

第2章 その1 ロードマップの徹底追求

生徒グループが作成したロードマップ（図1）には、研究の初期段階で大きな不備や曖昧さがある。この不完全さを生徒グループ任せにして研究を進行させると最終的に研究が完成しないこととなる。ロードマップのコーチングには、時間と労力を要するが、研究の初期段階でロードマップの不備や曖昧さを修正させる（修正するためのコーチをする）ことが、研究全体にとって非常に大きな意味をもつ。

平成〇〇年度 理数科課題研究の研究計画書（ロードマップ） 第〇回 20××/〇/〇

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（物品、事象）・備考
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ことは何か（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、いつまでに何を完了させるのか（完成までの計画）	何がなければその過程が進行できないのか
分野：			4月 ▶ 1年生研究	
テーマ名：			5月	
概要：			6月	
			7月	
			8月	
			9月	
			10月 ▶ 2年生研究	
			11月	
			12月	
			1月	
			2月	
			3月	
4月 ▶ 2年次生				
5月				
6月				
7月				
8月				
9月				

※2年の9月末が校内発表会です。2年の夏(8月)には、結論づけから報告書作成ができる研究計画が必要です。

※研究計画を綿密に立てていく中で研究テーマの妥当性を客観的に評価し、修正・変更を加えながら適正化していくこと（→ロードマップ評価）。

図1 ロードマップ（研究計画表）

具体的なコーチングには、図2、3のような「ロードマップメタ認知カード（以下、「カード」）」（図2、3）を用いて、生徒グループとの「Q and A」を繰り返すディスカッションを行う。研究初期段階の最も重要なディスカッションの目的は、「研究テーマが適正に設定されているか」である。指導者グループは、このディスカッションに際して、「カード」中の各項目について、適切な問題提示（Q）を設定し、それに対する生徒グループからの回答・解答（A）を想定する必要がある。さらに重要なことは、生徒グループからの回答・解答に対する適切・適正な答え（KR：Knowledge of Result）を用意しておくことである。（好ましくないのは、「カード」の各項目について、生徒グループに問題点があることを意識させることができないこと、また、生徒グループからの回答・解答を安易に容認してしまうことである。）

① 研究テーマの中心となる内容（研究概念）

研究の初期段階で生徒グループが設定した研究テーマが、科学的論拠に基づいた適切なものであるか否かを問題提起する。この問題提起には、次のような内容が含まれる。

- ア) 明文化された「研究テーマ」が当該研究グループが研究しようとする内容を明確に表現できているか。
- イ) 研究テーマの「研究仮説」や「研究の目的」が科学的根拠に基づくものであるか。
- ウ) 研究テーマが既知の事象であったり、先行研究により既に明らかにされている事象ではないこと。
- エ) 研究対象とする材料や素材が、ア)～ウ)の内容や研究の「完成」を見通して、適切であるか。
- オ) 研究しようとする内容が、時間的、物理的（、経済的）に実現可能であるか。

特に、ア)は、研究しようとするものの核心（発表段階での「アピールポイント」となる事象）が明確に表現できているか否かを判断し、曖昧な場合は修正や転換を促す。

イ)は「研究仮説」が立てられているかを追求する。仮説が必要でない研究テーマの場合もあるが、多くの場合、提示されたテーマに対する科学的根拠に基づく「仮説」が立てられているか否かを追求する。この仮説が明確に述べられない場合、「研究テーマ」が、思いつきによるものである場合が多い、研究が途中で破

ロードマップメタ認知カードA (作成日) グループ名[]

→作成したロードマップについて次の観点で点検をします。

①研究テーマの中心となる内容 (ロードマップ中の「研究概念」の中心にあるもの)
 (～の～について、～に基づく～を明らかにする)など<材料、対象><既知の原理、法則><本研究で解き明かす事象>

材料・対象	
既知の原理・法則	
解き明かす事象 (研究仮説)	後→テーマとしての適正判断()
キーワード:	

②研究テーマ (内容、<解き明かす事象>) について先行研究の確認

文献による	執筆者名	文のタイトル	冊子名	ページ (p. pp.)	発表年	備考
ネット等による (キーワード検索)	執筆者名	文のタイトル	HPアドレス	発表年	備考	

③研究テーマ (内容や解き明かす事象) について分かっていない事

「分かっている事象」

「解明されていない事象」

図2 ロードマップメタ認知カードA

ロードマップメタ認知カードB (作成日) グループ名[]

→作成したロードマップについて次の観点で点検をします。

①研究テーマの中心となる内容 (ロードマップ中の「研究概念」の中心にあるもの)
 (～を検証するため、入力変数～と出力変数～を設定し～の実験を行う)など<実験目的の明確化><変数の設定><具体的実験・観察>

・研究仮説
 ・研究テーマは何を説明しようとするのか (カードAから)

後→テーマとしての適正判断()

④研究テーマを検証する実験・観察 (ロードマップ中の「研究の流れ」に関係する変数)

※研究テーマを検証するためにはどのような実験や観察をするか。

実験・観察の目的

※実験や観察の目的を得るための入力変数と出力変数は。

変数の設定 (仮説に基づく)

※変数をどのように測定するか。

具体的実験・観察

⑤研究の流れの確認 (チャートにしてみよう)

※この流れで研究を進めていけば研究テーマを検証できる。

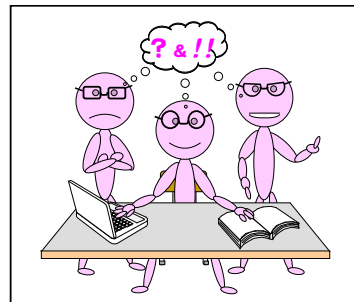
※再現性、客観性の担保！！

図3 ロードマップメタ認知カードB

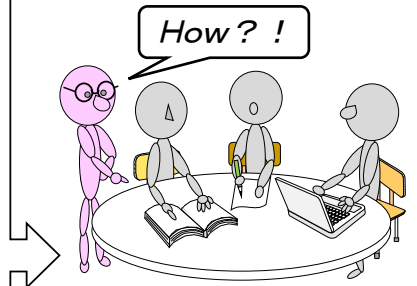
綻したり、研究計画そのものが立てられない可能性が大きいと考えられる。(→課題研究ガイドブック参照)
ウ)は、研究の価値を決める核心的問題提起である。先行研究の確認は、手間と時間のかかる'作業'であるが、生徒グループ任せにせず、教員グループでもしっかり確認することが求められる。

②研究テーマについて先行研究の確認

研究テーマに関する先行研究の確認は最も重要なプロセスである。前述の①のウ)を徹底追求することにより、研究の価値が決定づけられる。大学や大学院では、先行研究の確認や検索に8ヶ月～1年を要するといわれる。高校では、これほど長い時間を先行研究の検証に費やすことはできないが、実際にはそれほど時間を要しないと分からないほどの研究テーマが生徒グループから提示されることは少ない(もっと低いレベルで判断がつくということ)。逆に、きちんと先行研究の確認をすれば、研究テーマとして適切か否かの判断が容易に分かるものも多いと言える。生徒グループに先行研究の確認作業を確実に行わせるとともに、教員グループでも確認を行うことにより、生徒グループへの適切なコーチングを行うことが可能となる(→ここでも、生徒グループ任せにしないことが重要である)。



**教員グループも
しっかり調べる**
先行研究について分かっていること分かっていないこと
の「答え」をもってコーチングに臨むことが重要。



生徒グループへのコーチング
先行研究調査後の問題提起や研究テーマの修正意見などを念頭に生徒グループに調べ方やまとめ方をコーチングする(生徒任せにしない)。

先行研究の確認は、「カード」の「②研究テーマについて先行研究の確認」に示すように、文献調査が基本となる。学校の図書館が充実していれば、まず、**図書館や書店**で研究テーマに該当する著作物や論文を調査・確認する。提示された研究テーマの内容が、教科の授業範囲の内容ならば、**教科書や図説・参考書**を確認することも必須の作業となる。次に、**インターネット等による検索**である。この場合、インターネットで単純にキーワード検索するのではなく、論文として発表されたものを確認したい(させたい)。論文を検索する際、比較的良好に利用されるサイト例を次に示す。

J-STAGE(科学技術振興機構)	Pub Med(米国LM)
CiNii Articles - 日本の論文をさがす	Chem Port(科学技術情報オンラインサービス)
CiNii Books - 大学図書館の本をさがす	Cross Ref(米国PILA)
CiNii Dissertations - 日本の博士論文をさがす	Chemical Abstracts
国立国会図書館リサーチ(全国の所蔵資料を統合的に検索)	
NDL-OPAC(国立国会図書館)	
博士論文書誌データベース(国立情報学研究所NII)	
JAIRO(国立情報学研究所NII)	

図4 研究論文が検索できる主なインターネットのサイト(現在、統合されているものもある)

研究の初期段階で、生徒グループが提示する「研究テーマ」は、単なる「思いつき」によるもので、科学的な根拠に基づく適切なものになっていないことが多い。高校教育では、時間的制約や研究器具・設備等のインフラ面での制約による研究テーマの適正の可否は、比較的容易に判断できるが、そのテーマが研究する価値があるか否かは、既知の事象や先行研究の内容を十分検討した上で判断できるものであり、コーチングする教員グループにとっても困難な判断であることが予想される。

全世界に日々、刻々と発信される研究論文(先行研究)を全て検索することは、高校教育では不可能である。しかし、教員グループとしては、生徒グループが研究しようとする内容について、**教科書レベルの既知の事象(高校教育～大学教養課程程度)での適正の可否は判断すべきである**。「君たちが研究しようとしている内容は教科書のここに既に示されている」と指摘できるはず。また、指摘できるだけの準備をすべきである(分からなければ、同一分野の教員に相談したり、専門分野の大学や研究機関への問い合わせをする)。

③先行研究について分かっている事、分かっていない事(→先行研究の調査の整理)

教員グループが、生徒グループの提示した研究テーマについての既知の事象や先行研究について、事前に十分把握し、確認しておくことが適切なコーチングにつながる。また、生徒グループに対しては、調査したことを整理しまとめさせることが、「気づき」につながる重要な作業になる。**「カード」作成の意義の1つは、確認したことを確実に記録に残し整理する(させる)ことにある**。「カード」では、「③先行研究について分かっている事、分かっていない事」で、先行研究の調査の結果として、既に「分かっている事象」と「分かっていない事象」との仕分けを行い、整理させる。「分かっていない事象」については生徒グループが提示した研究テーマの内容と照らし合わせ、考えるヒントを与える必要がある。この操作を確実に行うことができれば、「分かっていない事象」の中から、実現の可能性(→先に述べた高校教育の中での時間的制約や実験装

置などの設備面での制約などを考慮した可能性)や研究する意義・価値の有無(→必ずしも、社会的貢献に直接つながる意義を考慮しなくてもよい。学術的に興味・関心のレベルで「新しい発見」につながる研究内容ならば、その研究に意義があると考える。)を鑑み、「①研究テーマの中心となる内容」へフィードバックさせ、研究テーマの修正をさせる。

また、これらの一連の確認作業の中で、「分かっていること」として当たり前のように思っていたことが、実は科学的に分かっていないこともあることにも気づかせたい。身近な現象の中から、「科学的」疑問を積極的に見いだす(「課題の発見」)力を喚起することも教員グループのコーチング力によるところが大きい。

④研究テーマを検証する実験・観察

生徒グループは、実験や観察をすることが「研究」であると考えている場合もある。各生徒グループが提案する実験・観察は、「なぜその実験や観察をする必要があるのか」を再度、追求し、確認・修正を行わせる。予備実験が必要な場合も含め、研究テーマを実証するためのデータ収集に、課題研究全体の中で多くの時間を費やすことになる。それだけの時間を費やした結果が、研究テーマを正しく検証できるものとなっていなかったり、実験・観察の途中で、大幅な修正を加えなければならない事態が生じると研究全体が、成立しなかったり、希薄なものになったりする恐れがある。多少時間を費やしても、研究計画の段階で、実験・観察の内容をしっかりと吟味しておくことが、結果的に、研究期間内の完成と正しい研究成果につながる。

実験・観察の再確認には、①研究テーマの中心となる内容のうち、特に、「既存の原理・法則」「解き明かす事象」「研究仮説」に再度、思考を向けさせるコーチング(アドバイス)が必須となる。その上で、実験・観察により、どのようなデータをとる必要があるのかを明確にさせる。具体的には、「変数の明確化」である。複数の実験や観察を提案している場合であっても、各実験・観察を通して、研究テーマの「何を明らかにするためのものなのか」を明確に認識させることが必要である。相関による研究テーマ(研究仮説)の実証実験・観察の変数については、各変数(入力変数、出力変数)の単位を確認させることもコーチングの重要な観点である。さらには、想定される結果(作業仮説、現段階での仮説)の表現方法(表やグラフなど)も比較的詳細にイメージさせることが必要である。

また、この実験・観察方法の工夫や開発にも触れ(→「ループリックの活用」参照)、変数データの収集方法や実験・観察装置、材料(研究対象)等についても、先行研究には見られない独創性の高いものを考案させるヒントを与えることも必要となる。生徒グループは、既存の知識だけでは、専門性の高い装置や器具、薬品、新しい材料(研究対象)についての知識は不足している。教員グループは、各生徒グループから提出されたロードマップを事前検討し、先行研究と等の内容と照らし合わせ、実験・観察の方法やこれに関係する専門性の高い装置や器具、薬品や研究材料について、コーチングにおける具体的ヒントを提示できるようにしたい。

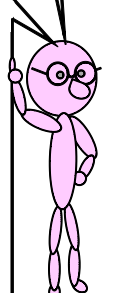
生物分野の研究の場合(他の分野でも生物を材料、対象とする場合)、実験・研究の時期(季節)や個体差、実験・観察条件の制御に困難が生じることなどに注意して確認させたい。

さらに、実験・観察の基礎的確認事項についても、条件の制御(変数の一元化)、対照実験の必要性等を確認めさせるとともに、実験・観察のデータ信頼性(客観性)、再現性を担保するためのデータ量(実験回数や実験量)を実験・観察全体のデザインの中に組み込んでいることを追求する必要がある。また、得られたデータに対する「検定」(→「検定についての基礎」参照)によりデータ数値そのものの信頼度を得ておくことも確認させるべきである。

※この過程で、研究テーマとなり得る新たな「発見」があるかもしれないが、初期の研究計画では、あくまで、当初の研究テーマ、研究仮説を検証する実験や観察をイメージさせる。

- 研究内容は何を明らかにしようとしているの？
- この研究は、どんな原理や理論に基づいているの？

- 実験・観察の目的は何？
- 実験・観察の変数はどう決める？
- 変数の単位は適切？
- 具体的材料は？
- 実験・観察の時期(季節)は確認した？
- 実験・観察に用いる装置の計画は？設計は？
- この実験・観察のデータの信頼性は大丈夫？
- この実験・観察の工夫はどこ？
- 信頼できるデータはどれくらい(回数や量)？
- 得られたデータに対する「検定」を考えてる？
- 想定される結果(作業仮説)を考えてる？



⑤研究の流れの確認

これまでのロードマップで示された研究内容の流れの確認、修正を踏まえ、その各研究活動を課題研究(授業)の終了までの時系列に従った具体的活動計画として、イメージさせる。ロードマップと同様、時間軸にそった活動の流れを図式化(→図1に示すフローチャート記号を使うなどして「見える化」を図る)するなど、それまでのロードマップからの修正点が明確に分かるように表現(→ロードマップを修正させる)する。最も重要な観点の一つは、実験や観察により得られるデータが、研究テーマを客観的に裏付け、その再現性を担保することができる「質」と「量」が得られる時間が確保できるか否かである。実験や観察の準備の時間やデータ収集の回数や規模を考え合わせ、また、長期の休暇(夏季休業、冬季休業等)や学校行事なども考慮し、「十分な」データを得なければならないことをイメージさせ、修正の指導、コーチングをする。また、生物分野の研究においては、実験や観察の材料や素材が入手できる時期や期間を時間軸の上で十分配慮させる必要がある。

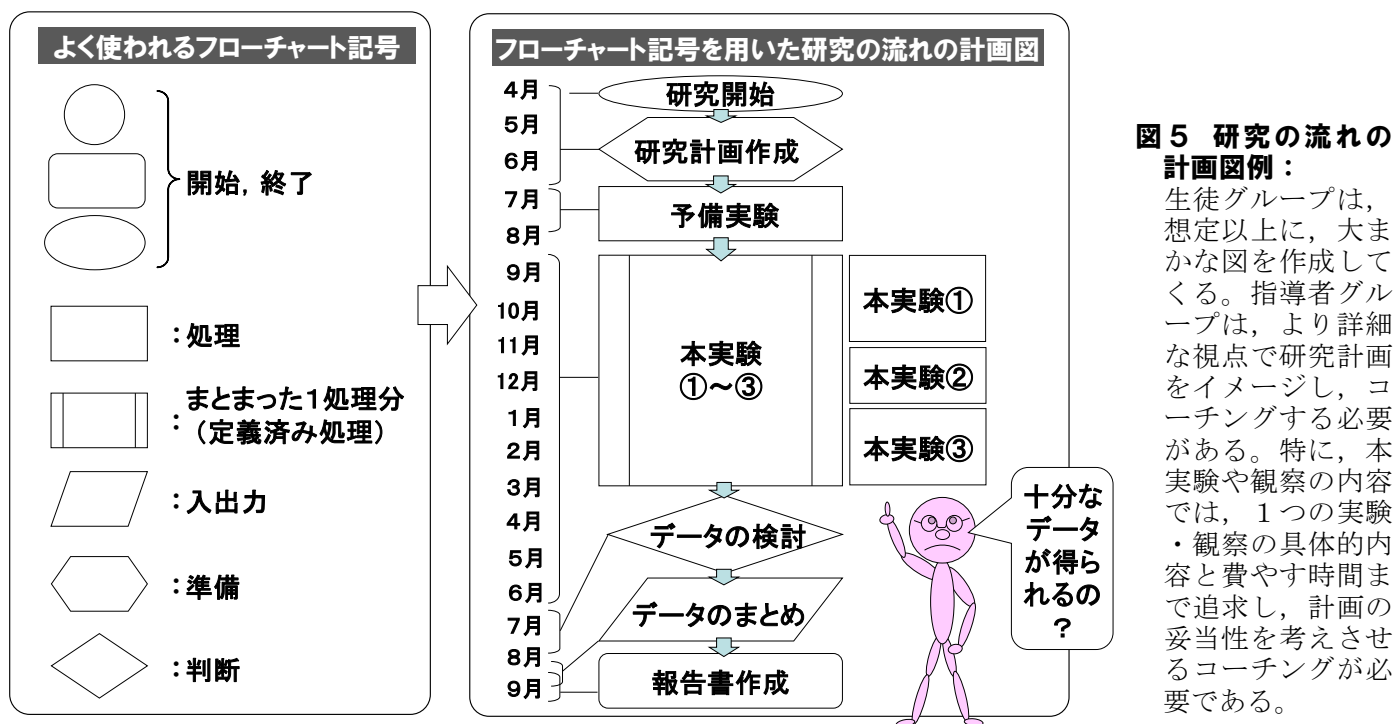


図5 研究の流れの計画図例：

生徒グループは、想定以上に、大まかな図を作成してくる。指導者グループは、より詳細な視点で研究計画をイメージし、コーチングする必要がある。特に、本実験や観察の内容では、1つの実験・観察の具体的内容と費やす時間まで追求し、計画の妥当性を考えさせるコーチングが必要である。

多少の時間はかけても、ロードマップを徹底的に追求しておくことで、研究全体の方向性が、各生徒グループ全体に周知され、研究活動全体に齟齬が生じにくくなる。また、修正が必要な場合も、どのように修正すべきかを考えやすくなる。指導者グループは、バックヤードに各生徒グループの研究テーマに対する「ロードマップ案」を持ちながら、生徒グループとの摺り合わせを徹底したい。

※研究時間、研究期間との折り合い

本校の課題研究活動は、創生研究（1年次前期）、発展研究（1年次後期～2年次前期）を合わせ、約1年半の期間がある。また、論文研究（2年次後期）を研究内容の修正に用いると約2年間にスケールがある。単純に、研究の初期段階で高校生が提示した研究テーマ（研究初期段階で「高校の範囲で実施可能な範囲」を検討したもの）の完成には、十分な期間が確保されている。とは言え、ロードマップを完璧なものに仕上げようとすると、この作業だけに長期間の時間を要し、実際の実験・観察が十分行えない場合も想定できる。ロードマップ作成段階における各生徒グループの状態をよく観察し、研究テーマについて研究価値の判断ができた段階で、実際の活動を開始し、活動の中でロードマップに修正を加えるという指導、コーチングが必要な場合も考えられる。

また、研究テーマそのものも、研究活動を展開する中で、新たな発見等により、大きく変わる場合も想定される。むしろ、高校生の課題研究においては、ロードマップをどんなに詳細に仕上げたとしても、研究の最終段階で研究テーマ、研究タイトルが、研究当初のものとは大きく変わっていることが多い。このことは、指導者グループも念頭において、ロードマップを作成することの意義、先を見通した研究計画作成の大切さを指導、コーチングしたい。



図6 ロードマップ作成のための検討（研究テーマの絞り込み）

※追記

各生徒グループの課題研究の計画設計の段階で、授業時間だけで全プロセスをまかなおうとすると大きな無理がある。例えば、予備的な小実験1つ実施するにしても、材料の確保、器具の確保、装置の組み立て、データ収集、そのまとめなど、1回の授業時間内では納まらないのがむしろ普通である。また、生物の飼育、育種、経過観察など日々、活動を継続的に行わないと、結果が得られない場合も多い。そのような研究の流れを考慮すると、研究計画の中で、授業時間以外の時間をどのように活用するのかが、実質的に大きな問題になる。グループ研究を前提に研究計画を立案することを想定すると、実験等における生徒グループにおける各メンバーの役割分担とシフトも考慮して、具体的「行動計画」を立案させる必要もある。この点を疎かにすると、グループ内の1人だけが、その生徒の許容量を超える実験作業を行い、結果、研究が破綻する場合も考えられる。

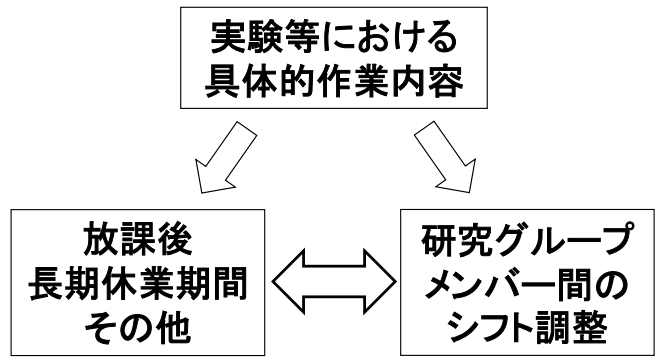


図7 研究計画に時程外の研究活動を考慮する

○ロードマップの作成と取り扱いについては、研究の最終着地点を見通しながら、研究過程(プロセス)において、点検と修正のためのメタ認知と情報共有、コミュニケーションのツールとして定義づけること。

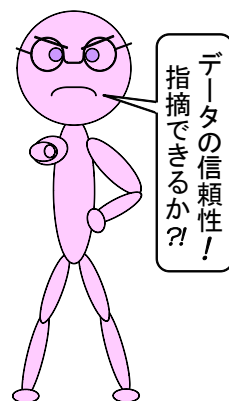
- ロードマップを研究開始当初の'絶対的'研究計画書ではないこと、研究の進行過程で最終着地点や研究の方法をできる限り客観的に点検し、必要な場合は適切な変更(軌道修正)が行えるために作成するものである。
- 課題研究の未経験者も存在する高校生という発達段階において、洞察的に研究を進める想像的作業と現在の状況を客観的に(クリティカルに)判断できる力、必要に応じて創造的に修正を行うことができる力を育成するためのツールとしての必要性を生徒にも提示する。

※参考：生徒作成の研究計画書例

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、いつまでに何をやるのか(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: 物理① テーマ名: 水中共鳴を応用して水中の音速を測定する 概要: 気柱共鳴や干渉を利用して音速測定装置を作る。さらに、作った装置を用いて比重などの変数を変えて音速の変化を測定する。	空気中の音速は簡単に測れるが、水中の音速の測り方はよくわからない。 《アピールポイント》 1. 水中の音速が測れる 2. 高校生の知識でも測定できる 3. コンパクトである	1. 気柱共鳴を用いて、波長の長さを変えて実験。(失敗) 1-a ・マイク・スピーカーの位置 ・器具の共鳴 ・波長の探し方 ⇒どのような位置関係が最も正確に測定できるか、追求 ・測れる波長の長さが小さい 1-b ・流し台の共鳴 ・音の大小が分からない(そもそも音が聞こえない) ⇒水だけが共鳴するようにする。 ・開口端か自由端か 2. 干渉を用いて装置を作った。(失敗) ・空気中→水中 水中→空気中では音は1%しか伝わらない ⇒スピーカー・マイクの両方を水中に入れておく必要がある。 3. 気柱共鳴を用いて、振動数を変えて実験。(成功) ・再現性がなく面倒である ⇒装置にするには改良が必要だ ↓これから 4. 実験回数を増やす 開管・閉管・振動数・波長を変えて測定する 5. 装置完成 6. 比重などの変数を変えて実験 7. 論文作成	10月 気柱共鳴について基本的なことを勉強する 11月 1-aの実験 12月 1月 1-bの実験 2月 中間発表 3月 2の実験(空気中) 4月 2の実験(水中) 5月 3の実験 6月 装置完成・デモンストラ 7月 8月 論文作成 9月 論文完成	購入済み ・耐水スピーカー ・耐水イヤホン 未購入 ・感度のよいセンサー ・アクリルパイプ (実験ではメスシリンダーを用いたため)

<参考1> データの信頼性についての問題

課題研究の指導、コーチングの中で、見落とされがちなのが、実験や観察で得られたデータの「信頼性」についてである。反面で、査読者にとっては、実験・観察データの信頼性は、最も重要な評価点の1つである。特に、報告書や論文の提出期限ぎりぎりまで実験や観察に追われ、提出に間に合わそうとすると、そのデータの信頼性やデータ量の不足に気が付かないまま、結論に至る場合が見られる。指導者グループは、実験・観察データにおける「信頼性の検討」(検討する内容と時間)も視野に、生徒グループに対し、ロードマップの作成を指導、コーチングすべきである。また、実験・観察終了後のデータの検討指示も必須事項である。



その上で、生徒グループが提示する「データ」の「良し悪し」を指摘し、改善が必要な場合、具体的にどのように修正を加えるかを的確に指導（この点、コーチングではない）する力が指導者グループに要求される。

「データ」についての具体的問題点は、次のような場合が想定される。

- | | | |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ●データの「量的」信頼性の問題 ●データの「質的」信頼性の問題 ●データの「量的」「質的」信頼性の問題 | | <ul style="list-style-type: none"> ○実験・観察の再現性の問題 ○実験・観察の設計の問題 ○研究テーマや仮説そのものの問題 |
|---|--|---|

データの「量的」問題については、課題研究の期間（時間）的制約を考慮しても、少なくとも、同一の目的に対する3～4回以上の実験、観察の回数によるデータを得ることが望まれる（※実験回数 $n > 10$ 回という意見もある）。本来ならば、誤差の振れ幅が極限まで小さくなるまで実験、観察の回数を重ねるのが基本であるが、時間的に難しいと考えられる。十分なデータ量が得られた上で、次に問題になるのが「質的」問題である。データの質的な適不適を主張するためには、そのデータに統計的「検定」を行っておくのも1つの方法である。「検定」には、場面により様々なものがあるが、変数の相関を検定するには、「t検定」が一般的である。「t検定」の具体的方法については、以下のホームページや冊子を参考にすると分かりやすい。指導者グループ内に情報処理に精通したメンバーがいれば、そのメンバーを中心に「データ検討」を行うのが、望ましい。

H P 「t検定の考え方 | Logics of Blue」 <https://logics-of-blue.com/t-test/>

冊子 「基礎統計学 I 統計学入門」東京大学教養学部統計学教室／東京大学出版

t検定における、「有意差」（例えば、「条件Aを与えた前後で、現象Bに数量的変化が明らかに見られる」ということ）が得られる条件として、3つの条件が考えられる。

- データの平均値が、0と大きく離れている。
- データの平均値が信用できる(分散が小さい、分散値が期待値に近いところに集中している)。
- サンプル数(サンプルサイズ)が大きい。

t検定における、「有意差」は、「t値」で表され、さらに、この値をもとに「p値」に換算できる。p値は、その値が小さい程、前述の3つの条件を満たしている確率が高いことを示している。この3つの条件は、データの量的問題を含んでおり、条件が満たされているということは、実験や観察が正しく行われたことの1つの客観的証となる。具体的には、p値が0.05(確率5%未満、もっと高い精度を求めるならば、0.01)の場合、そのデータの信頼性があることになる。

※「t検定」は、エクセル(表計算ソフト)の関数を用いることで、容易に数値を求めることができる。

①「TTEST」
②範囲指定

(詳しくは、前述のHP、冊子参照)

t 検定の実施（片側、両側検定）

統計

課題 I t 検定の流れを理解し、帰無仮説から結論までを記入しなさい。

(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。新型肥料はジャガイモの平均収穫量を増加させたといえるだろうか？
帰無仮説	
従来の肥料	平均収穫量 (kg)
	標準偏差
新型肥料	平均収穫量 (kg)
	標準偏差
t 値の計算	個数(サンプル数)
	t_0 値
	t 値
結論	

(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。農家 A と農家 B のトマトの違いはあるだろうか？
帰無仮説	
従来の肥料	平均収穫量 (kg)
	標準偏差
新型肥料	平均収穫量 (kg)
	標準偏差
t 値の計算	個数(サンプル数)
	t_0 値
	t 値
結論	

モデル化とシミュレーションの実施

統計

課題 II 与えられたモデル式を元にシミュレーションを行い、グラフ概形を書き、(例②)と(例③)のグラフから考察を行いなさい。

(例②)	近年、野生動物の絶滅が問題となっている。そこで、ある野生動物保護区における野生のニホンカモシカの生息数が、時間の経過とともにどのように変化していくかをモデル化し、今後 15 年間の生息数をシミュレーションしなさい。		
前提条件	出生率を p、死亡率を q、増殖率を r とする。 増殖率 = 出生率 - 死亡率 $\rightarrow r =$		
モデル式	ある年 (n) の個体数 = 前年の個体数 + 前年の個体数 \times 増殖率 $(1 \leq n \leq 15)$ $a_n =$		
変数	カモシカの生息数	出生率	死亡率
グラフ概形			

(例③)	(例②)の前提条件に増殖率の変化を考慮してモデル化したとき、野生のニホンカモシカの生息数はどのように変化するか。今後 15 年間の生息数をシミュレーションしなさい。		
前提条件	増殖率 r の構成要素は、増殖要因 α 、阻害要因 β 、前年の個体数 a_{n-1} である。 増殖率 = 増殖要因 - 阻害要因 \times 前年の個体数 $\rightarrow r =$		
モデル式	ある年 (n) の個体数 = 前年の個体数 + 前年の個体数 \times 増殖率 $(1 \leq n \leq 15)$ $a_n =$		
変数	カモシカの生息数	出生率	死亡率
グラフ概形			
考察	(例②)と(例③)のグラフについて考察しなさい。 (グラフの違い \rightarrow 原因はどこにあるか \rightarrow 現実とのギャップ \rightarrow 理想的なモデル式のあり方)		

参考: 検定の演習(校外研修/数学講座)

(1) 基礎統計量とデータ分析

(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・自転車通学者のB班に分けて調べると、こちらのグループの読書時間がより優れているといえるだろうか。

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

B班 15人(単位:時間)									
26	0	15	1	5	4	2	10	9	16
20	23	4	6	8	30	7	3	1	

① 平均値

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

(Excelを使った平均値の求め方)

【関数式の定義】

=**AVERAGE**(範囲 1,範囲 2,...)

※ 範囲はセル番地で表記し、複数範囲を使用する場合はカンマ(,)で区切る。

【Excel上での操作】

1. 数式を作成するセル(答えを表示したいセル)をクリック。(例:A班→B23)
2. [ホーム]→[編集グループ]→Σボタンの▼から「平均」をクリック。
3. 範囲が適切でない場合は、ドラッグで範囲選択し直す。(例:A班→B3:B22)

	平均値を求める関数式	平均値
A班	=AVERAGE(B3:B22)	
B班		

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、中央の順位にくる値のこと

※ 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。

(Excelを使った平均値の求め方)

=**MEDIAN**(範囲 1,範囲 2,...)

※ 範囲はセル番地で表記し、複数範囲を使用する場合はカンマ(,)で区切る。

【Excel上での操作】

1. 数式を作成するセル(答えを表示したいセル)をクリック。(例:A班→B24)
2. [ホーム]→[編集グループ]→Σボタンの▼から「その他の関数」をクリック。
3. [関数の分類]を(すべて表示)に切り替え、MEDIANを探す。
4. 範囲が適切でない場合は、ドラッグで範囲選択し直す。(例:A班→B3:B22)

	中央値を求める関数式	中央値
A班	=MEDIAN(B3:B22)	
B班		

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のこと(最頻値の求め方)

【Excel上での操作】

1. E列に区間を、3から4刻みで作成する。(E9には30と入力)
2. F2~F9を範囲選択し、[ホーム]→[編集グループ]→Σボタンの▼から「その他の関数」をクリック。
3. [関数の分類]を(すべて表示)に切り替え、FREQUENCYを探す。
4. データ配列(例:A班→B3:B22)と区間配列(例:A班→E3:E9)に適切な範囲を入力。

※ [F4]キーを押して絶対参照にすること。(例:A班のデータ配列→\$B\$3:\$B\$22)

5. CtrlとShiftを押しながらOKをクリック。(Enterを押してもよい)

※ 分析ツールを使って作成することもできる。

【度数分布から最頻値を求める】

例:A班では、度数が最も大きい階級は7時間より大きく11時間以下のときである。よって、最頻値はこの階級の階級値を求めて、9時間である。 ※階級値・・・階級における真ん中の値 7~11の場合、階級値は9

(Excelを使った平均値の求め方)

=**MODE.SNGL**(範囲 1,範囲 2,...)

※ 範囲はセル番地で表記し、複数範囲を使用する場合はカンマ(,)で区切る。

【Excel上での操作】

1. 数式を作成するセル(答えを表示したいセル)をクリック。(例:A班→B26)
2. [ホーム]→[編集グループ]→Σボタンの▼から「その他の関数」をクリック。
3. [関数の分類]を(すべて表示)に切り替え、MODEを探す。
4. 範囲が適切でない場合は、ドラッグで範囲選択し直す。(例:A班→B3:B22)

	度数分布表から求めた最頻値	最頻値を求める関数式	最頻値
A班		=MODE.SNGL(B3:B22)	
B班			

【それぞれの値の特徴】

平均値	全てのデータを平等に扱うが、外れ値に弱い
中央値	外れ値に強いが、全てのデータを平等に扱うわけではない
最頻値	外れ値に強いが、極端な分布に対応できないことがある

データ分析は、平均値だけではなく、さまざまな統計値、分布のグラフを用い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 回調べた結果を以下に示す。

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

(標本分散の求め方) ※母集団でも公式は同様である。

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

※ s^2 : 標本分散、 n : 標本数、 x_i : i 番目のデータ、 \bar{x} : 標本平均

【Excel 上での操作】

- データの平均値を求める。(例:A 班→B8→=AVERAGE(B3:B7))
- 各データの偏差を求めて、2 乗する。(例:A 班→C3→=\$B\$8-C3、D3→=C3^2)
- 分散 s^2 を求める。(例:A 班→B10→=SUM(D3:D7)/COUNT(B3:B7))

【関数を使った操作】

=VAR.S(範囲 1,範囲 2,...) ※VAR.P だと母分散

※ 範囲はセル番地で表記し、複数範囲を使用する場合はカンマ(,)で区切る。

	分散を求める関数式 (標本集団)	分散.S	分散を求める関数式 (母集団)	分散.P
5 回	=VAR.S(B3:B7)			
10 回				

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、データの散らばり具合がわかりやすい。

【Excel 上での操作】

- 分散の平方根をとる。(例:A 班→B11→=SQRT(B10))
- ※ SQRT 関数は指定したセル番地の値の正の平方根を求める関数である。

【関数を使った操作】

=STDEV.S(範囲 1,範囲 2,...) ※STDEV.P だと母分散

※ 範囲はセル番地で表記し、複数範囲を使用する場合はカンマ(,)で区切る。

	標準偏差を求める関数式 (標本集団)	分散.S	標準偏差を求める関数式 (母集団)	分散.P
5 回	=STDEV.S(B3:B7)			
10 回				

(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、内容を測定すると以下のようになった。95%(p=0.05)、99%(p=0.01)信頼区間のとき、母集団の平均内容を予測せよ。

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

(公式) $t_0 = \frac{m-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ $t_0 = \frac{m-\mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

※ m : 標本平均、 μ : 母平均、 s : 単純標準偏差(標本集団)、 u : 不偏標準偏差(母集団)、 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 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。

【関数を使った操作】

=T.INV(確率(p)、自由度(n-1))

※ p は $0 \leq p \leq 1$ の範囲で入力し、 n はデータ個数(サンプル数)である。

【Excel 上での操作】

- E3 に平均値、E4~E5 にはそれぞれ単純標準偏差、不偏標準偏差を求める。
- E6 には COUNT を使って、データ個数を求める。
- SQRT を使って、E7 の値を求める。
- E8、E9 にそれぞれ 99%、95%信頼区間での t 値を、T.INV を使って求める。
- E10、E11 の値を求める。
- E13、E14 にそれぞれ平均値±E10orE11 を入力する。

【参考】t 分布表

		p の値			
自由度 n-1	0.1	0.05	0.02	0.01	
1	6.314	12.706	31.821	63.656	
2	2.920	4.303	6.965	9.925	
3	2.353	3.182	4.541	5.841	
4	2.132	2.776	3.747	4.604	
5	2.015	2.571	3.365	4.032	
6	1.943	2.447	3.143	3.707	
7	1.895	2.365	2.998	3.499	
8	1.860	2.306	2.896	3.355	
9	1.833	2.262	2.821	3.250	
10	1.812	2.228	2.764	3.169	

※ この値は TINV 関数を使うと同じ値が求められる