

行動する知性。



中央大学 理工学部

# 卒業研究における高大連携事業

中央大学附属中学校・高等学校

中央大学附属中学校・高等学校  
理科 細川桃子

# 卒業研究の授業概要

高3 理系クラス 生徒数 約60名

土曜日 3時間

物理・化学・生物・地学・情報

自ら「問い合わせ」を設定し、論文執筆まで取り組むこと  
で科学技術系人材としての資質・能力を育む

# 本校の探究活動

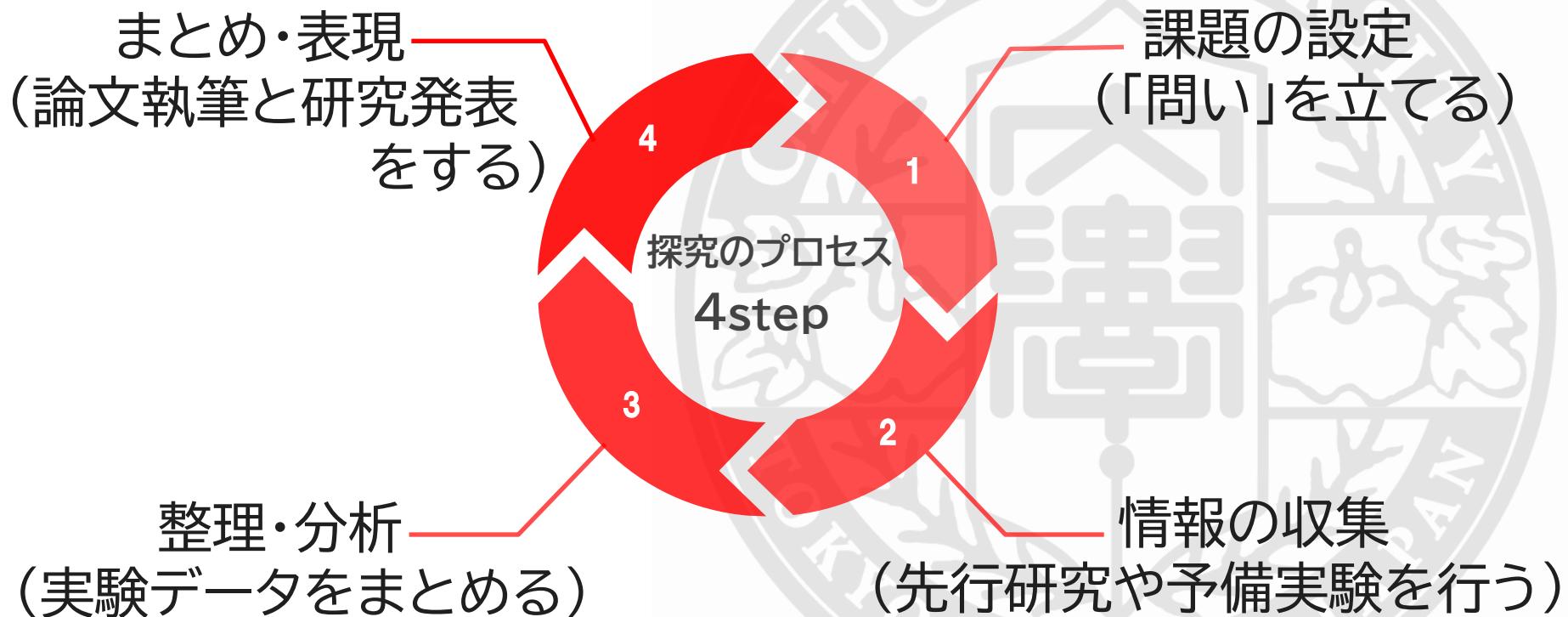
授業内容や研究内容に応じて、企業・研究機関などが選定され、外部機関との効果的な連携がは図られている

- 高3 教養総合Ⅲ 学問の扉を開く
- 高2 教養総合Ⅱ 本質を見通す
- 高1 教養総合Ⅰ 課題を引き出す
- 中3 教養総合基礎 視点を探す



# 卒業研究と高大連携

- 2016年度 卒業研究開始 中央大学理工学部キャンパスでの発表
- 2018年度 SSH指定校に採択 第1期1年目
- 2019年度 中央大学理工学部 牧野教授によるSSH講演会 開始  
→テーマ決定のための講演
- 2023年度 SSH指定校に採択 第2期1年目
- 2025年度 卒業研究開始 9年目



まとめ・表現  
(論文執筆と研究発表  
をする)

課題の設定  
(「問い合わせ」を立てる)



# SSH講演会

---

課題の設定（「問い合わせ」を立てる）



# SSH講演会 変遷

- 2018年度
- 2019年度
- 2020年度
- 2023年度
- 2025年度

SSH指定 第1期1年目

研究とは何か

生徒一人一人のテーマへのコメント

卒業生論文査読課題

倫理的観点からの指摘

## 問い合わせ(リサーチクエスチョン、仮説、目的) 蛇が木を登れないようにするにはどうしたらよいか

### あらすじ(400字程度)

蛇に関する研究は多くあり、その動き方をまねる蛇型ロボットに関する研究を多く見つけた。「人工筋肉を利用したヘビ型水中推進ロボット(小川浩司・中坊嘉宏・向井利春・安積欣志・大西昇)」では、スクリューには方向転換に時間がかかるから蛇の体をまねねば効率の良い方法で進むことができると考えていた。

このように蛇はほかの動物と体の構造が違い、それを研究することは今後の技術の発展に大きく寄与できるのではと考えた。それを研究する第一歩としてこの研究は比較的専門的すぎず、それでいてやっている人もあまりいないから、卒業研究のテーマとして適していると考えた。

この研究を行う理由は私個人の興味ももちろんあるが、元々は違う。私の学校の生物部では元来ムササビの研究を行っていて、学校や高尾山のみならず様々な施設に研究の協力をさせてもらっている。その中の一つに八王子市にある東京ゆりかご幼稚園がある。この場所の裏にある七国峠にはムササビが住んでおり、その中の一匹が巣箱の中に住み着いた。その個体をカメラを利用して観察していたのだが、生まれた子供が蛇やテンに食べられてしまうという事件が発生した。東京都でムササビが生息する場所は限られており、この研究はそういう貴重な命の保護も目的としている。

あとは個人的な思いで、人々の蛇に対する過剰な警戒心を少しでも緩和したいという理由。

### 研究推進・実験評価に関するコメント

なぜヘビは木を登れるのか、というヘビの運動に関する調査分析を踏まえて、登りにくい木の表面や構造とはどのようなものなのかについて仮説を立て、それに基づいて試作し、予備実験(摩擦の測定等)の後にヘビを使った実証実験を行う、という流れになるかなと思います。研究上のポイントは「登りにくい木の表面や構造」についてひらめくかどうかでしょうか。

### 法令・倫理の観点で留意した方がよいこと

今回の件では害獣とみなされるヘビですが、動物実験に関する倫理の対象になります。すなわち、不必要的苦痛やストレスを与えない、代替手段がないのか等、です。動物を取り扱う研究を行う生徒さんと指導の先生方で、留意点を予め確認してください。

# 卒業生論文査読課題

先輩の論文を査読してみよう

年 組 番 氏名 \_\_\_\_\_

**課題** 指定した2本の論文のうち、一方または両方を読んで、以下の点について自分の気づきや考えを記入しましょう。当日、記入されたものを持参してください。当日は、皆さんに気づいたことを発表してもらひながら、牧野教授と共に深めていきたいと思います。しっかり記入するほど、有意義な講演会となるでしょう。

(1) 研究の課題設定について（研究の意義づけ、背景と先行研究調査、目的、仮説設定）

<良い点>

<改善点>

(2) 研究の方法について（方法や目的は仮説に適しているか、客觀性はあるか）

<良い点>

<改善点>

(3) 結果・考察について（結果を正しく分析できているか。考察が目的・仮説に対応しているか。）

<良い点>

<改善点>

(4) この研究にどのような展望があるか。自分が継続するしたら、どのように実験を進めるか。



課題プリントをもとにWS

牧野先生の査読

## 査読課題への感想

まずは研究の進行において論理が崩れてしまわないように心がけたいです。研究目的と仮説、実験方法から考察までが全て一貫した流れになるように、またどこかで目的がそれないように慎重な研究を進めていきたいと思います。そのためにも器具や環境における配慮や実験の妨げになる条件などをしっかりと吟味していくたいです。

# 卒業研究発表会

---

## まとめ・表現（論文執筆と研究発表をする）



# 卒業研究発表会@理工学部



SSH卒研発表会

## 卒業研究発表会



高校生卒業研究発表

2025年1月29日（水）

9:00-12:00 口頭発表 【会場】6318・6325・6326教室

13:00-13:45 口頭発表\_優秀者3名による発表 【会場】6318教室

\*卒研タイトル一覧は[こちら](#)からご覧ください。

# 卒業論文概要書

2024年11月提出

3年J組19番

研究分野	地学	氏名	担当教員	印
研究題目 人工雪発生装置の開発				

## 1.はじめに

この研究は安価かつ多様な雪結晶を再現できる人工雪発生装置の開発を研究目的としている。雪結晶は、地上から上昇した空気塊が膨張することにより温度が低下、拘束されなくなった水蒸氣が空気中の塵などを凝結核に凝縮、さらに成長することにより形成される。また、雪結晶は気温と水蒸氣量の二つの変数に依存して形状を変化させる。ゆえに、低温環境下で水蒸氣を含んだ空気を捕入、対流させることにより、線香の煙の滯空を維持すれば、線香の煙を凝結核とした雪結晶が形成されるはずである。

## 2.研究の軌跡

これまで小型ファンを用いた人工雪発生装置の開発、外部水蒸氣源を用いた人工雪発生装置の開発、エアポンプを用いた人工雪発生装置の開発と実験を行い、装置稼働時に於ける装置内の気温と送り込む水蒸氣量を定量化した装置の開発に成功した。

## 3.実験と目的

これまでの実験を通して、本実験装置において、水温に大きな変化を及ぼさなければ、出現する雪結晶との関係が薄くなることがわかった。このことから、多様な雪結晶の再現には温度を変数とした実験を行うことが最適であると考えられる。この目的を達成するため、以下のようないくつかの実験を行った。

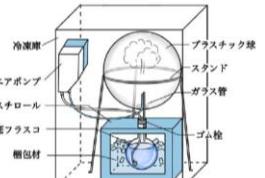
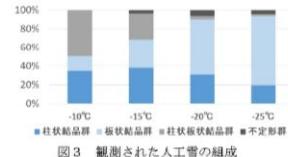


図1 使用した人工雪発生装置 Ver5



図2 再現された人工雪の例



## 4.結果

- ・大分類5種、小分類43種の雪結晶を再現
- ・水温 3°C、気温 -25°C、稼働時間 60 分の実験において従来の分類に存在しない「厚角板付六花(仮)」を観察
- ・稼働時間 60 分の実験において板状・柱状結晶群は一20°C以下で粒度が大幅に減少
- ・稼働時間 60 分の実験において柱状結晶群の数と板状結晶群の数に負の相関がある

## 5.考察

- ・本実験においても、雪結晶の形は気温と水蒸氣量、2つの変数に依存して形を変化させることがわかった
- ・先行研究[1]と本実験の柱状結晶と板状結晶の関係性は一致しているので、温冷却部水の存在できる気温が気圧に左右されるのにに対し、結晶の組み合わさる方向と気圧には相關がないことが考察できる

## 6.今後の展望

以上の実験を通じ、本研究において重要な変数は気温、水蒸氣量、結晶の大きさと数、稼働時間、到流の5つであると考えられる。ゆえに、今後はこの5つの変数の変数同士のつながりを研究していきたい。

また、人工雪発生装置 Ver5、温度調節や標境の測定方法などの課題が残っているため、改善していきたい

## 参考文献

- [1] 中谷雪吉郎:雪は天からの手紙、岩波書店,24, 25ページ (2002)
- [2] 平松直彦:バットボトルで雪を作る [https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdfH09\\_07.pdf](https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdfH09_07.pdf) (9/29閲覧)
- [3] 杉山直・スクエア最新図説地学.第一習習社, 146 - 147 ページ
- [4] 荒木健太郎, 関東雪結晶プロジェクト <https://www.mrijma.go.jp/DepTyp/araki/snowcrystals.html> (9/29閲覧)

# 卒業論文概要書

2024年11月16日提出

3年J組08番

研究分野	生物	氏名	担当教員	印
研究題目 都市河川に生息するコサギの夜間の採餌活動とその発生要因				

## 1.背景

本研究の対象であるコサギおよび *Egretta* 属は、日中に採餌活動を行い夜間は集団ねぐらを形成することが知られている（山岸ら 1983）。しかし、東京都杉並区の善福寺川において夜間に採餌活動を行った個体が複数確認された。これは夜間の人工照明（ALAN）への暴露により日間活動性が変化したことが示唆される（Santos et al. 2010; Ayame et al. 2022）。そこで本研究では、善福寺川でコサギの夜間に採餌活動を行う理由を明らかにするために、昼夜の餌場環境の差異、採餌効率の差異、採餌におけるコストの差異、餌の行動特性と環境適応性を調査し分析した。

## 2.調査方法

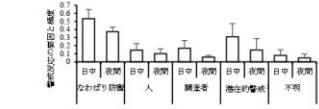
- ・分布調査は上記の3河川と流域の池で、ラインセンサス日中・夜間にともに週一回から二週間に一回行った。
- ・河床材料の粒径と水草の被度を画像から分析した。
- ・コサギの餌場選択の要因を探るために、餌であるシナヌマエビの粒径選択、行動特性について Abnerら (2023) の方法をもとに昼夜実験を行った。
- ・個体ごとに5分間当たりの採餌効率と警戒反応の頻度とその要因を調査し、昼夜で比較した。採餌効率は双眼鏡及び暗視スコープを用いた直接観察により算定し、採取した餌の質量を採餌効率とした。
- ・それぞれの調査で得た結果の統計解析は、2標本のt検定を有意水準5%で行った。

## 3.結果

- ・採餌場所は、日中に200地点、夜間に26地点が確認された。また夜間の採餌活動は冬季に多く観察された。夜間のつばはみは85%が街路灯下半径2m以内で行われていた。粒径が20mmを超える地点が85%を占め、日中より有意 ( $p<0.05$ ) 大きいことが分かった。夜間の餌場の水草・藻類の被度は日中より有意 ( $p<0.05$ ) に低かった。
- ・4分あたりのシナヌマエビの遊泳・歩行の回数は夜間に増加した。また粒径の選好性について昼夜で大きさの差は見られなかった（表1）。
- ・採餌効率は4個体すべてで日中に比べ夜間に方が低下了（うち2個体は  $p<0.05$ ）。つばはみ回数は個体ごとに傾向がはらつた。警戒反応の回数は夜間にの方が有意に減少した ( $p<0.05$ )。警戒反応の要因は（図1）に示す。採餌5分間の観察で足ゆすりが用いられた割合は、日中は83%、夜間は13%であった。

表1. シナヌマエビが各粒径に滞在した時間の割合

粒径 (mm)	—	10-20	20-40	60-80	100-150
日中 (%)	2	8	28	27	35
夜間 (%)	1	14	31	25	29



## 4.考察

主な餌生物であるシナヌマエビの生息環境は日中と夜間で異ならないことから、夜間の餌場が、街路灯灯に近く、河床材料の粒径が大きく、河床の水草・藻類の被度が小さいことを、餌生物を視認できる必要があるたとえだと考えられる。また採餌方法で足ゆすりが減少したことからも、夜間の採餌活動において餌の視認性の確保が重要であることがわかる。

つばはみ回数を考慮すると、日中に比べ夜間の方が採餌効率は悪いと言い難い。一方で警戒反応の回数などの個体でも夜間に有意に減少したことから、採餌コトは夜間に低いことと逆行される。特に慣れた警戒反応の頻度の減少したことから、夜間は捕食者が減少することがわかる（Lima, 1998）。これから本調査地においては、夜間の採餌活動における餌の視認性の確保が重要であることがわかる。

## 参考文献

- 山岸哲也: 日鳥学誌, 29, 69-85, (1980)  
 Carlos D. Santos et al.: Acta Oecologica 36, 2, 166-172, (2010)  
 Abner Carvalho-Batista et al.: Nauplius, e2358-2936, (2023)  
 Ayame Sato et al.: Ecology and Evolution, 12, e9616, (2022)  
 L. Lima: Advances in the Study of Behavior, 27, 215-290, (1998)

# 研究タイトルの一例

6325			
1	9:00-	生物	マムシグサ(Arisaema serratum)の雌雄別の生息環境と個体サイズの特徴
2	9:10-	生物	ホタルの防御反応としての発光の効果の解明
3	9:20-	生物	都市河川に生息するコサギの夜間の採餌活動とその発生要因
4	9:30-	地学	岩石中に石英を含むかどうかの判定について~圧電効果を用いて~
5	9:40-	物理・工学	濡れた布の摩擦特性の研究
6	9:50-	物理・工学	メロディーパイプの基本音が発生しない原因の解明
7	10:00-	物理・工学	同じ物質同士における静電気発生の研究
8	10:10-	物理・工学	体育館の床とシューズを用いた摩擦音の研究
9	10:20-	物理・工学	講堂の音響特性に関する研究
10:30 - 10:40		休憩	
10	10:40-	物理・工学	シャトルの破損が飛び方に与える影響
11	10:50-	物理・工学	ポップアウトボイスの音響的特性ーどんな声が「通る」のかー
12	11:00-	化学	デンブン糊に含ませた食紅のアルコールへの浸漬の影響
13	11:10-	化学	ダメージを最小限に留める熱処理の温度と髪質の関係について
14	11:20-	化学	ファンデーションの種類がマイクキープミストの使用時に与える影響-マスクの擦れと水分量に注目して-
15	11:30-	化学	熱によるダメージがキューティクルに与える影響とその対策
16	11:40-	化学	アントシアニンを用いて体に優しい日焼け止めを作るには
17			午後は各部屋の優秀者による発表
18			

# 大学の先生からの講評

私の研究室の4年生にも聞いて、反省などしてもらいたい。上出来であった。特に、論理的に構築して、こんな理屈でこんなことを考えているんだ、という説明が大事で。正しいかどうかはまた検証すれば良い。ロジックを立てて、組み立てていくという練習はこれからもしてもらいたい。そうすれば、卒業後も、大学の卒論や修士論文の研究もできる能力をみなさん持っている。そういう種をみさせていただいた気がします。

発表会お疲れ様でした。自分が研究していることは語れる。楽しそうに研究をしていると感じた。もう少し調べておけばよかつたと思った人もいると思います。計画性ももってやっていってほしい。

毎年やっているのは知っていたが、なかなかタイミングが合わず。今日はたまたまこちらにいたから、見に来た。印象的だったのは、テーマが面白かったこと。手が届く範囲でやっているのがよい。大学の附属だからこういう機会はあった方がよい。文系に進学する生徒も理系に進学する生徒も自然科学に興味を持っていってほしい。

# 教養総合成果発表会

---

一般公開の全学的発表会



# 教養総合成果発表会

肖像権の関係で非公開

# 卒業研究の生徒アンケート結果

---

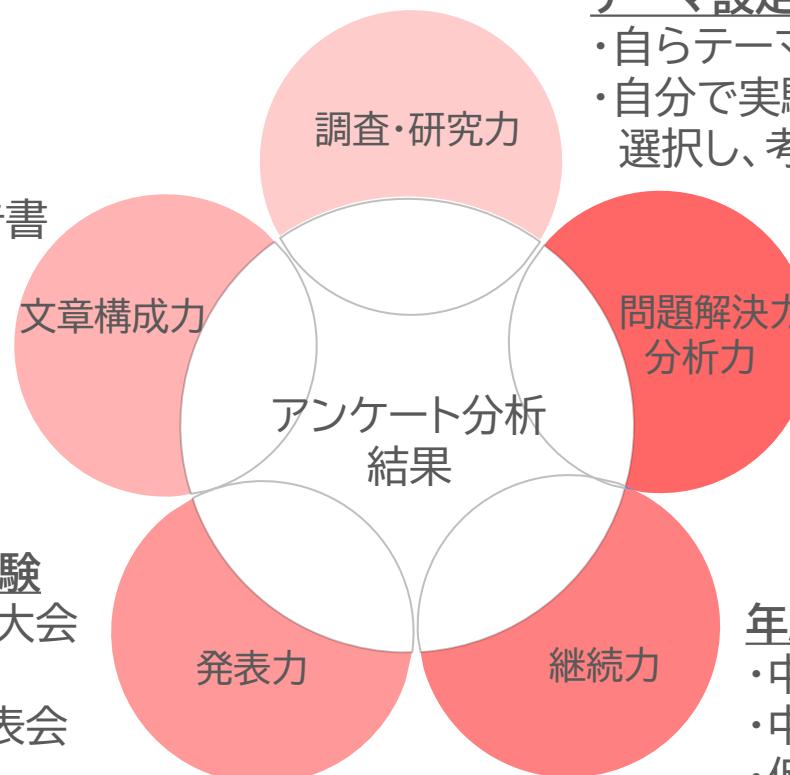
毎年卒業研究終了時に実施



No1:この授業を1年間受けて、身についた力はどのような力でしたか、  
当時の自分と比較して書いてください。

#### 論文提出の課題

- ・最終提出は論文で行う
- ・要旨、仮提出、中間報告書



#### テーマ設定から発表までの授業

- ・自らテーマを設定
- ・自分で実験方法、分析方法を選択し、考察

#### 自分で研究を進める

- ・教員は「相談相手」
- ・予備実験から修正
- ・定期的な発表で指摘

#### 多くの発表経験

- ・東京都SSH大会
- ・校内発表会
- ・理工学部発表会
- ・成果発表会
- ・CRF

#### 年度途中の課題

- ・中間報告書
- ・中間発表
- ・仮提出

## No2:この授業を受けて(1年間研究してみて)、感じたこと、気づいたことは何ですか。

初めは研究することに対して特におもしろくおもったり興味を持たなかつたけど、この1年自分の興味のある分野について研究することで、研究することの楽しさを知つた。

研究の  
おもしろみ

研究を行つていて課題決めに時間かけたからこそ、自分の研究の意味がわかり、行つていてモチベーションになつたり、アドバンテージになつたと思う。

課題設定  
実験方法  
結果考察

1年間かけて  
の研究

実験条件や環境を丁寧に整えることが結果を証明するためにはとても大切だと感じた。

研究背景がかなり大事になると思った。自分が研究している内容を他の人がやっていないのか、(中略)自分の研究がいかに需要あるものにするかがポイントになると思った。

自分が気になったことを自分の思うように研究することはとても面白かったです。しかし同時に何をすればいいのか分からない迷子のような気持ちになることも多かったです。そういう時に自分は何が分からず、先生方にどんなアドバイスを求めたいのか自分の中で整理する癖は1年間の研究を経てだいぶ身についたなと感じています。

長い間研究をするにあたって、常に研究目的を意識することや小さな結果の違いに注目することが大切だと気づいた。

1年かけた研究ということで1つ1つの実験データを綺麗にまとめておく必要があること。

No3:卒業研究で学んだことを大学進学後にどのような場面で活かしたいと思いませんか。

仮説検証

根拠から結論・提案

テーマ決め

**研究手法**

試行錯誤

探究心

スライド作り

論文執筆

深い知識

研究を継続したい

**発表**

言葉遣い

**勉学への姿勢**

自分で考える力

他の人の意見から学ぶ

時間管理

グループワーク

# 今後の高大連携

---

## 数理データ処理



# 今後の高大連携:研究データの統計処理

2024年度 大学の先生と研究データにおける統計について相談

2025年度 卒業研究開始前に統計についての授業

1. なぜ統計・検定する必要があるのか？！
2. そもそも仮説検定って何だっけ…
3. 覚えておきたい統計用語
4. 卒研で使える検定方法
5. 過去の卒研を例に

ご清聴ありがとうございました

---

