加部分の数式化を行った。

通路の角度 θ が「 $\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$ 」のときの追加部分の数式化

追加部分は三角形から扇形を引いて求める。

$$\frac{1}{2}\tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) - 1 \times 1 \times \pi \times \frac{\theta - \frac{\pi}{2}}{2\pi} = \frac{1}{2}\tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) - \frac{2\theta - \pi}{4\pi}$$

追加部分は両側に存在するため、面積は二倍の「 $\tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) - \frac{2\theta - \pi}{2\pi}$ 」となる。

2.4 ハマースレー型ソファを参考にしたオリジナルの図形の作成

通路の角度が 90 度でハマースレー型ソファよりも大きいソファの考察を行った。まず両脇の扇形に着目した。中心を共有する半径が

r ($0 < r < 1$) と $1 - r$ の扇形を作る(図5)。

最初に、通路の角によってえぐられた部分の面積を考えた。ここで x 軸を図形の底辺、 y 軸を図形の対称線、外側の扇形までの長さを L と定義する(図7)。図7において、えぐられた部分の左側に接する接線と、 x 軸とがなす角を θ とおき(図8)、曲線の x 座標と y 座標を「 θ 」を媒介変数とした関数で表すと、

$$x = r(\sin \theta - \cos \theta) + L \cos 2\theta$$

$$y = -r(\sin \theta + \cos \theta) + L \sin 2\theta + r$$

となる。これを用いてえぐれた部分の面積「 T 」を求めると、

$$T = \int_{\frac{\pi}{2}}^0 y \times \frac{dx}{d\theta} d\theta = \frac{\pi}{2}r^2 - 2Lr - r^2 + \frac{\pi}{2}L^2$$

となる。よって求める図形の全体の面積「 S 」は、

$$S = 2L + 2(1 - r) - 2\left\{(1 - r)^2 - \frac{\pi}{4}(1 - r)^2\right\} - 2\left(r^2 - \frac{\pi}{4}r^2\right) - T$$

$$= -\frac{6 - \pi}{2} \times \left(r - \frac{2 - \pi + 2L}{6 - \pi}\right)^2 - \frac{\pi^2 - 6\pi + 4}{2(\pi - 6)} \times \left(L + \frac{4(4 - \pi)}{\pi^2 - 6\pi + 4}\right)^2 - \frac{\pi^2 - 6\pi + 20}{\pi^2 - 6\pi + 4}$$

$S_{\max} = -\frac{\pi^2 - 6\pi + 20}{\pi^2 - 6\pi + 4} \doteq 2.2129$ となり、ハマースレー型の **2.2074** よりも拡大した。

4 まとめ

今回の研究ではハマースレーの考え方に則り最大面積の一般化をできた点と変数の置き方を考察しハマースレー型ソファより大きな図形を見つけることができた2点が主な成果であった。当初の目的である断定のための条件は見つけることができなかったのどのような変数の置き方が面積を最大化させるのに最適なのかを考えると同時に、自分たちで考察した変数の置き方で一般化の式を作成し、一般化したハマースレーの式と比べどのくらい面積に差が出るかを考えることが今後の展望である。

5 参考文献

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ソファ問題>(2022.1.26)

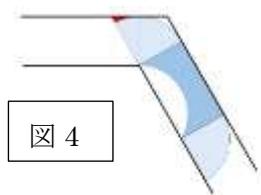


図4

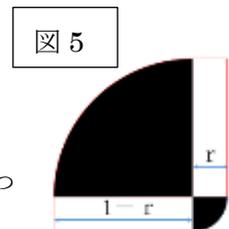


図5

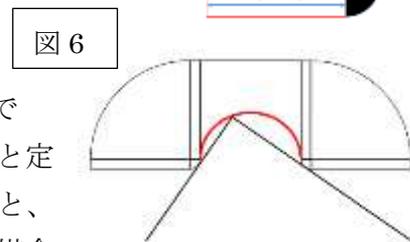


図6

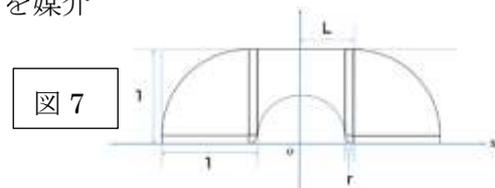


図7

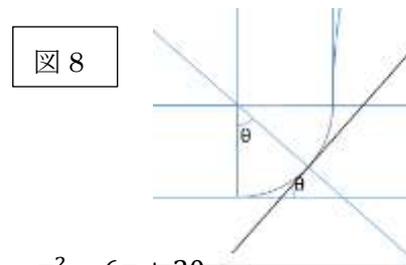


図8

紙飛行機をより遠くに飛ばすために

1. この研究を行った理由

飛行機が飛ぶ原理については、現在でも不明な点が多いが当たり前のように使われていることに対して興味を持った。調べていくと、飛行機の飛ぶ原理は、紙飛行機の原理と同じだと考えられていることがわかった。よって、紙飛行機の飛び方を研究することにより、飛行機の飛ぶ原理を解明しようと考えたことが研究のはじまりである。

果、(図1)のような形状の紙飛行機を用いることにした。理由としては簡単に作れ、強度も備わっていて丈夫だったからである。また、紙のサイズはギネス記録の公認サイズである A4 サイズのコピー用紙を用いた。

2. 実験①・結果①・考察①

私たちは閉め切った体育館で仮説①に従い 45° で思い切り投げた。判明したことは多くの紙飛行機が回転してしまい、距離が伸びなかった。紙飛行機が上を向いてしまった原因は、急激に上向きの力が働いてしまったことだと考えられる。そのため、思い切り投げればいいわけではなく、上向きに旋回が起こらない最大の力で投げる必要があるとわかった。また、角度は 45° より少し低めにしたほうが良い。これらを満たせば一番飛ぶのではないかと考えた。ここで私たちは、知識の補充として揚力について調べることにした。

3. 揚力について

揚力には以下の関係式があることが知られている。

$$L = 1 / 2 \rho V^2 SC$$

L = 揚力
 ρ = 流体の密度
S = 翼の表面積
C = 揚力係数

これからの実験のために揚力を出そうとしたが、揚力を求めるためには揚力係数が必要であり、逆に揚力係数を求めるためには揚力が必要であり、計算だけでは揚力を求められない。私たちは既習事項である力のつり合いの関係から揚力の大きさを求めることができ、そこから揚力係数も計算できるのではないかと考えた。

4. 揚力と重力の力のつり合いについて

紙飛行機が水平に運動している時、紙飛行機に働く重力と揚力が等しくなると考えた。(図2)

5. 実験②・結果②・考察②

紙飛行機を弱い力で水平投射し、その様子をスマホで撮影する。その後、水平に飛んだ時の紙飛行機の速さを、黒板の目盛りと動画の撮影時間から求める。そして、揚力の式を用いて揚力係数を求める。結果は(表1)の通りで、そこから揚力係数が出せたので、旋回を起こさない初速度の最大値がだせる。ただし水平方向に進む場合にのみ適用されると考えられる。

6. まとめ・今後の展望

揚力係数を求めることで、より遠くに飛ばすための初速度を導こうと考えた。しかし、実際に飛ばす角度は水平ではない。それ含めて考えようとする、流体力学、紙飛行機が受ける抗力を理解する必要があり、解決方法を模索していく段階で実験は終了となった。

今後の展望としては、流体力学の内容を深く知り、上向きに旋回しない揚力の最大値を求めたい。そして、その条件をみたす状況(初速度の大きさや角度、翼の大きさなど)を確定させることで、世界一飛ぶ紙飛行機を実現できると考えられる。

7. 参考文献

- 日経ビジネス <https://business.nikkei.com/atcl/seminar/19/00059/061400036/>
 社会人からの物理と数学 <https://youski.hatenablog.com/entry/2019/02/08/134625>
 単位が取れる機械工学 <https://www.youtube.com/watch?v=vi-zD58oofs&t=363s>
 channelONG <https://www.youtube.com/watch?v=LZHq4n1oCHs>
 吉田印刷所 HP <https://www.ddc.co.jp/mail/archives/20090323/110200.html>

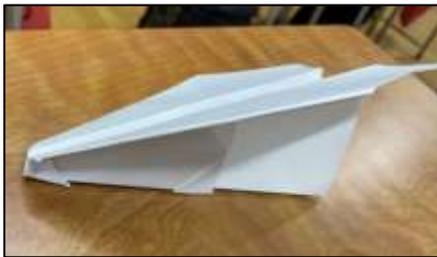


図 1

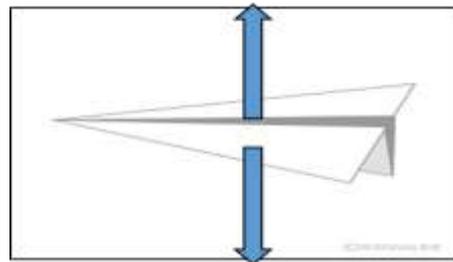


図 2

	気温(°C)	気圧(hPa)	空気密度 ρ (kg/m ³)	速度 V (m/s)	揚力係数 C
1 回目	25.1	1018	1.19	4.87	0.85
2 回目	25.1	1018	1.19	4.49	1.00
3 回目	25.1	1018	1.19	5.67	0.63
4 回目	22.3	1003	1.18	5.25	0.73
5 回目	22.3	1003	1.18	4.87	0.85
				平均	0.81

表 1

ダンゴムシの交替性転向反応の要因に関する研究

1. 動機

ダンゴムシは右に曲がったあとは左に曲がり、左に曲がった後は右に曲がるという交替性転向反応を持つ。この反応を証明する仮説としては、既存の論文より、ダンゴムシの左右の脚の負担を均一にするためというBALM(bilaterally asymmetrical leg movements)仮説が有力であるとされている。また、壁に触れながら歩き、曲がり角では触れていた方向に斜めに移動する傾向(走触性)があるため、転向後にも反対側の壁に接触し、接触を保ったまま前進することで反応が起こるという走触性仮説も一説としてある。そこで、私たちは予備実験を行ったところ、ダンゴムシが壁を進む様子を実際に確認できたため、どちらの仮説が正しいのかを確かめるために実験を行い、検証した。

2. 実験

- ① 図1の装置を使い、ダンゴムシの交替性転向反応を確認するための実験を行う。
- ② 交替性転向反応が起こる限界の長さを調べる。①で用いた装置の各通路の長さを変化させ、①と同様に実験を行う。
- ③ 図2の装置を用いてBALM仮説と走触性仮説のどちらが正しいか確かめるための実験を行う。走触性仮説が正しい場合、ダンゴムシは手前のAで曲がり、BALM仮説が正しい場合、奥まで直進してEに行くと考えられる。
- ④ 八の字の通路を歩かせ、ダンゴムシの運動の様子を観察する。BALM仮説が正しい場合、図3のように歩き、走触性仮説が正しい場合、図4または図5のように歩くと考えられる。

3. 結果

- ① ダンゴムシの交替性転向反応が確認できた(表1)。
- ② グラフ1より、反応の限界値は26～28cmということがわかった。
- ③ 歩行速度の遅い個体は最初の角で曲がり、速い個体は最初の角で曲がる回数と直進する回数がほぼ同じであった(表2)。この結果からはBALM仮説と走触性仮説のどちらが正しいか判断することはできなかった。
- ④ ダンゴムシは図6のように進むという結果が得られた。ダンゴムシはカーブを曲がりきる前に壁を上り外へ出てしまった。左右の運動量の差を合計すると左脚の運動量の方が大きくなる。通路を進む途中で左右の運動量の差が限界に達し、その差を解消するために外へ出たと考えられる。この結果はBALM仮説を支持するものとなった。

4. 考察

ダンゴムシには交替性転向反応が見られ、実験によって、その要因としてダンゴムシの左右の脚の負担を均一にするためというBALM仮説が正しいという結論が得られた。BALM仮説において、26～28cmで左右の足の運動量の差がリセットされるため、それ以上の長さでは交替性転向反応は起こらないということが分かった。ダンゴムシの交替性転向反応に限界値があるため、走触性仮説は正しくないと考えられる。

5. 課題と展望

実験回数に比較し、有効な結果が得られない実験があった。また、ダンゴムシの状態がよくなかったことで、うまく結果が出ない実験があった。そのため、飼育環境を整えたり、新しいダンゴムシを用いたりすることで実験に影響が出ないようにする必要がある。実験①でCに到達する割合が100%にならなかったことから、交替性転向反応は複数の要因が影響することがわかる。通路の幅や、ダンゴムシの生育状態、温度・湿度の要因についても調

査する必要がある。また、ダンゴムシがスタートしてから角を曲がるまでの時間を計測することで交替性転向反応の時間の限界があるのかどうかを研究していきたい。

6. 参考文献

「ダンゴムシの交替性転向反応」、宮村佑太、

<https://www.osaka-c.ed.jp/kishiwada/KeM/pdf/researchPaper2018-6.pdf>

「ダンゴムシの交替性転向反応に関する研究」、今野直輝、

https://www.tsukuba.ac.jp/community/studentskagakunome/shyo_list/2012/jrhigh/5.pdf

「ダンゴムシの生態を探る!？」、平野愛美、

<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=543>

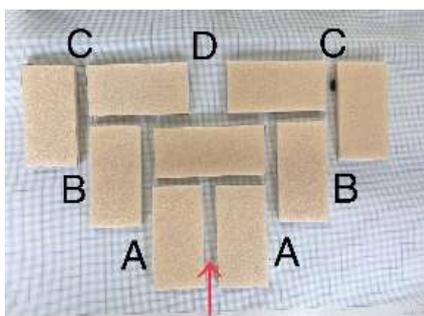


図 1

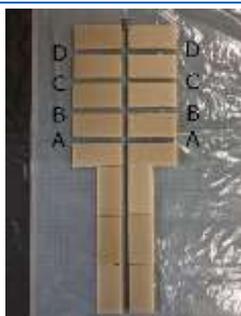


図 2

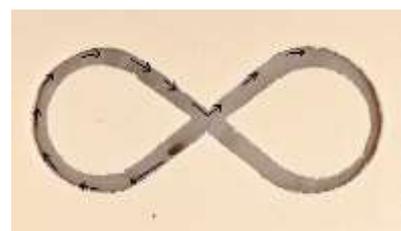


図 3



図 4

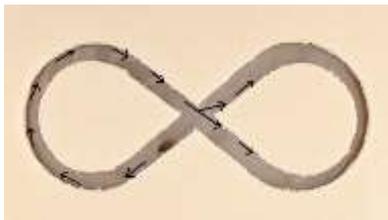


図 5

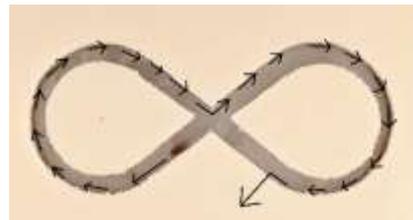


図 6

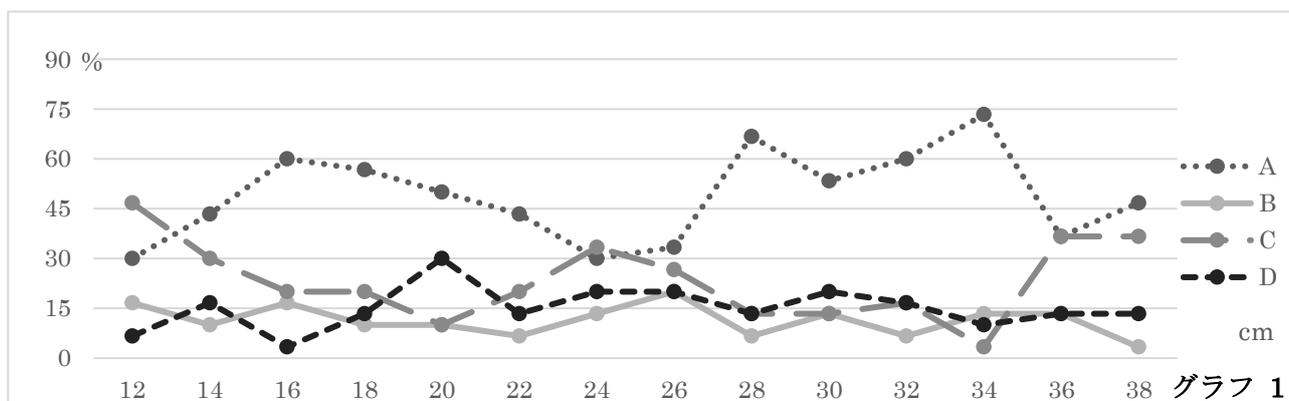
確かめ実験

A	3
B	1
C	13
D	3

表 1

	速い	遅い
A	3	9
B	1	0
C	1	0
D	1	1
E	4	0

表 2



グラフ 1

コーヒーと眠気の関係性について

1. 実験内容

一般に、コーヒーやお茶を飲むことで眠気を覚ますといわれている。これは、コーヒーやお茶に含まれる成分により交感神経が刺激されることによると考えられている。そこで、コーヒー等に含まれる成分と交感神経の関係を、(1)メダカの血流速度の変化と(2)ヒトの心拍数の変化により調べた。メダカの尾ビレは皮膚が薄く、顕微鏡下で赤血球の流れを観察することができ、それをもとに血流速度の測定を試みた。更にメダカはヒトと同じで神経下にあるため、ヒトに近い結果を得られることが想定されるため、材料とした。(血流の流れが速い=興奮状態=交感神経がはたらく)

2. 材料と方法

(1)メダカ実験

- ①メダカをコーヒーで濡らしたガーゼで包む(A)
- ②メダカを水で濡らしたガーゼで包む(B)
- ③A、Bをそれぞれスライドガラスに載せ、5分置く
- ④顕微鏡で観察し、血液の流れる速度を測定する

(2)ヒトによる心拍数の計測

- ①アプリ「Cardio」を用いてヒトの心拍数を計測する
(コーヒー摂取後：コーヒー摂取30分後に計測、計測者：掛川西高生徒及び
教員、コーヒーは株式会社山崎パン無糖200mlずつ摂取)
- ②安静時とコーヒー摂取後のそれぞれでデータを集計する

3. 実験結果

(1)メダカの実験

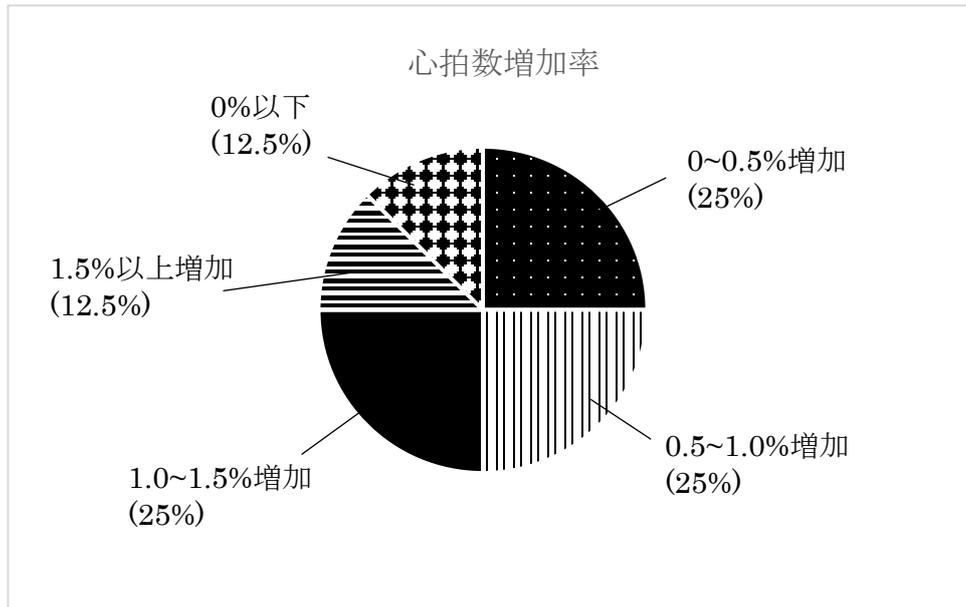
実験は水で7回、コーヒーで8回測定した。それぞれの平均速度は水が56 $\mu\text{m/s}$ 、コーヒーでは100 $\mu\text{m/s}$ であった。

メダカの血流速度の計測結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
水を吸収させたメダカの血液が流れる速さ($\mu\text{m/s}$)	50	25	100	67	33	50	67			56
コーヒーを吸収させたメダカの血液が流れる速さ($\mu\text{m/s}$)	67		100	130	100	33	100	67	200	100

(2) ヒトによる心拍数の計測

コーヒー摂取前後で変化が見られない場合もあったが、ほとんどで心拍数が増加した。



4. 考察

メダカの実験結果では、水に対してコーヒーで処理した個体の方が明らかに血液速度が速かった。このことから、コーヒーによって交感神経が刺激され、赤血球の流れが速くなったと思われる。また、ヒトによる実験結果では、ほとんどでコーヒー摂取後に血液速度の増加が見られた。これはコーヒーを摂取することで交感神経が刺激され、心拍数の増加につながったと思われる。以上2つの実験から、コーヒーにより交感神経が刺激され、血液速度に影響を与えたと考えられる。

5. 今後の展望

コーヒーを取り入れることによりヒトやメダカの交感神経が刺激され、心拍数の増加や眠気を覚ますという結論を導くことができた。今回の実験は、ヒトやヒトと同じ脊椎動物であるメダカを用いて交感神経について考察したが、その他の生物の睡眠と交感神経の関係性についても調べていきたい。今日は、コーヒーという大きなくくりの中で行ったため、今後は緑茶やエナジードリンク類についても検証してみたい。

関数地図

関数地図とは？

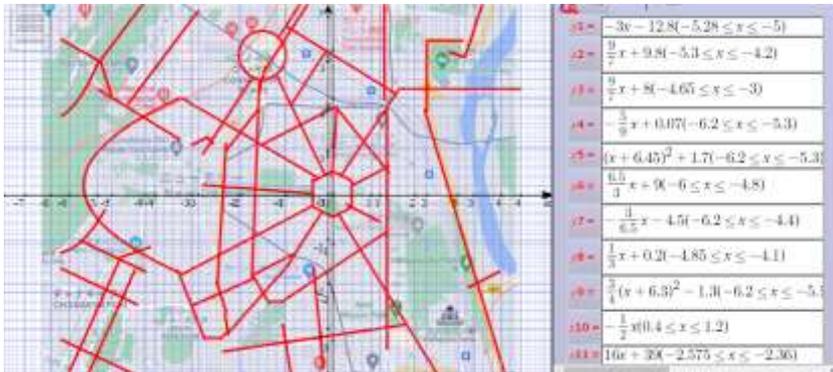
道路の形状を xy 平面状に落とし込み、関数によって道路を表すことで数学的な観点から道路を見つめることができるものとして新しく私たちが考えた地図。

動機

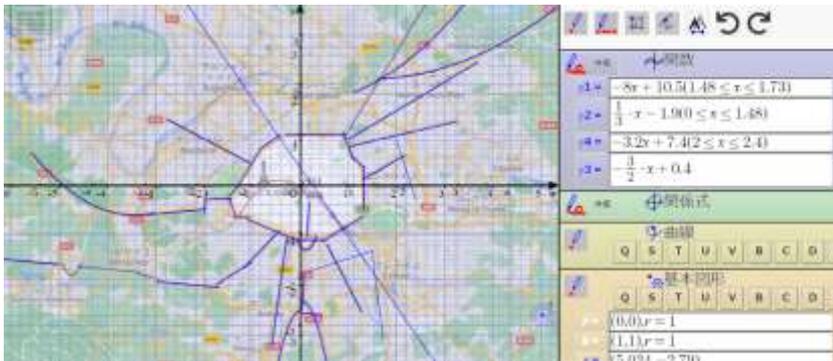
自分たちが普段目に見ている地図上の道路を関数で表すことで、数学的な特徴を見出すことができると思ったから。また、発見した関数地図の特徴を社会のために利用できるのではないかと思ったから。

実際に作成した関数地図の一部

インド ニューデリー



パリ フランス



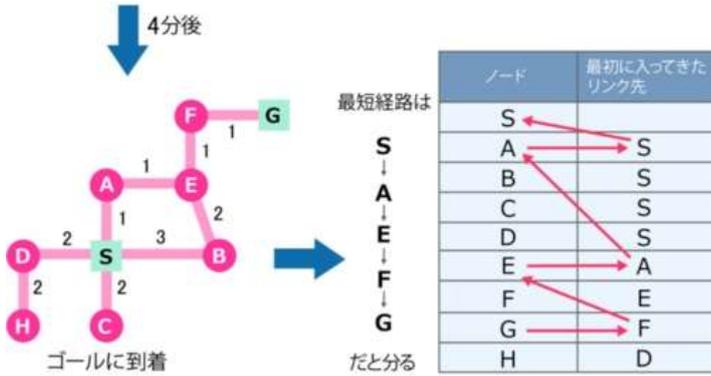
考察を重ねた結果、関数地図は地図情報をデータにできるという利点はあるものの、それ以外の欠点が多いことが分かった。よって関数地図をそのまま社会のために役立てることは難しいと判断した。そこで新たに二つのグループに分かれ研究を進めた。

A 班 関数地図×カーナビ

関数地図の考え方とカーナビの仕組みは似ているのではないかという予想から、カーナビの仕組みについて調査した。

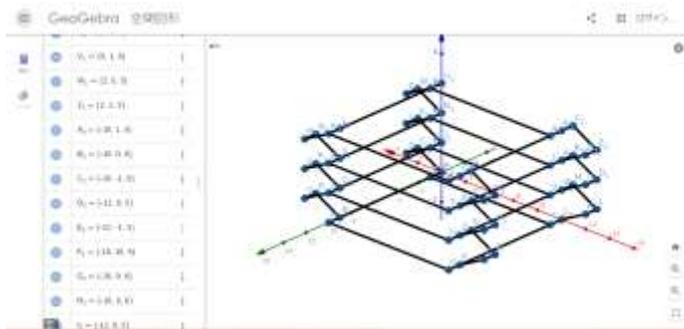
カーナビは道路データをノード（座標）とリンク（座標同士のつながり）で構成していることがわかり、関数地図も座標と関数で道路を表現しているため非常に似た仕組みだと判明。

カーナビの最短経路算出方法



右図のようにカーナビはリンクに所要時間を割り当て、それらを足すことで最短距離を算出している。
この仕組みを身近な場面で実用化できないかと考え.....

ノード	最初に入ってきたリンク先
S	S
A	S
B	S
C	S
D	S
E	A
F	E
G	F
H	D

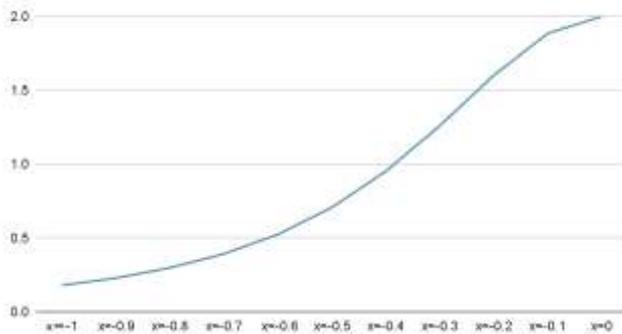


学校ナビゲーションシステムを作れないか考えた。
しかし、技術不足により実現はできなかった。

B班 カーブの関数的な分析

道路について調べている中で、カーブは直線、クロソイド曲線、円で構成されていることが判明。クロソイド曲線は曲率が一定のために、カーブに適している。

二次関数の曲率の変化($y=x^2$)

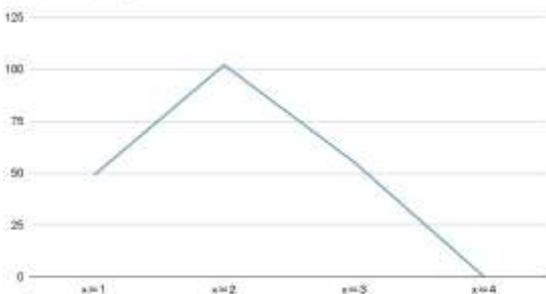


クロソイド曲線以外にもカーブに利用できる曲線があるのではと考え、二次関数と楕円の曲率の変化を調べた。

左図のように曲率が常に一定ではないため、一部なら利用できるかもしれないが
使いやすさという点で劣ることが判明。

←なだらかなように見えて $-0.5 \leq x \leq 0.2$ の時
と $-0.1 \leq x \leq 0$ の時では傾きが大きく異なる。

楕円の曲率の変化



←大部分は直線で傾きが一定だが、 $x=2$ の時
傾きが大きく変化している。

集中力に関する研究

1、研究の目的と動機

効率よく勉強するために、集中力とは何か、集中力を向上させる方法、条件について調べる

2、集中力の実験を行うにあたって

実験を行う前に、それぞれの実験において集中しているとみなす定義を設けた。

「集中」の状態とは、人が自分の注意を外部の特定の何かに向けている状態で、それ以外のものを無視している状態である。また、個人差があるが人には注意（＝意識）を向けることができる対象が限られているため、注意の向くものが多数ある場合（＝マルチタスク）においては集中している状態にはなりにくい。そのため、「集中している状態」になるには、基本的に注意を向ける対象を少なくする必要がある。

この考え方を参考にして、実験ごとに集中しているとする定義を設けた

3、実験とその方法、結果（一部実験名のみ）

実験① 糖分の摂取による集中力の変化

調べる目的 活動の前にお菓子で糖分を摂取することによってその活動に対する集中力が変化するかどうかを調べる

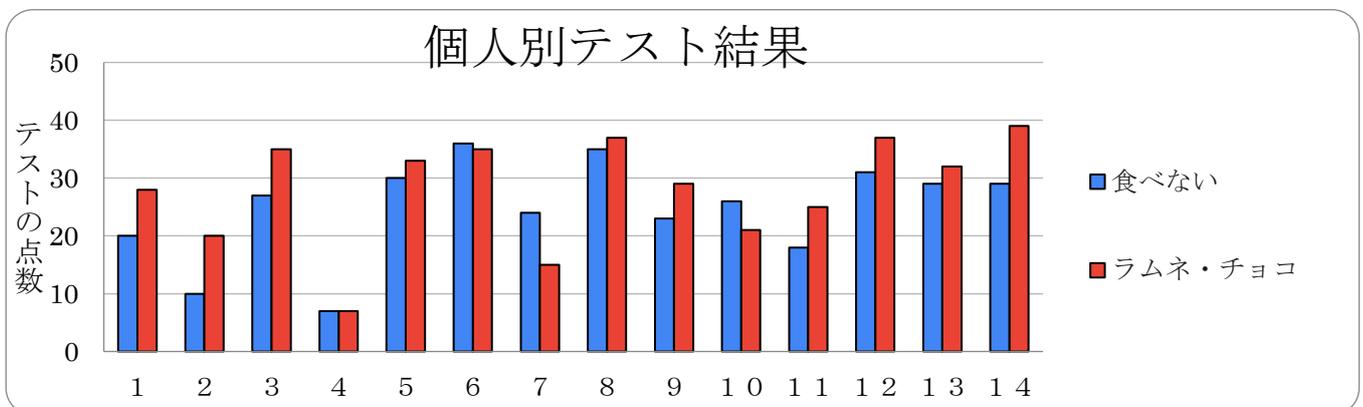
実験の方法 14人を2グループに分けて、それぞれ10分間古文単語を暗記してもらい、5分間テストを行い、40個中何個正解しているか調べる。それぞれのグループに条件を設定し、一回目は共通して何も食べない。二回目は条件有で行った

条件1 暗記する前に何も食べない（一回目）

条件2 暗記する前にラムネまたはチョコレートを食べる（二回目）

集中している状態の定義 被験者の点数が高いほうの条件下において、集中していたとする

結果と考察



*左の棒が「食べない一回目」、右の棒が「ラムネ、またはチョコ、二回目」

★ラムネとチョコを食べると集中力が向上すると考えられる。

実験② 音と集中力1 計算プリントを用いた実験

音楽なし、POP、クラシックの3グループを作り、それぞれ計算プリントを解いてもらい、一回目は音楽なしで、二回目はそれぞれの条件で行い、一回目に比べての点数の変化を調べた。

実験③ 音と集中力2 豆を用いた実験1

実験④ 音と集中力3 豆を用いた実験2

豆を箱から箱へ箸で移してもらい、一回目は音楽なし、二回目は、実験③においては音楽なし、POP、クラシックの3つの条件、実験④においては、音楽なし、POPの2つの条件で行ってもらい、一回目と比べて、移した豆の個数の変化を調べた。

実験⑤ 体感時間による集中力の差（なぞなぞ、計算、無）→スライドおよび発表を参照

実験⑥ 色覚による集中力の差 豆を用いた実験→スライドおよび発表を参照

4、まとめ

集中力を向上させるために必要な要素はまず、出来る限り雑音を無くすことである。つまり、何にせよ音が聞こえている状態より、音が聞こえていない状態の方が集中力を維持あるいは向上させることができると考える。これは、各実験で集中している状態を定義する際に用いた集中力に関する考え方、「特定のものに注意を向けている状態」に当てはまる。また「音」が聞こえている状態だと、注意を向ける対象が増えてしまうため、集中の度合いも減少してしまうと考えられる。（『3、集中力に関して』を参照）

また、単純に豆を移す作業を行い、被験者の能力差をできる限り小さくすることはできたが、反対に、回数を重ねることで「慣れ」が発生してしまったとも考えられるかもしれない。

また、音がある状態の条件を作ったものの、歌詞の有無など条件を細分化することはできなかった。クラシックなどの歌詞の無いメロディーだけと音楽とPOPSの歌詞のある音楽の良し悪しまで調べるまでは至らなかった。

そして集中力との関係がありそうなものとして「BPM」が考えられる。豆を移す作業で用いたPOPのBPMは110、二回目のPOPは132クラシックは175だった。個人の豆を移すテンポと音楽のBPMが合致したとき集中力が向上し、それが著しく離れていると不快感を覚え音楽が作業よりも気になってしまい集中力が削がれてしまう可能性がある。

チョコレートやラムネなどの糖分を含む食品を食べると集中力を向上させることができるのか、という実験では、食べた方がより集中している状態と言う結果が出たので、勉強の間などにそのような食品を口にする事で、集中力の向上を図る事が出来ると考える事が出来る。

プラズマ

1. 研究の背景

近年、感染症の拡大の影響で空気清浄機の需要が増大している。空気清浄機の集塵フィルターにはオゾンを利用して殺菌をしているものがある¹⁾。このオゾンはフィルターで発生するプラズマにより作られている。プラズマは固体、液体、気体に次ぐ第4の状態とされ、分子に高い電圧を加えてイオンと電子に解離させたものである。プラズマ中の電子は高速で動き、酸素分子と衝突して酸素原子に解離させる。この酸素原子が酸素分子と結合してオゾンが生成される。私たちは、空気清浄機内ではたらくプラズマに興味を持ち、独自に製作した装置を用いて、プラズマを発生させ、その性質と応用方法について探求した。

2. 研究方法

1) 実験1 ヤコブの梯子を参考にした装置の試作

ヤコブの梯子はプラズマを利用した装置の一つである²⁾。2本の針金を先が広がった形で配置し、鉄の棒を当てると梯子の間をプラズマが上下する装置である(図1)。この装置を参考に独自の装置を製作した。



図1 ヤコブの梯子

図2 試作した装置(左:梯子部分, 右:装置全体)

2) 実験2 電圧と梯子間の距離によるプラズマの発生条件

実験1で製作した装置について、電源を電圧の調整がしやすい変圧器に、梯子に用いていた鉄製の棒を变形のしやすい針金に変更し、梯子の先端部分をそらせた。はしごの間の距離は測定のしやすさを考え、土台同士の距離を測った。梯子間の距離と電圧を少しずつ変え、プラズマの発生条件を調べた。

3) 実験3 高い電圧によるプラズマの発生

電源に変圧器を用いることで高い電圧を実験2の装置に加えた。針金では高い電圧に耐えられないため、炭素棒に変更した(図3)。

4) 実験4 抵抗を用いたプラズマの発生

実験3の装置の回路に抵抗を付け加え、土台には小石を詰めた瓶を用いて、高電圧での火花の様子を観察した。

5) 実験5 オゾン検出によるプラズマの発生確認

プラズマ中の電子は酸素分子と衝突すると酸素原子になり、やがて酸素原子が酸素分子と結合しオゾンが生成する(図4)。したがって、オゾンをヨウ化カリウムデンプン紙を用いて検出し、プラズマの発生を確認しようと試みた。

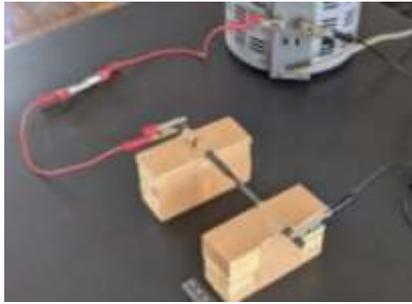


図3 実験3の装置

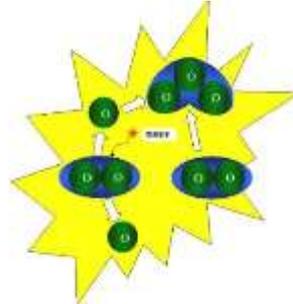


図4 オゾンのできる仕組み

3. 研究結果と考察

ヤコブの梯子の試作では、先端部分で弱い放電が起こり、多量のプラズマは発生しなかった。電流が先端部分でのみ放電してしまっていたため、先端部分をそらせば、プラズマの火花を下から上に動くと考えた。電圧と梯子間の距離によるプラズマの発生条件では、130Vでは激しい火花が飛び、10V, 15Vでもわずかに火花が飛んだ(図5)。高い電圧を加えれば放電は起こりやすくなるが、針金を用いた梯子間では安定した火花は得られず、プラズマの発生条件を確定させられなかった。

針金の間隔	電圧	火花の様子	土台の間隔	電圧	火花の様子
2.0cm	10V	火花が飛んだ	12.5cm	10V	放電しなかった
2.0cm	15V	火花が飛び、白く光った	13.5cm	10V	放電しなかった
2.0cm	130V	激しい火花が飛んだ	14.0cm	10V	放電しなかった

図5 左：土台間の距離と火花の様子 右：電圧の変化と火花の様子

高い電圧によるプラズマの発生では、より安定した火花が得られた。長時間放電すると銅線から煙が発生した。抵抗を用いたプラズマの発生では、抵抗を付け加えることでより高い電圧を加えた。電圧が60V以上では火花が発生し、85V, 90Vでは、安定した大きな火花を得た(図6)。しかし、抵抗であるニクロム線が高温になり、これ以上の電圧を加えることはできなかった。

電圧 (V)	0~50		60	65	85	90
抵抗 (Ω)	5.5	11	11	8.3	9.6	11
火花	変化なし	変化なし	火花発生	火花発生	火花安定	火花安定

図6

オゾンの検出によるプラズマ発生の確認では、ヨウ化カリウムデンプン紙を放電している装置に近づけたが、変色せず、オゾンを検出できなかった。これは、装置で発生するオゾンの量が少なく、発生してもすぐに還元されて酸素に戻ってしまい、検出するのに十分なオゾンの量が得られなかったためと考えられる。

4. 今後の展望

プラズマに興味を持ち、独自に製作した装置を用いてプラズマの発生を試みたが、高電圧を作り出すのが難しく、プラズマを確認するまでには至らなかった。プラズマは低圧の状態でも発生することがわかっているため、低圧の状態を作り出す発生装置を自作し、プラズマを発生させたい。また、オゾン発生器を参考に、ガラス細工によって、少量のオゾンを捕集する装置を製作し、オゾンを検出したい。

5. 参考文献

- 1) 涌井良幸, 涌井貞美, 『家電が一番わかる』, 技術評論社, (2013)
- 2) <https://notirasa.com/noticia/joven-muere-al-repetir-la-escalera-de-Jacob/27135>

ドローンの編隊飛行の有効利用を目指して

1 研究動機と背景

日本では、昔から自然災害が多発しており、私たちは狭い場所、捜索活動が困難な場所でも活動ができるドローンを用いて行方不明者等の捜索活動が行えないかと考えた。そこで、編隊飛行によって少人数でも効率よく安全に捜索活動が行えるように、多くのドローンを一度に制御できるプログラムの開発を目指した。

2 研究

〈1〉編隊飛行のプログラミング

1) ドローンのコントロール及び編隊飛行の概要

タブレット等の端末とドローン本体を Wi-Fi によって接続し、『TELLO EDU』または『Swift』（図2）を用いて作成したプログラムを実行することで、ドローンに意図した動きをさせることが可能である。しかし編隊飛行の場合、端末は一度に1台のドローンとしか Wi-Fi で接続できないため、Wi-Fi ルーターが必要となる。



(図1)
使用したドローン



(図2)
右:『Swift』
左:『Tello Edu』

2) 使用した道具

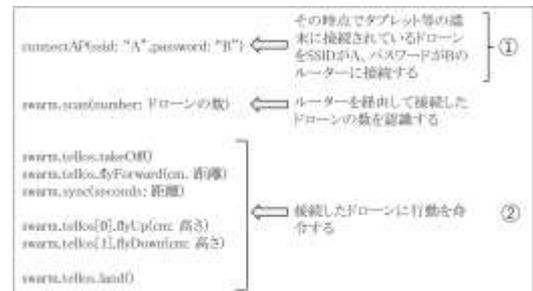
編隊飛行には2台以上のドローン、ドローンの台数分のミッションパッド、『Swift』をインストールしたタブレット1台とモバイルルーターを1台使用した。

3) 作成したプログラムと編隊飛行

本研究ではドローンのプログラムに『Swift』を用いた。

まずタブレットとドローンを Wi-Fi で接続し、図3中の①のプログラムでそのドローンをプログラム内で指定した SSID と password のルーターに接続する。この作業を使用するすべてのドローンに対して行う。(図4)

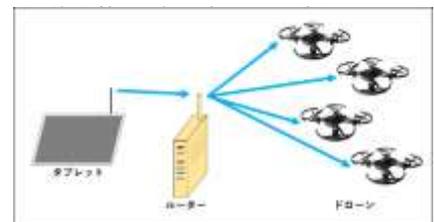
次に、各ドローンをミッションパッドの上に乗せ、ドローンを接続したルーターにタブレットを接続する。そして図3中の②の部分でプログラムした動きを実行し、ルーターに接続されたすべてのドローンに、私たちが意図した編隊飛行をさせることができた。



(図3) 作成した編隊飛行の

〈2〉掛西ラボ

11月6日(土)、20日(土)に本校にて掛西ラボを開催し、小学生を対象にプログラミングの指導を行った。三つのコースを用意し、『TELLO EDU』を用いて簡単なプログラミングをしてもらいコースのクリアを目指した。3つのコースはそれぞれ上昇、下降、写真の撮影や旋回などのドローンのプログラミングを楽しく学べるようなコースにした(図5)。



(図4) ルーターを介した複数台の



(図5) 掛西ラボの様子

3 結果

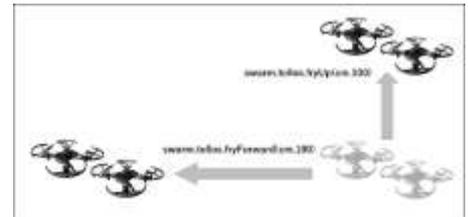
1) 編隊飛行

1 台のドローンにプログラムした動きをさせるのはすぐに成功したが、複数台を編隊飛行させる際、『Swift』を用いた編隊飛行をするためのプログラムが分からず、さらに複数台のドローンの接続を試みても同時に 1 台しか接続できず、研究は難航した。編隊飛行に使っていたルーターは、複数のデバイス間でのデータ通信ができるように設定する必要があった。その方法を考えて設定を変更したことで、ルーターへの複数台のドローンの接続が可能になった。



(図6) 学習に使用した『Tello Space Travel』

『Swift』の編隊飛行のプログラムは、プログラミングの教育プログラム『Tello Space Travel』(図6)にて学習した。その後、ルーターを経由してタブレットを 2 台のドローンに接続し、プログラムした編隊飛行をさせることに成功した。例えば「swarm.tellos.flyForward(cm.100)」と入力すれば、接続したドローンを前方に 1 m 進ませることができる。



(図7) プログラムの例と動き

2) 掛西ラボ

掛西ラボでは、数人の小学生がプログラミングを行い、各コースをクリアできるように指導に当たった。自分たちにとって初めてのことで苦労したが、参加した小学生たちにプログラミングを楽しみながら学んでもらうことができた。

4 反省と今後の展望

1) 編隊飛行

2 台の編隊飛行には成功したが、飛行する際に一部のプログラムを飛ばして実行したり、直進させても方向がずれたりするなどの問題が発生したが解決に至れなかったため、そういった問題の解消を今後目指していきたい。現時点で 3 台のドローンに接続して同じ動きをさせることには成功しているため、より多い台数のドローンのコントロールを目指したい。また、本研究では当初の目標であった災害時にドローンを有効活用するためのシミュレーションまで行えず、編隊飛行で終わってしまったため、自分たちのプログラミングの技術を向上させ、よりレベルの高いプログラミングを行なえるようになる必要があるようだ。

2) 掛西ラボ

掛西ラボでは大方うまく進行できていたが、特定のプログラムが作動しないなどの問題が発生し、事前のシミュレーションが少々不足していたように感じた。

5 謝辞

研究にご助言とご協力を頂いた太田伝貴先生、掛西ラボの受付でご協力していただいた 28HR の山田陽太さん、安富優生さん、稲葉啓太さん、高橋諒さん、石亀優花さん、瀬畑葵さんにこの場を借りて感謝申し上げます。

6 参考文献

- 1) 京都大学 「Tello EDU 4 台を使ったドローン編隊飛行に挑戦 (第 1 回: ざっくり全体像)」
<https://ku-macs-com.github.io/2020/02/20/MultiTelloPart1.html>
- 2) 「Python によるドローン「Tello」の制御 - 合同会社ミドリアイティ」
<https://midoriit.com/2018/05/python%E3%81%AB%E3%82%88%E3%82%8B%E3%83%89%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%80%8Ctello%E3%80%8D%E3%81%AE%E5%88%B6%E5%BE%A1.html>