

第1編 課題研究を行う

本校の課題研究は、将来、大学や大学院、研究施設で科学的な研究活動を行うための科学的思考力や科学的な研究技法の基礎力を養成するものです。科学的な研究を行うためには、一定の順序や決められたルールがあります。

第1章 研究テーマをみつける

課題研究では、適切な研究テーマを設定することが最も重要なポイントとなります。約1年間という限られた研究時間の中で、「研究」として価値のある成果を出せるテーマを設定する必要があります。時間的・設備的にスケールが大きすぎるテーマや既に研究成果が発表されているテーマを設定すると成果にたどり着けなかったり、せっかくの成果が評価されなかったりします。また、天城高校では、課題研究を複数人の「チーム（グループ）」で行います。メンバー同士の意見をしっかりと出し合い、「実現可能で価値ある」研究テーマを設定することが大切です。

1. 課題研究の研究テーマとは

研究テーマは、単なるレポートの題目ではありません。自分たちの研究によって、「新しいもの、あたらしいこと」を示す必要があります。従って、研究テーマはこの「新しいもの、新しいこと」がどのようなもの（こと）であるかの「研究目標」を指し示します。

研究目標としてふさわしいテーマには、一般に次のようなものがあります。

○自分たちの科学的興味を解き明かすもの

○学問的に意義があるもの

○社会に貢献できるもの

いずれの場合でも、「分かっていることを知ること」が、より良い研究成果を得るための秘訣となります。「分かっていることを知る」ことは、「分からないことがどんなことなのかを知ること」でもあります。研究の目的は、この「分かっていること」を「分かること＝新しいこと」にすることにあります。

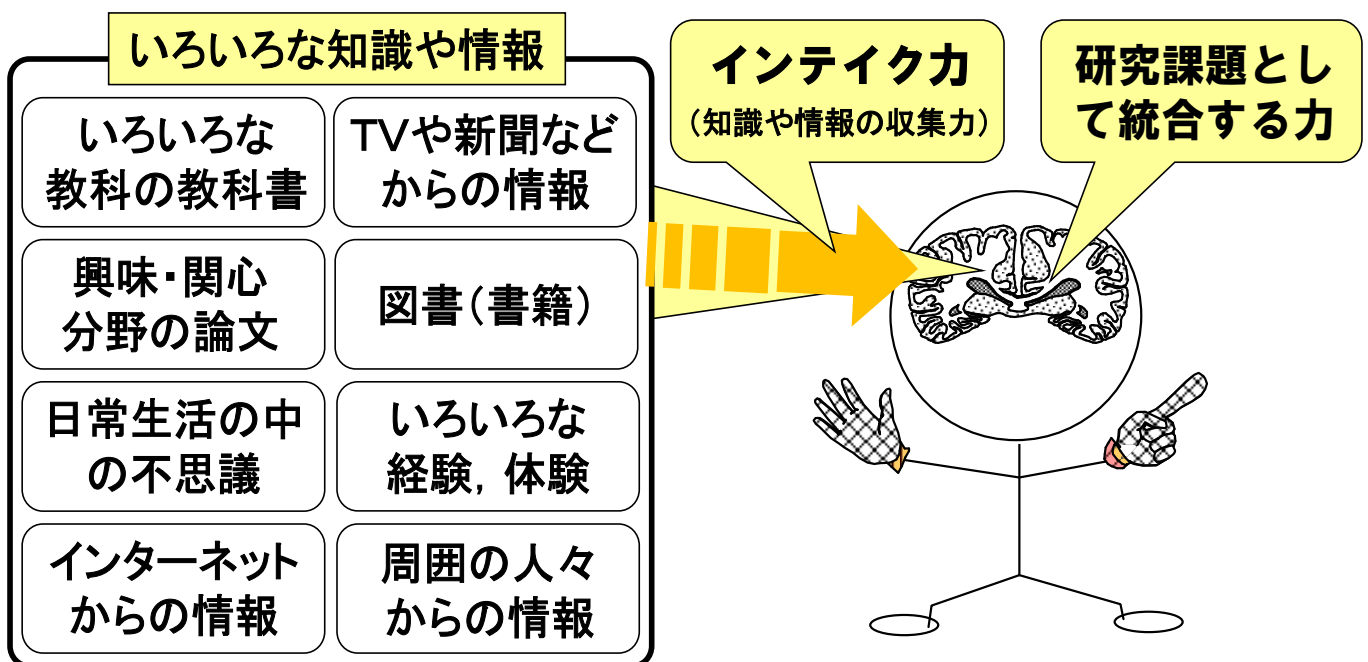


図1 研究テーマを創造する力

—より多くの知識や情報を獲得し、その中から適切に選ぶことをつけることが必須です—

そのためには、日頃からの知識や情報の集積が必要となります。学校生活を送る中で、最大の知識・情報集積の場は「授業」です。本校の課題研究の分野は、大別して、物理分野、化学分野、生物分野、数学分野の4分野の研究が主です。従って、学校で学習する理科や数学の教科（科目）の知識は確実に身につけておく必要があります。また、他の教科についても同様に幅広い多角的な見方ができる知識も身につけておく必要があります。時には、大学で使用する教科書も図書館などを活用し勉強してみましょう。他にも知識や情報を得る機会は日々の生活の中にどこにでもあります。問題なのは、「科学の視点」で、意識的にその知識や情報を捉えているかどうかです。

2. 研究テーマは日常の中に

課題研究の研究テーマは、何も難しい学術分野から探す必要はありません。日々の生活の中にくら



図3 携帯用メモ帳面
— 思いついた時に書きとめよう —

でも見つけることができます。ただ、「見つけよう」とする問題意識をもって見ないと見過ごしてしまいます。「なぜだろう?」「これは面白い!」の気持ちを「常備」することです。また、「なぜだろう?」「面白い!」と思ったことを書きとめる習慣が必要です。いつでも「なぜだろう?」「面白い!」を書きとめることができるノートを携帯しましょう。研究テーマを考える際、書き溜めた疑問や興味の中からテーマ設定のきっかけを探すことができます。

- 教科書から探す
- 大学や研究施設の図書館で探す
- インターネットで探す、確認する
- 世の中の科学的問題点や課題を集める
- 自分たちの興味・関心を探る



図4 思いつきノートの例
— 思いついたことを何でも書きとめよう —

日頃から、研究テーマとなる材料をできるだけ多く自分のリポジトリ（貯蔵庫）に蓄えておきましょう。この時点でデータベース化する必要はありません。とにかく、「今、思いついたこと」を書きとめておくことが大切です。

3. 研究グループをつくる、テーマを出し合う

天城高校の課題研究では、各テーマごとに4～5名のグループで研究を行います。1つの研究テーマを複数人で行うためには、グループ内の意思の統一が必須条件です。



図5 グループ討議の場面
— 研究計画ではメンバーどうし話し合いが大切です —

まず、書きとめた疑問や興味のある事柄を参考に研究の方向性が同じ人を見つけましょう。このとき、より多くの人と「何を研究したいのか」を話し合うことが、より質の高い研究グループをつくるポイントの1つです。

次に、グループ内で、具体的な研究内容について調整をします。研究の分野は同じでも、具体的な材料や目標が異なる人がグループをつくっています。メンバー全員が1つの研究目標を目指すため、意見を出し合う調整討議が必要です。

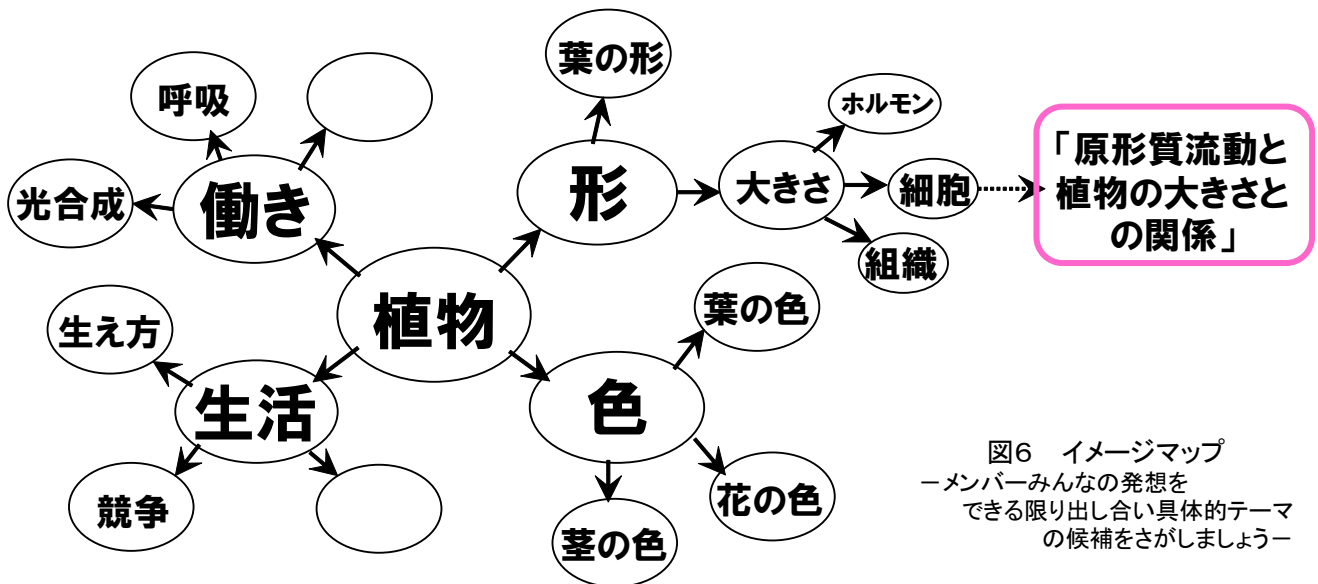


図6 イメージマップ
 ーメンバーみんなの発想を
 できる限り出し合い具体的テーマ
 の候補をさがしましょうー

4. 何もないところに「思いつき」はない

よく「閃いた!」「思いついた!」といますが、閃きも思いつきも、何もないところからは決して出てきません。課題研究のテーマ設定の場合、多くの選択肢(情報、知識)の中から、その場(その時)の多様な条件に合致する適切なものを確実に選ぶことができたとき、それを「思いついた!」と表現します。すなわち、より多くの課題研究のための素材を取り貯めること(=選択肢)と、これから実施しようとする研究活動にはどのような条件(分野、器具、時間など)があるのかを分析する訓練が必要です。その過程を段階的に整理してみましょう。

(1) 情報の整理→取り貯めたり、グループ内で出した様々なテーマ候補をカテゴリーごとに分類しましょう。場合によっては、大きいカテゴリー(分類)からより小さいカテゴリーが区分できる場合があります。とにかく、ごちゃごちゃに存在する情報を整理し、問題点を明確にすることが必要です。

(2) 情報の分析→テーマ候補については、多角的な情報や知識をさらに付け加えることです。たとえば、そのテーマについて、「どこまで分かっている、どこは分かっていること」なのかを分析することです。すべて分かっていることならば、新たに研究する必要はありません。また、「どのような研究方法でそのことが分かったのか」を情報として得られれば、「別の方法で同じ結果(結論)が出せないか」の分析もあります。別の方法が、非効率的であったり、合理的正当性がない場合は、研究する価値がありません。

研究活動の条件については、特に、時間的制約と設備面での制約が分析の観点となります。研究に費

やすことのできる期間=1年間で研究成果が出せる見通しがたつのか(→研究計画)、学校には、どのような研究設備(器具や装置)があり、また、新たに設備購入の可能性の有無などの情報を収集し、どのような実験・観測をするのか(→実験計画)を考慮しなければなりません。

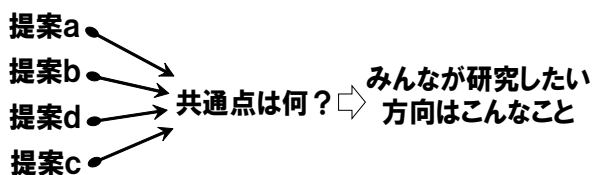
さらに、テーマ候補と研究活動の条件を重ね合わせ、実現の可能性を分析しましょう。

(3) 視点の変換→それでも行き詰まってしまうことがあります。どう解決しますか?いくつかの方法を試してみましょう。

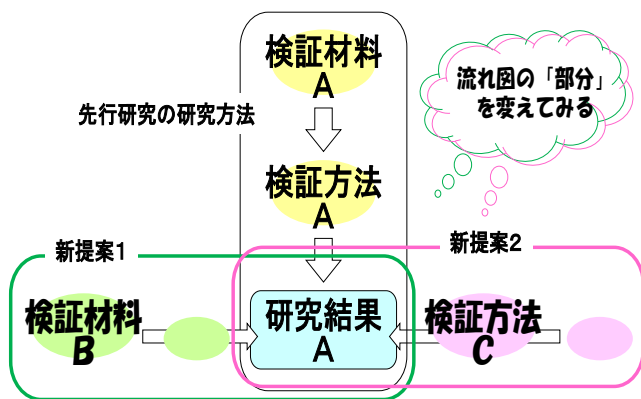
・**帰納的単純化**:「課題研究」というと、とかくより高度なテーマ、より複雑なテーマを考えがちです。もちろん、大学や社会では高度な研究や複雑な研究もありますが、高校生としてできる範囲を想定しましょう。前述のように、テーマとなり得る事象は身近なところに(生活の中、学校の授業の中など)にもあります。また、グループ内で話し合ううちに、出したテーマ候補が入り交じり混沌とした状態になってしまい何がやりたいのか收拾がつかなくなる場合もあります。「全部まとめると、どんな研究をしたいのか」に整理してみましょう。

ものの考え方に「**帰納法**」と「**演繹法**」があります。帰納法はいろいろな個々の事例から一般的な事柄を探る方法、演繹法は、一般的な事柄から個々の事例を探る方法です。とかく、グループで決めた大きなテーマから具体的研究テーマを絞り込もうとすると、演繹的操作がなされます。メンバー個々が、一般化された大きなテーマから個々の事例について「これを研究したい」「あれを研究したい」「これも

いいけどあれもいい」などと個々の方向性がまちまちになってしまいます。逆に、「これを研究したい」「あれを研究したい」「これもいいけどあれもいい」の共通点を観点に帰納的にまとめてみましょう。単純な図式が見えてくる場合があります。



・視覚化，図や式にして考える：情報の整理や帰納的単純化に欠かせないツールが，視覚化です。修飾語句で飾られた様々なテーマ候補やテーマになりそうな事象を図式化したり数式化してみましょう。例えば，図を動かすことで，同じ研究結果でも，より効率的な実験（検証方法）を提案できる場合も考えられます（→検証材料や検証方法，検証装置（実験装置）の研究も研究です）。



他にも，

- ・自分の常識を疑う（←メタ認知）
- ・逆転の発想，観点や視点を変える



などいろいろな方法を試してみましょう。

5. 「論文」のタイトルを検索しよう

研究論文は，研究者が研究成果を「発表」するためのものです。従って，図書館をはじめ，インターネット上で研究者の「論文」を探したり，検索することができます。各グループや各個人が目標とする研究分野について，研究論文を見てみましょう（読むことができれば，読んでみましょう）。どのような内容で研究がなされているのかが分かります。読むことが難しいならば，「タイトル」だけでも列挙してみましょう。どのくらいのレベル（研究範囲）で研究がなされているのかが分かります。

研究タイトルを探すには，「～学会」や大学・大学院の研究室のホームページを探すのが便利です。

- 例 一般社団法人 日本物理学会
 公益社団法人 日本化学会
 一般社団法人 日本数学会
 日本生物科学連合から生物関係の学会へ

・酸化物界面に閉じ込めた二次元電子の超伝導と量子ホール効果(日本物理学会)
・微分方程式の縮約と包絡線一くりこみ群法の幾何学的解釈と不変多様体の構成(日本物理学会)
・金属電極に架橋したベンゼン,C60単分子接合の構造および電導特性の解明(日本表面科学会, 論文賞)
・分子認識による機能性超分子ポリマーの創成(日本化学会, 大阪大学大学院, 講演)
・固体酸触媒を用いた低環境負荷型アダマンタン製造プロセスの開発(日本化学会, 出光興産, 講演)
・ペプチドチオエステルを合成ブロックとするタンパク質合成法の開発(日本化学会, 大阪大学蛋白質研, 講演)
・シロイヌナズナ小胞体シャペロンBiPの発現制御に関わる研究(奈良先端科学技術大学院大学, 博士論文)
・携帯用光合成・蒸散測定装置によるオオムギとコムギの個葉の環境反応の測定 (岡山大学資源生物科学研究所, 紀要論文)

図7 インターネットで検索した研究論文タイトルの例
 —研究目標をピンポイントに絞り込むことが研究の鍵になる—

<研究テーマを見つけるプロセス>

自分が最も興味あるテーマを見つける

(←日頃から意識しておく、その時になってからでは見つからない!)



解決可能なテーマであること

(←研究範囲、時間、施設など、解決可能かどうかは先生と相談)



先行研究との関係を徹底的に吟味する

(←現在進行形の課題が研究しやすい、学術誌やレビュー論文を必ず探る)

少なくとも研究しようとする分野 の基礎を徹底的に身につける

(←教科書を学び、文献を調べ、専門家や教員への質問によって自分のものにする)



もう一度、世の中の誰も知らないこと かどうかを確認する

(←どこが「知られていない」部分なのか…科学的知見、方法、発見、発明…を明確にする)

6. 課題研究で「成功する」テーマの考え方

課題研究のテーマをどのように決めるかは、いろいろな手段がありますが、上に示したように最終的には、興味・関心の強さと研究意欲の高さ、そして知識量の高さが最も重要なポイントとなります。

また、課題研究の成果を一年後にしっかり出すためには、「適切な(=良い)テーマを決めること」が最も重要なポイントとなります。次のような点を確認しながら、課題研究のテーマについて考えてみましょう。

○研究目標が明確であること

- 何を見極めようとするか(=結論)を見通すことができる
- 研究のスケールがピンポイントに絞り込めている
- 研究を始めてから絞り込もうとしていない
- グループのメンバー全員がテーマについて理解と承認ができている
- 先行研究にはない研究であること、または、先行研究との差別化が明確に示されている

○時間的に可能な目標であること

- 研究期間(報告書作成時間も含めた1年間)の研究計画を見通すことができる
- 季節変化に左右されない研究ができる
- 次の学年への(または、前の学年からの)継続研究としての目標段階が設定できている

○設備面において実現可能な目標であること

- 学校内の器具や装置、材料の確認できている(先生への確認も含め)
- 研究に必要な器具や装置、材料の購入に目途がたっている(先生への確認も含め)
- 外部の研究機関に器具や装置、材料の借用または、委託の目途がたっている
- 使用不可能な装置や実験規模を想定した研究にはなっていない

※研究テーマ調査用紙について

課題研究のテーマについて、次のような調査用紙を配布します。この段階では、個々人がそれぞれの考えに基づいてテーマを考えてください。周囲と相談する必要はありませんが、ある程度、記述できた段階で周囲の人たちと見比べながら、同じ分野、同じような内容の人たちとグループを形成してください。

課題研究(創生研究)の研究課題設定の調査提出用紙<1次>

希望順	研究分野	研究課題(希望テーマ)	グループメンバー氏名
	異なる分野で順位をつけること	<ul style="list-style-type: none"> ○具体的テーマ設定をすること ○実施可能(内容, 期間, 設備など)なテーマを設定すること ○過去に同一内容の研究がないことを確認する(学校内外を問わず) ○仮説が立てられ, 実証による結論まで完了できること 	現時点で, 自分が希望する研究テーマに近い仲間を探す(お互いに話をしないと分からない。自分から積極的に仕掛ける)
記入例	生物	<p><大きいくり> 植物の光合成と光の色に関する研究</p> <hr/> <p><具体的研究内容> オオカナダモについて, 光合成をよく行う光の色, 光合成を行えない光の色を植物がもつ光合成色素の種類の観点から考察する(実際には, すでに研究がなされているので×! また, もっと絞り込みが必要)</p>	岡山 太郎 天城 藤子 倉敷 次郎
1		<p><大きいくり></p> <hr/> <p><具体的研究内容></p>	
2		<p><大きいくり></p> <hr/> <p><具体的研究内容></p>	
3		<p><大きいくり></p> <hr/> <p><具体的研究内容></p>	

第2章 研究する

「研究する」といっても、何から、どう始めればよいのでしょうか。研究活動（課題研究）の多くの時間を費やすのが、「研究テーマの証明」です。研究テーマの証明には、客観的なデータによる裏付けが必要です。

研究には、研究を進める**プロトコル**（順序や手続き）があります。まず、研究テーマを明確にすることです。そして、研究テーマに則した検証（実験や観測・観察）によるデータをとみましょう。そのために、グループ内でしっかり議論をしましょう。次に、研究計画（**ロードマップ**）を作成しましょう。課題研究の1年間を見通し、「研究成果を世に出す（論文として）ためにどのようなことを検討しておかなければならないのか」をまとめた「研究計画書」が必要です。この計画書をもとに研究テーマを証明する検証データを得るための実験や観察を行います。最終的に、これらのことをまとめ、研究テーマの有意性とその客観性を表現し、発表します。

1. 研究グループのリーダー

第1章で述べたように、研究はグループで行います。研究の目標（研究テーマ）が同じ人達がグループをつくっていますが、研究グループは、単なる集合体ではなく、メンバー全員が協力して目標とする研究成果を出すために組織づけられた**ユニット**です。

課題研究は、1年間という時間的制約の中で効率よく行うことが求められます。そのため、グループメンバーのそれぞれが「自分の研究である」ことを自覚し、研究全体を見通した能動的かつ責任ある活動をする必要があります。

とは言っても、メンバー全員が常に同じことをやっていくのはあまり効率的なこととはいえません。グループ内で役割分担をしましょう。個々の研究グループにより、どのように研究を進めていくかは異なるためグループ内に必要な役割は、研究内容によって異なりますが、最も重要となるのが「**リーダー（ユニットリーダー）**」です。リーダーの役割を次に挙げます。

- 研究の方向性を示す
- 研究グループをまとめる
- メンバーの意欲を高める(エンパワーメント)
- メンバーの模範となる

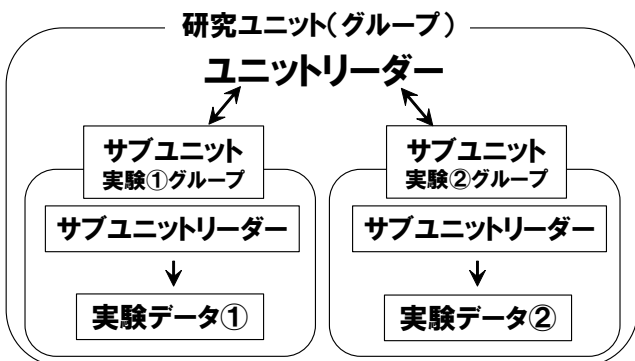


図1 研究組織の例
—リーダーを中心にまとめることが成功の秘訣—

2. 研究テーマを確認する「目標・目的は何か」

課題研究を開始するに当たって、まず検討しておかなければならないのが、研究テーマです。第1章の方法で研究テーマの方向性が得られたとしても、もう一度、そのテーマの設定が課題研究のテーマとして適正であるかどうかを検討しましょう。

研究テーマとしての適正の観点には、次のようなものがあります。

◎研究に値する価値のあるテーマになっているか

- ・過去の研究(先行研究)の中に同様の研究はないか
- ・新しい理論や新しい仮説に基づいたテーマになっているか
- ・テーマそのものに理論性(理論に基づく仮説)があるか(あまりにも空想科学的テーマではないか)

◎時間的、物理的に解決可能なテーマに絞られているか

- ・1年間の研究期間内に結論にいたることが可能か
- ・原則、学校内の施設、器具を用いて行える研究になっているか(→大学や研究機関と連携する場合は、どこまで連携が可能なのかをあらかじめ確認しておく)

3. 研究計画をたてる「ロードマップの作成」

研究を進めるためには「研究計画」が必要です。得られたデータが研究テーマを証明するためのものになっているかを常に意識する必要があります。また、得られたデータの正確さや信憑性も客観的データとして研究テーマの証明に使用できるかということに重要な要素になります。

課題研究では、研究テーマの証明に十分なデータを期限内（1年間）に確保し、結論（研究テーマが正しいこと）を出さなければなりません。研究期間

の「どの時期までに何をするか」、「何を目的にどのようなデータを得るか」などを明確にして、グループメンバー全員で共通理解できるようにしましょう。

本校では、この研究計画書を「ロードマップ」として、次のような表（図2）にまとめます。

ロードマップは、研究を進める中で、毎回のミー

ティング（場合によってカンファレンス）時で確認するとともに、定期的に研究の進捗状況を自己評価することに活用します。自己評価の結果、研究計画の修正が必要とする場合も出てきます。そのためにも、担当の先生とも十分に協議をして、確固とした明確なロードマップを作成しておきましょう。

課題研究の研究計画書（ロードマップ）：

研究課題	研究概念（図）	研究の流れ（チャート）	ロードマップ	必要なもの・備考（物品・事象）
研究テーマに対する動機や仮説、研究目的（目標）の設定	この研究で明らかにしようとするのは何か（ブラックボックス）	どのような流れで結論にたどり着くのか	研究の流れについて、いつまでに何をするか（1年の計画）	何がなければその過程が進行できないのか
分野： ○○ ① テーマ名： ○○○○○ △△△△△ 概要： 動機や研究目的、研究仮説、実験内容、工夫点、独自性、役立ち度等をまとめる。	この研究の アピールポイント を画く （この研究は誰も やっていない、 こんなことをやるぞ！） （ここでいう図とは、 絵ではない） 例 現象A ↓ 現象B	例（実験方法の手順 をかくのではない） ① テーマ設定 AがBになることを「しくみ」を解き明かす。 ② 仮説の検定 AとBとの相関が成立するのば、CによるDのEがFのように作用するからだ。 ③ 検証・実験の計画 （1）AとBとの間に「関係がある」ということを確認（→データの量、検定） （2）Aに対する、CDEFの作用がBになることを検証（Bに対する、CDEFの作用がBになることも検証）（→変数の決定、対照実験、再現性、数値の信用性） （3）実験結果の整理 →仮説を証明、説明するために、（2）のどのデータを用いるかを明確にする。 （4）検討 →（3）の結果と仮説の整合性を比較検討する。（仮説通りの結果（データ）が得られているか？） ④ 結論づけ 基本的に、「～なので、仮説は、正しい」と結論づける。	10月 11月 12月 1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 研究の流れを1年間に割り振る	○ ～～のために使用 ・△△（ 個） ・×××（ 個） ○ ※※のために使用 ・□□□（ 個） ・○○×（ 個） ※ 実験装置や測定装置などの図（模式図）はここへ記入する。

図2 研究計画書（ロードマップ）－研究概念を具体的に把握した進行計画を画こう－

ロードマップに記載する内容は、以下のものです。

<研究課題>これから研究しようとする「研究テーマ（課題）」とその研究概要を記入します。

概要：研究内容全体を簡潔にまとめます。研究論文のアブストラクトに当たる部分です。研究動機・研究目的、研究仮説、実験や観測の方法とその工夫点、研究成果を得ることによる社会への効果・影響などを記入します。

※研究仮説を記入する場合は、単なる予想や希望的観測ではなく、科学的な論拠（既存の科学的な法則や事象に基づくロジック）による結果の想定が必要です。（→「研究仮説」参照）

<希望的観測>
Aさんは、○○大学に合格するだろう

↓

<仮説>
特定の大学への合格可能性を高めるには、その大学の偏差値以上の学力を確保することが必要であるとともに、その大学の入試に対する対策が十分に行われることが必要である。○○大学の入試について、Aさんのこの2つの条件が成立するならば、合格可能性は高くなると推定される。

↓

<検証すべきこと>
・具体的大学の偏差値とその偏差値での合格可能性の相関
・具体的大学への入試に対する対策が十分に行われることが合格への条件であることの相関
・Aさんが○○大学の偏差値以上の学力を保持していること
・Aさんが○○大学の入試への対策を十分行っていること

図3 大学合格の可能性についての「仮説」

－仮説には数値化できる科学的検証があります－

<研究概念>本研究の中核部分をアピールしてください。本研究の根底にある科学的原理・理論を示し、そこから自分たちが**どのような工夫(独創性)によってどのような新しいこと(先行研究にはない事実)が解明されるのか**を示します。

次のような内容(アピール)が想定されます。

- ・新しい理論の構築, 発見
- ・新しい事象(現象やしきみ, 相関など)の発見
- ・実験や観測方法の工夫(装置, 材料, 時間など)

<研究の流れ>本研究の全体計画を研究要素に分解して, 研究を進める配列順に明記します。図2のように研究テーマの設定~結論づけまでを記入しますが, 最も重要なのは, **研究成果を得るためにどのような検証(実験・観測)をどのように実施するかを計画**することです(実験・観測の順序が重要なのではなく, どのような実験・観測が必要なかが観点です)。この時点で, 複数の実験や観測を計画する場合でも, それぞれの**実験・観測の目的が研究テーマの立証に有効なものになっていることを確認(→変数の確定・確認)**しましょう。時間をかけて得られたデータが研究テーマを証明するためには, 「的外れ」であったり, 「不十分な観点」であったりすると, 実験・観測の再検討や追実験・追観測が必要になり, 期限内に十分な考察ができないまま結論づけをすることになります。

一般的には, 次のような内容を研究の進行順に記載します。

- 1 研究テーマ
- 2 研究仮説 (必ずしも必要でない研究もありますが, その場合であっても, 3の実験・観測の必要性を簡潔に記述します)
- 3 検証の方法 (実験・観測計画について次のような観点を考慮して記入しましょう)
 - ・変数 (明らかにするのは, 何と何の相関か)
 - ・データ量 (数値の信憑性)
 - ・検定
 - ・材料と装置
 - ・結果の整理方法 (表やグラフ)
- 4 考察, 結論づけ (研究仮説と検証結果との整合性の検討)

<ロードマップ>「研究の流れ」を課題研究の期間(1年間)に分配します。

課題研究の授業は, 1年生後期分 14 ~ 15 回, 2年生前期分 14 ~ 15 回です。研究活動ができる課題研究の授業は, **1年間を通して, 30回(60時間)弱**になります。**2年次前期の9月には, 研究の成果をまとめ**

た「報告書(仮論文)」を作成・完成します。従って, 2年次の夏季休業後には, ある程度の結果(考察に必要なデータ)が揃っている必要があります。このことを前提に, 実験や観測を具体的に分配しましょう。

<必要なもの・備考>「研究の流れ」の3 検証の方法から, 実験・観測の方法や手順を具体化し, そのために必要な物品やソフト面で準備することを計画しましょう。

研究活動を行うためには, 「経費」が必要です。大学や研究機関での研究では, 予め, その研究の有用性, 重要度をアピールすることで「研究費」を獲得します(→<研究概念>を明確にすることが重要)。

また, 実験や観測には, 物理的(材料や器具の調達や作成), 時間的(薬剤の調合やデータ採取の最適時期になるまでの時間など)準備が必要です。

課題研究でも, 計画性のある研究として, 研究活動に必要なものについて, 請求計画やソフト面(資料請求計画, データ処理プログラムの作成計画など)での準備計画を立てておきましょう。

次のような記載が想定されます。これらの中には, 新たに購入しなければならないものや数に限りのあるものもあります。特に, SSH予算による新規購入物品については, **実際に使用する45日前には, JST(科学技術振興機構)に請求する手続きが必要**となります(→物品購入の請求については後述の4. 具体的な研究の実行「実験・検証の実施」中の「物品購入の手続き」を参照)。

- ・実験や観測の対象となる材料
- ・実験や観測を行うための装置作成の機材
- ・実験や観測を行うための器具や装置
- ・データ処理のためのソフトやそのソフトを用いたプログラム

ロードマップ作成後, もう一度, 全体を見返してみましょう。次は, 再確認のポイントです。

- 研究課題が, 独創的な明確なものとなっているか
(→自分たちの研究の何をアピールしたいのか)
- 期限内に完結できるものとなっているか
- 実験や観測のデータが研究の目的に合致したものであるか

また, ロードマップをもとに, **先行研究の内容を含め, 研究対象や研究のもととなる原理, 法則, 現象について知識(情報)を確実に獲得**しておきましょう。教科で学習した内容以上に学習しておくべき内容が多く含まれています。

4. 研究ノート（ラボノート）に記録する



図4 研究ノート

－研究過程の記録とともに実証データの証拠です－

研究ノートは、自分たちの研究成果の”証拠”となる重要な記録です。また、自分たちの研究過程や考え方を後輩に継承する科学的データにもなります。課題研究の毎授業時間はもちろん、その準備やグループ内で協議する内容や研究の考え方、思いついたアイデアなども確実に正確に記録するように心がけましょう。

研究ノートが、十分な証拠能力をもつためには、次のような記載が必要です。

①年/月/日時を記録する：実験や観察・観測を行った時に限らず、思いついたアイデアや協議の記録にも、いつ実施されたのかを記載します

②実験や観察・観測のすべてを記録する：実験・観測の材料、装置や器具、手順、結果（データ）を含め、工夫した点や感想（実験が成功した時の理由や失敗した時の理由の推定など）も記載しておきましょう

※日々の活動で温度・湿度の記録の習慣を！

※実験装置は図（絵）を画き、説明をつけておきましょう

③記録者の氏名（サイン）を記録する

また、研究ノートの記入に際して、次のような注意や配慮が必要です。

- ・容易に消去できる筆記用具（鉛筆や消えるボールペンなど）は使用しない（間違った場合は、二重線や×をつけて訂正します）
- ・研究ノートに記録できない電子データはその所在を明記する
- ・写真や結果の現物など、実験や測定の証拠となるものを添付する
- ・公開が原則

5. 具体的な研究の実行「実験・検証の実施」

研究計画や準備が整ったら、いよいよ検証活動に入ります。一般に「研究活動」と呼んでいるのは、「実験、観察や観測」などデータをとる活動と認識している人が多いのですが、実際には、研究計画を始めた段階から研究活動に入っています。

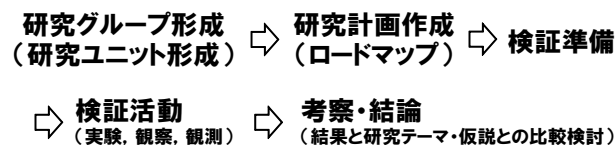


図5 課題研究の流れ

－計画の段階から研究は始まっています－

ここでは、特に、研究テーマを裏付けるための「検証活動」について考えてみましょう。

検証を行う上で注意点がいくつかあります。

<先行研究の確認> 研究の意義の1つは点前述のとおり、「新しいことを見つけること」です。研究テーマについて、同様の先行研究がある場合、同じ方法で同じ結論を出しても、その研究成果は評価されません。**先行研究がどのような方法(どのような材料を用いてどのような方法でどのような結果を得ることでのような考察・結論づけを行ったか)で行われたかを徹底的に調べておきましょう。**

同じ結論でも、材料や検証方法の違いで「研究」として成立する場合があります。

<材料・素材の選定> 材料・素材とは、実験や観測を行う対象のことです。生物分野では特定の生物個体や細胞、遺伝子など、物理分野では特定の物質に限らず「音波」や「熱」、「電気」など、化学分野では特定の化学物質や分子モデルなどが考えられます。

研究材料の選定においては、研究テーマに合致した適切なものを選ぶ必要があります。そのためにも、研究テーマを具体的に絞り込んでおくべきです。

また、材料によっては、入手困難なものや入手に時間がかかるものもあります。特に、**生物材料は、成長・生育時間や季節変動、個体による多様性など不安定要因が多く**あります。研究テーマ決定時からその生物についての情報（知識）を収集しておきましょう。

<実験装置、実験器具、実験方法の工夫> 検証実験を行う場合は、通常、実験装置を組み立てます。そのためには、まず、求めようとするデータ（実験目的）に合致した実験装置の設計をしましょう。この時点で、実現性ととともに、後述の「条件制御」や

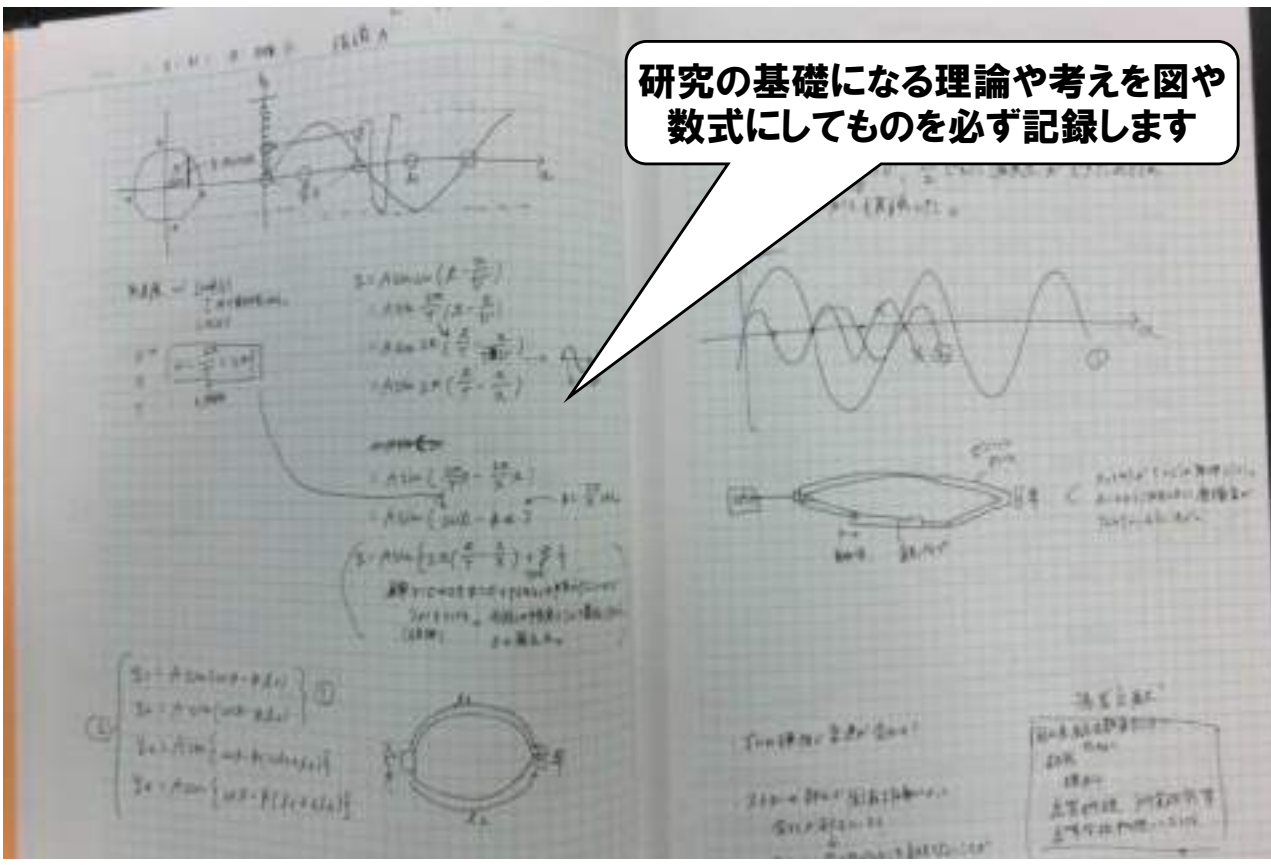
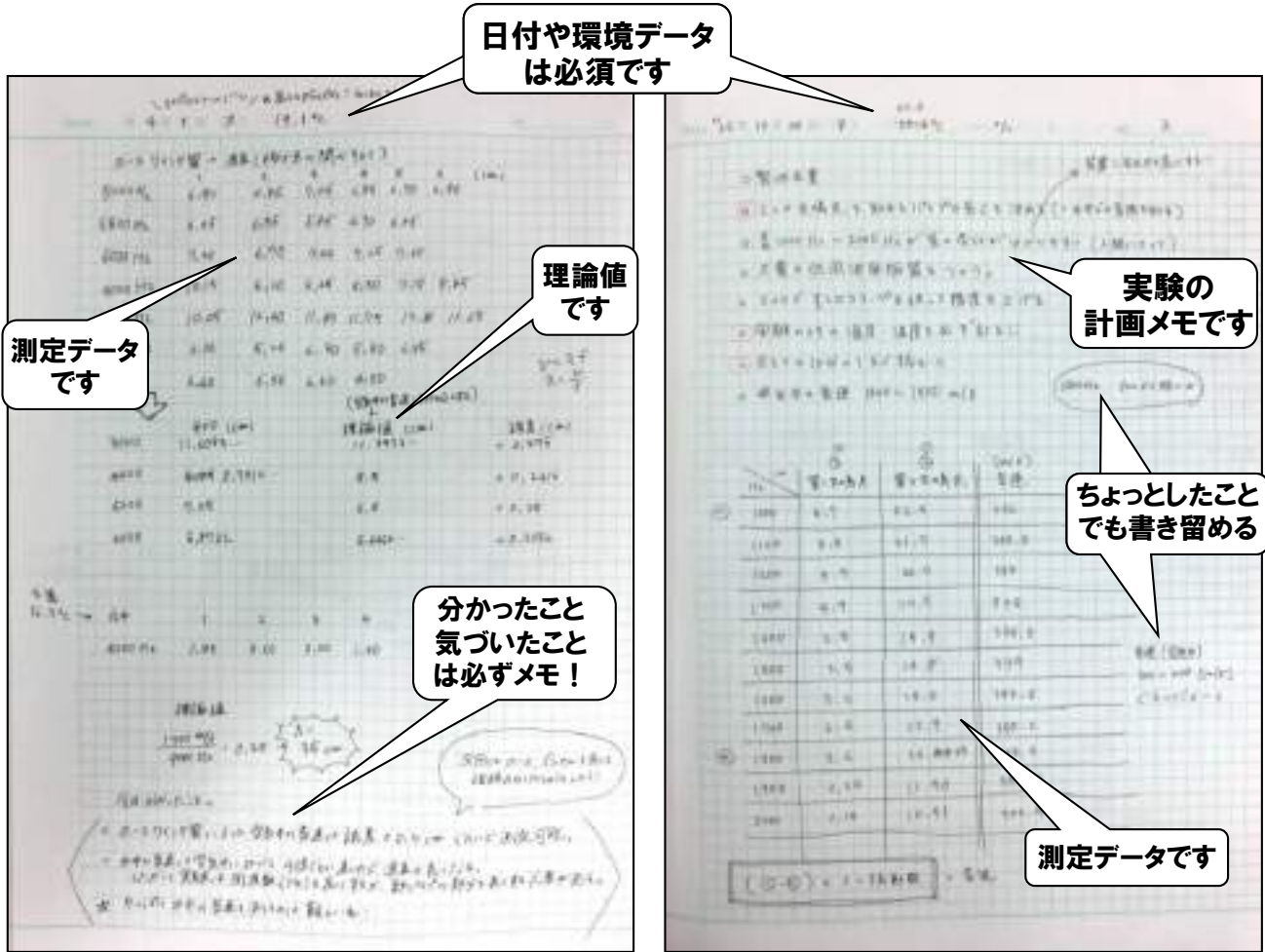


図6 実験ノートの記録例

—実験ノートは研究のすべてが記録された重要証拠となるはず—

「再現性」の観点を考慮しましょう。

また、**研究の独創性が顕著に発揮できる段階の1つが、この段階です。実験材料も含め、実験目的に最適な実験装置のデザインを創造**していきましょう。

次に、実験器具や実験装置の材料を準備します。実験材料と同様に、器具や装置の材料の入手に時間がかかる場合や自作装置の製作に時間がかかる場合もあります。このことを考慮して実験計画を立てましょう。

<再現性> 同じ材料を用いて、同じ方法(同じ条件)で実験を行った時、いつ誰がその実験を行っても同じ結果が得られることを「再現性」と呼びます。研究テーマを検証する実験は、「再現性」のある実験でなければなりません。偶然得られた実験データや1度だけの実験結果から研究の考察や結論づけはできません。

そのため実験材料の均一性や実験装置の安定性、実験方法の画一性を確保しましょう。また、自分たち自身でも、繰り返し同じ実験を行って同じ結果が得られることを確認しておきましょう。

<条件制御(変数の制御)> 実験の変動条件(=入力変数)を1つだけに設定することを「条件制御(コントロール)」と呼びます。この場合の「条件」とは、温度や湿度、光の強さ、重力など環境要因、電流量や電圧などその実験を取り巻くすべての要因を考えます。

条件制御とは、**ある現象(=出力変数)に対する条件Aの影響を調べる実験を行う時、条件Aのみを変化させ、他の条件は一定**(一般には、最適な条件で一定)に**する**ことです。例えば、「ツバキの葉の光合成量に対する光の強さの影響を調べる実験」の場合、光の強さのみを変動(=入力変数)させ、葉の面積や葉の種類、温度、CO₂濃度、湿度、気圧など他の要因は一定に保って実験を行わなければなりません。なぜなら、他の要因も光合成量に影響を与える可能性が十分あるからです。

従って、前述の実験装置のデザインも条件制御のことを考慮したものになければなりません。

<対照実験> 確かめようとする事象に対して、基準となる実験を対象実験と呼びます。基本的に、**研究対象である実験材料を除いた(入れない)実験**を行います。この実験によって、確かめようとする事象が研究しようとする要因によるものであることが説明できます。例えば、「タンポポが試験管内で呼吸を行っている」ことを確かめようとする場合、「試験管内にタンポポを入れない」対象実験を行うことでタンポポが

呼吸を行っていることを説明することができます。

<予備実験と本実験> 検証に用いるデータをとる実験(本実験)の概要を知るため、また本実験に用いる実験材料や装置の適正を立証するための「予備実験」が必要な場合があります。実験(本実験)の内容をよく吟味して、予備実験を実施することも計画しましょう。

<実験手順(順序制御)> 実験には、それを行う順序(手順)があります。この順序を逆に行うと結果が異なったり、危険な事態が生じる場合もあります。検証実験においては、実験手順を決めておきましょう。再現性の観点からも重要です。

1. 薬品Aを器具aに x mg 入れる
2. 1の器具aに材料を y mg 加え、40℃で5分間加熱する
3. これを30℃の定常状態に放置する
4. さらに薬品Bを z mg 加え10分間放置した後、試薬Cを n mg 滴下する
5. これを分光光度計を用いて計測する

図7 実験手順の例

—薬品A, B, 試薬Cを加える順序が重要—

<実験日程(時限制御)> 大きな実験に限らず、小さな実験でも、研究全体の中で計画的に実施するよう必ず日程調整をしましょう。それぞれの実験にはそれぞれ目的があります。それらは、研究テーマの立証のためのデータとなります。逆に**研究テーマを立証するためには、どのような実験が必要なのかを計画し、いつまでにどの実験を完結するのか(時限制御)を調整**しましょう。特に、生物を用いる実験の場合は、前述のように、材料そのものに時限制御があります。**<結果やデータの数量(精度)>** ”研究”には、量的研究と質的研究があります(もちろん、両方を融合した研究もあります)。一般に、科学的研究と呼ばれているのは、量的研究です。すなわち、実験や観測で得られたデータ(数値)を統計的に分析し、検証しようとする事柄を帰納的に一般化しようとする研究が自然科学の研究手法です(→再現性につながります)。従って、実験や観測で得られたデータ量(統計では、「**母集団の標本サイズ**」と呼びます)は、統計的に適正であるとされる量が必要となります。**1回だけの実験や観測で得られた1つのデータでは、科学的(統計的)考察はできません。より多くのデータを集めることで研究の精度、信憑性が高まります。**具体的にどれくらいの量のデータを集めなければならないのかは、研究の内容によっても異なりますので、その算出方法は、後述します(→5. 結果(実証データ))

の取り扱い「検定」参照)。

<結果やデータの検証>検証実験で得られるデータのうち、**数値で得られたものについては「検定」を実施し、数値の有効性を確定**します。

「検定」とは、実験や測定によるデータ数値の集計の差が、本当に研究テーマ(の仮説)を支持することのできる差かどうかを確認するための手法です。

例えば、実験において、対照実験のデータ群と研究対象となる要素A(材料)を加えたときのデータ群の間に有効な差があれば、「要素Aによって～が起こる」と説明することができます。

検定には、「t検定」「回帰分析」「 χ^2 検定」など様々な手法がありますが、一般的な自然科学の実験では、「**t検定**」が用いられます(→6. 結果(実証データ)の取り扱い「検定」参照)。

<実験(計測)開始前のミーティング>実験や観測を行う時に限らず、活動の前には必ずグループミーティングを行いましょう。その目的は、主に次の事柄の確認とメンバー全員の共通認識を得ることです。グループリーダーが進行します。

- ・その時間に行う活動(実験)の内容(目的や方法など)の確認
- ・メンバー個々の役割分担の確認

前回からの流れによっては、確認のためのミーティングだけではなく、実験内容の検討(**カンファレンス**: 討議, 協議の意)を行う必要が生じる場合があります。特に、グループリーダーは、日頃から研究全体の流れを掌握しておきましょう。

6. 日々の活動と活動後の片付けに関する注意事項

課題研究が進捗すれば、実験や観測(観察)が行われます。高校では、専用の研究室ではなく、物理教室、化学教室、生物教室など一般授業で使用する教室が研究活動の場となります。実験や観測後の片付けをきちんと行いましょう。実験器具等が散らかっていたり、測定器具がそのままに放置されていたりすると、一般授業に物理的・精神的支障となります。それ以前に、研究の場の片付け・整理は、研究者としての常識です。各分野の研究活動全体の注意も含め、具体的片付け時の注意を身につけ確実に実行しましょう。

<物理教室片付け十箇条>	<化学教室片付け十箇条>	<生物教室片付け十箇条>
<ol style="list-style-type: none"> 1. 物理準備室の備品は必ず元の場所に戻すべし 2. 各班のUSBフラッシュメモリ、SDカードは必ず準備室のボックスに戻すべし 3. コンピュータは必ず所定の棚に戻すべし—無断で教室の外に持ち出すべからず 4. 可燃ゴミは教室のゴミ箱に捨つべし 5. ガラスの破片、金属などのゴミは準備室内のゴミバケツに分別して捨つべし 6. 実験データ、アイデアは失敗も含めて必ずノートにペンで記すべし—コンピュータは信用すべからず 7. 15:30には教室を出て清掃場所に向かうべし→片付けの時間を十分確保すべし 8. 器具を破損した場合は、すみやかに教員に申し出るべし 9. 課題研究の時間に、他の課題等をすべからず 10. 工作物は授業に支障を来さぬよう所定の棚などに収納すべし 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実験ノートは研究の全てを記載し管理をきちんとすること 2. 薬品を使用する時は白衣や手袋、安全メガネを使用し、安全に十分配慮すること 3. 実験に使用する器具は、細心の注意をもって扱うこと 4. 器具などを破損させた場合は教員に申し出ること 5. コンピュータなど学校の備品を使用する時は教員の許可を得て使用し、所定の場所へ返却すること 6. 実験中は実験台の整理整頓を心掛け、実験終了後は原状回復を行うこと 7. 薬品の飛散・曝露・怪我などの事故が発生した場合は、直ちに教員に報告すること 8. 廃液の処理は教員に確認し、適切に行うこと 9. 実験、片付けは授業時間に終わらせること 10. 使用した器具や装置は元あった場所、薬品は所定の場所へ返却すること 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測定機器や実験装置は元の場所に元通りに返す ※自作の実験装置等は研究開始時に置き場を決める 2. ガラス器具やピンセット等使った器具は水洗いした後、準備室の乾燥かごに戻す 3. 他の準備室等から借用したものは確実に借りた先生に返却する 4. 生物材料の管理を確実に行う(周囲に迷惑をかけない) 5. インキュベータ、オートクレーブ、クリーンベンチ等の使用は教員の許可を得る 6. 紙くずなど可燃ゴミは教室のゴミ箱に確実に捨てる 7. 生ゴミや培地は、その内容によって捨て方を教員に確認する 8. 机の上は水拭き、床はほうき掃きし、元の状態に戻す 9. コンピュータ、カメラや記憶媒体は許可を得て使用し、使用の度、所定の場所に戻す 10. 上記の片付け時間も授業時間内に終了させる

7. 結果（実証データ）の取り扱い「検定」

実験や観測で得られたデータが、信頼できるものであることを統計的に証明しておきましょう。

データ処理に必要な数学的処理の演習

(1) 基礎統計量

(例①) あるクラスの「一か月の読書時間」について、電車・バス通学者のA班と徒歩・自転車通学のB班に分けて調べる。

A班 20人(単位:時間)	B班 15人(単位:時間)
3 10 7 14 5 9 15 0 13 18	20 6 0 14 16 23 1 4 5 0
0 8 11 10 15 19 6 23 9 5	18 13 21 0 9

① 平均値

$$\text{平均値} = \frac{\text{データの値の総和}}{\text{データの個数}}$$

(例 1) A 班の平均値を手計算とパソコンで求めよう。

【手計算】

$$\frac{1}{20}(3+10+7+\dots+23+9+5) = \frac{1}{20} \times 200 = 10(\text{h})$$

【パソコン】(B2～B21 にデータを入力しておく)

$$=AVERAGE(B2:B21)$$

(演習 1) B 班の平均値を手計算とパソコンで求めよ。

【手計算】

【パソコン】(C2～C16 にデータを入力しておく)

② 中央値(メジアン)・・・すべてのデータの値を小さい順に並べたとき、中央の順位になる値

※ データの個数が 2n 個のとき、n 番目と n+1 番目のデータの平均値を中央値とする

(例 2) A 班の中央値を手計算とパソコンで求めよう。

【手計算】

20 個のデータを小さい順に並べると

0 0 3 5 5 6 7 8 9 9 10 10 11 13 14 15 15 18 19 23

このデータの中央値は、10 番目の値 9 と 11 番目の値 10 の平均値なので

$$\frac{1}{2}(9+10) = 9.5(\text{h})$$

【パソコン】

$$=MEDIAN(B2:B21)$$

(演習 2) B 班の中央値を手計算とパソコンで求めよ。

【手計算】

【パソコン】

③ 最頻値(モード)・・・データを度数分布表に整理したとき、度数が最も大きい階級の階級値

【Excel を使った度数分布表の作り方】

(1)E 列に区間を作成する。

※ 3 から 4 刻みにする(E2～E8 に入力)

(2)F 列に度数の関数を入力する。

(3)F2～F8 を範囲選択し、FREQUENCY 関数を呼び出す。

(4)データ配列は B2～B21、区間配列は E2～E8 とし、Ctrl と Shift を押しながら OK をクリック。

※ 分析ツールを使って作成することもできる。

区間	度数
3	3
7	4
11	6
15	4
19	2
23	1

(例 3)A 班の最頻値を求めよう。

度数分布表より、度数が最も大きい階級は 8 時間以上～12 時間未満のときである。

よって、最頻値はこの階級の階級値を求めて、10 時間である。

※ 階級値・・・階級における真ん中の値 8～12 の場合、階級値は 10

(演習 3)B 班の度数分布表を Excel で作成し、最頻値を求めよ。

データを比べるときは、平均値だけではなく、さまざまな統計値を利用して比較することが重要である！！

(例②)ある携帯音楽プレイヤーを充電してからの連続使用時間を 10 回調べてみた。

連続使用時間(単位:時間)
24 21 26 23 26 20 22 26 22 30

④ 分散・・・データの散らばり具合を示す指標

(例 4)前半 5 回分のデータを使って分散を求めよう。

(1)データの平均値を求める

$$\frac{1}{5}(24+21+26+23+26) = 24(\text{h})$$

(2)各データの偏差を求める

※ 偏差・・・それぞれのデータと平均値との差

連続使用時間	24	21	26	23	26
連続使用時間の偏差	0	-3	2	-1	2

(3)分散 s^2 を求める

$$s^2 = \frac{1}{5}\{0^2+(-3)^2+2^2+(-1)^2+2^2\} = 3.6$$

※ 分散は、計算の過程で数値を 2 乗するので単位が変わることに注意。

(演習 4)10 回分のデータを使って分散を求めよ。

⑤ 標準偏差・・・分散の正の平方根の値。データの単位と同じであるのでちがいがわかりやすい。

(例 5)前半 5 回分のデータを使って標準偏差を求めよう

(例 4)で、分散は求めているので、正の平方根をとって

$$s = \sqrt{3.6} = 1.897 \dots \approx 1.90(\text{h})$$

(演習 5)10 回分のデータを使って標準偏差を求めよ。

(2) データの分析

(例①)ある食品メーカーがサラダ油を製造している。サラダ油 800g 入りの缶 9 本を選んで、内容量を測定すると以下のようになった。

サラダ油の内容量(単位:g)
807 811 801 798 789 795 803 805 804

$$\text{(公式)} \quad t = \frac{m-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n-1}}} \quad t = \frac{m-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

※ m: 標本平均、 μ : 母平均、s: 標本(単純)標準偏差、u: 標本(不偏)標準偏差、n: 標本の個数

ちなみに u を求めるには、標準偏差 s を求めるときの n を n-1 にすれば求められる。

実験データのようにバラツキの大きいデータを扱う場合は前者を使うのが一般的である。

(演習 1)95%(p=0.05)、99%(p=0.01)信頼区間で、母集団の平均内容量を予測せよ。

【Hint】標準偏差は STDEV(u)、STDEVP(s)関数、t 値は TINV 関数を利用する。

【参考】t 分布表

自由度 n-1	p の値		
	0.1	0.05	0.02
1	6.314	12.706	31.821
2	2.920	4.303	6.965
3	2.353	3.182	4.541
4	2.132	2.776	3.747
5	2.015	2.571	3.365
6	1.943	2.447	3.143
7	1.895	2.365	2.998
8	1.860	2.306	2.896
9	1.833	2.262	2.821
10	1.812	2.228	2.764

※ この値は TINV 関数を使うと同じ値が求められる

- (例②)ある園芸店は新型の有機肥料を開発した。その肥料をジャガイモで試してみたところ、今までの肥料での単位面積当たりの平均収穫量は 39.3kg で、標準偏差は 2.5kg であったのに対し、新型肥料の単位面積当たりの平均収穫量は今までと同じ 10 個だけ測定したところ、平均収穫量は 42.263kg、標準偏差は 2.3742kg であった。
- (例③)A 地域のトマト農家と B 地域のトマト農家が争っている。A 地域のトマト農家は、「われわれの地域のトマトはサイズが違うのだから、ブランド化して、売っていききたい。」と主張している。しかし、B 地域のトマト農家は、「われわれの地域のトマトとサイズは変わらないのに、ブランド化されたら、被害を受ける。そんなことはやめてほしい。」と主張している。実際、それぞれ L サイズに区分される 10 個ずつのトマトの大きさを測定したところ、A 地域のトマトの直径の平均は 10.6cm、標準偏差は 2.0cm、B 地域の直径の平均は 9.8cm、標準偏差は 2.0cm であった。

【t 検定】

- (1) 帰無仮説をたてる
 (例②)で考えると、帰無仮説は「新型肥料は効果がない」とする。つまり、「従来の肥料と新型の肥料では収穫量の平均は同じである」という仮説をたてる。
- (2) 公式を使って t 値を求める。※公式は(例①)参照。

$$t_0 = \frac{42.263 - 39.3}{\sqrt{\frac{2.3742^2 + 2.5^2}{10 - 1}}} = 3.7433$$
 また、t 分布表で、自由度 9、 $p = 0.01$ で t 値を求めると、3.2498
 $\therefore t < t_0$ より、帰無仮説は棄却される。
- (3) したがって、「新型肥料は効果がないとはいえない」と考えられる。

Point

- ① 帰無仮説は「2 つの平均は同じ」という仮説をたてる。
- ② t_0 と t の値をそれぞれ求める。
- ③ $t_0 < t$ のとき、帰無仮説は成り立つ、 $t < t_0$ のとき、帰無仮説は棄却される。

【Excel を使って p 値を求めて検定する】

- (1) TINV 関数を使う ※ =TINV(確率(p), 自由度)
 (例②)であれば、=TINV(0.01, 9) = 3.2498
- (2) TDIST 関数を使う ※ =TDIST(t_0 値, 自由度, 尾部) → 尾部は両側検定なら 2、片側検定なら 1
 (例②)であれば、=TDIST(3.7433, 9, 1) = 0.0046 (p_0 値)
- (3) 検定を行う
 $p_0 < p$ のとき、棄却される。 $p_0 > p$ のとき、棄却されない。
 0.0046 < 0.01 より、棄却される。

【演習 2】A 地域と B 地域のトマトに違いはあるのか、両側検定を使って検定せよ。

(3) データの相関

(例) ある家庭の屋根に太陽光発電装置を設置し、5 年間の日照時間と太陽光発電量の月別平均を計測したところ次の表のようになった。

平均太陽光発電量 (kWh)	235	210	222	227	244	176	214	254	182	172	182	227
平均日照時間 (h)	186	166	176	180	193	149	181	204	136	136	144	169

- ① 散布図…データの傾向を調べるために使用する図・グラフ
 たとえば、「日照時間が長ければ発電量は増えるのか?」といったように、2 つのデータに相関があるかないかを散布図を書いて調べてみる。
 (演習 1) Excel で散布図を書いて相関があるかどうかを調べよ。横軸を平均日照時間、縦軸を平均太陽光発電量にすること。

- ② データの相関
 2 つのデータのうち、一方が増加すると他方も増加する傾向にある場合、**正の相関**があるという。また、一方が増加すると他方が減少する傾向にある場合、**負の相関**があるという。どちらの傾向もない場合は、**相関がない**という。

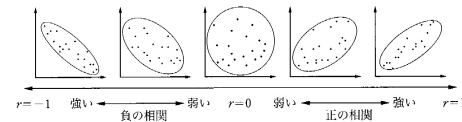
③ 相関係数
 2 つのデータ x、y の共分散を s_{xy} とし、x と y の標準偏差を s_x 、 s_y とすると、相関係数 r は

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

で、求められ、相関係数 r の値は次の不等式が成り立つ。

$$-1 \leq r \leq 1$$

とくに、正の相関が強いほど r は 1 に近づき、負の相関が強いほど r は -1 に近づく。



(3) モデル化とシミュレーション

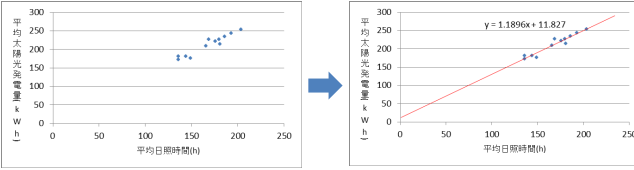
(例①) (2)のデータを利用し、最適なモデルを見つけ、いろいろな条件を設定してシミュレーションを行う。

- ① データの傾向を分析する
 データの傾向を知るためには、(2)で利用した散布図を書くとよい。分析の観点は主に 2 つある。

分析の観点

- ① 正の相関、負の相関、相関なし
- ② 直線、曲線、直線+曲線、その他

(2)のデータを散布図で表すと下図のようになる。この場合は正の相関であり、直線への当てはめが適しているといえそうである。



※ データ上で右クリック→近似曲線の追加→線形近似→前方補外(30)、後方補外(135)→グラフに数式を表示するにチェック

- ② 最適なモデルを見つける
 1 か月あたりの太陽光発電量(計算値)を y、平均日照時間を x、傾きを a、切片を b とすると直線の式は

$$y = ax + b \text{ となる} \dots \dots \text{①}$$

ここでは、右図の直線状にある、日照時間 144、発電量 182 と日照時間 204、発電量 254 の 2 点をとって①に代入する。

$$182 = 144a + b \dots \dots \text{②}$$

$$254 = 204a + b \dots \dots \text{③}$$

- ③-②より、 $a = \frac{72}{60} = 1.2$ 、 $b = \frac{182 - 144 \times 1.2}{1} = -10.8$
- したがって次の数式がモデルとして作成される。
- $$y = 1.2x - 10.8 \dots \dots \text{④}$$

- ④のモデルが最適かどうかを調べてみる。(2)の平均日照時間から 1 か月あたりの太陽光発電量 y を計算し、平均太陽光発電量 z との差 y-z を求めると、次の表のようになる。

月	平均日照時間 x (h)	計算値 y (kWh)	平均太陽光発電量 z (kWh)	発電量の差 y-z
1	186		235	
2	166		210	
3	176		222	
4	180		227	
5	193		244	
6	149		176	
7	181		214	
8	204		254	
9	136		182	
10	136		172	
11	144		182	
12	169		227	

ここで y-z の値を用い、ヒストグラムを作成する。計算値と平均太陽光発電量の差が小さければ小さいほど、0 付近に集中するグラフになる。このようにして最適なモデルを見つける統計手法を**最小二乗法**という。

- ③ シミュレーション結果の検討
 いろいろな条件を設定し、作成したモデルを用いてシミュレーションしてみる。

【条件】

- (1) ある月の日照時間が 190 時間のとき、太陽光発電量はどのくらいになるか?
- (2) ある月の発電量が 250kWh となるためには、何時間以上の日照時間が必要だろうか?
- (3) 下表は、各地の日照時間の月別平均値を示したものである。それぞれの地点の月別太陽光発電量を算出し、比較してみよ。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
札幌	97.2	109.2	157.0	178.4	196.7	187.2	175.8	173.5	160.3	153.0	99.6	86.9
東京	180.5	161.1	159.2	164.9	180.9	120.1	147.5	177.5	112.9	129.9	141.4	171.1
福岡	99.9	114.3	149.7	177.2	195.0	147.6	182.7	199.3	157.8	174.9	133.2	116.9
那覇	95.3	84.6	108.9	134.1	149.5	182.2	243.6	223.6	196.6	168.1	120.9	113.6

卒業生コラム

○自己紹介

- ・内田翔太（平成23年卒）
- ・東北大学理学部生物学科保全生態学分野
- ・小中学生のころは科学者に憧れていた。



○高校時代の課題研究について

【テーマ】蚊の誘引物質・忌避物質

蚊を捕まえて維持するのが難しく夏の間でしか実験ができずデータがあまりそろわなく、実験装置もペットボトルで自作したため隙間から蚊が脱走して大変であった。

○課題研究が今の自分、将来の自分にどのように活きているか

研究の基礎的な部分を学ぶことになるので、研究が自分に向いているかが多少わかる。問題をどのように解決するかを考える上で論理的思考力が養われる。またPCの基本操作を学ぶ良いきっかけとなる。

○将来について

好きな生物学を生かせる職業に就きたいと考えている。現在は大学に残り研究者を目指したいと思うが、才能、運、お金が必要となるので、とりあえず大学院へ進学しそこで自分に研究が向いているかどうか、成果が出せそうかどうか、お金を調達できるかどうかを判断したい。

○現役生徒への伝えたいこと

課題研究で学ぶプレゼン発表の方法は大学でも大いに役立つ。恥ずかしがらずに積極的に発表者になったほうがいい。研究室配属されセミナー発表する頃になって苦手な人ほど苦労する。

大学はとりあえず上の方を目指したほうがいい。大学の研究の幅、質はお金を持っている大学ほどいいので特定の研究室に入りたいというのがなければ上を目指しておくのが良い。