

高校生のための研究入門

ー研究のサイクルを楽しむー

研究Ⅱ理系テキスト

第1章 研究とは

1 課題研究（研究Ⅱ）の目的

情報化、科学技術の発展、グローバル化、災害の頻発など、変化のスピードが加速し多くの危機と直面している時代。皆さんが社会人として生きていく未来を見据えたとき、どのような力が必要となるのでしょうか。10年後20年後に起こるであろう諸問題に今から直接的な答えを見出すことは到底できません。そこで必要となるのはその時代・状況に応じて課題を見つけ仮説を立て解決を図る力です。

普通の授業では、法則や既知の答えに向かって問題を解決する方法を学ぶことが多いでしょう。実際の社会において答えは一つとは限らず、またそこにたどり着く経路も様々です。研究Ⅰでは、あらかじめ設定された課題に対して研究のプロセスを意識しながら解決法を探ってきました。研究Ⅱでは自ら課題を発見し仮説を立て検証し、さらにより高次の課題に到達する研究のサイクルを回していきます。このサイクルを回していく力を“研究力”と定義し、約1年間を通して身につけていくことがこの科目のねらいです。



2 研究とは

「研究」を辞書で引くと「物事を詳しく調べたり、深く考えたりして、事実や真理などを明らかにすること」とあります。ここで、二人の偉人の言葉を紹介します。

中谷宇吉郎（石川県出身 1900-1962 物理学者 人工雪の製作に成功）

「自然に即して問題を良く考え、一つ一つの問題を切り離して一歩ずつ落ち着いてやれば、まもなく全機構が明らかになることと思われます。本当に良い研究ならば、かならず実際の役にも立つ。そして一見迂遠な様に見えても、実際は案外早道であるというのが、本当の基礎研究であります。」

南部陽一郎（本校卒業 1921-2015 理論物理学者 2008年にノーベル物理学賞）

「自分では語らない、理論に語らせる。」

これらの言葉の中では、最初から多くの問題に取りかかるのではなく、問題の構成を分析し、ただ一つの検証すべきことを見つけ、仮説を立て検証方法を考えデータを蓄積し、仮説が正しいか否か主観を除いて客観的に表していくことの重要性が示唆されています。先人たちが築いた研究・業績にさらに新たな知見を（ほんの少し）積み上げ、他者と共有していく営みを研究といってもいいでしょう。



3 課題研究の概要

(1) 研究テーマと課題（問い）の設定

以前から興味をもっていること、見聞きしたことからテーマを選択しましょう。

例1：水質汚濁について

例2：人口減少について

そして、より具体的な課題（問い）を設定します。

例1：ヤコウチュウの個体数とリン酸イオン濃度の関係

例2：地域の産業構造変化と人口の増減

(2) 仮説の設定

(1)で設定した課題（問い）に対する研究者自身の答え（説）を設定します。この仮説を実験・調査等で検証していくことになります。

例1：リン酸イオンの濃度が大きくなるほどヤコウチュウが増加し赤潮が発生する。

例2：第三次産業の割合が多いほど人口は増加する。

(3) 実験・調査方法の設定と実施

どのような実験・調査で仮説が正しいと示せるかを考えます。本格的な研究に入る前に予備的に実験・調査を行い、その方法で研究を進めることができるか“あたり”をつけることも有効です。

例1：複数ポイントの海水を汲み取り、海水中のリン酸イオンの濃度を滴定法により測定し、1 cm³中に含まれるヤコウチュウの数をカウントし、赤潮発生ポイントとともに地図に記入する。

例2：複数都市の第三次産業に従事する人口の割合を総務省統計局のデータから割り出し、人口との関連を考察する。

実験・調査の実施にたどり着くまでに多くの時間を費やしてしまうことが多くあります。その原因として、

課題（問い）の範囲が大きすぎるまたは明確になっていない。実験・調査に無理がある。課題（問い）の答えを求める実験・調査になっていないことなどが考えられます。

(4) 分析と考察

得られたデータを分析し考察を行います。研究全体を通して、客観的かつ他者からの厳密なチェックに耐え得るものであるかという視点が必要です。また、必ずしも予想した通りのデータが得られるわけではありません（むしろ多い）。その場合でも、その仮説が正しくはなかったことが分かった（新しい知見を得る）ということであり、仮説を新たに設定し次の研究のサイクルにつないでいきましょう。

(5) まとめ 発表・共有 新たな問いへ

研究で得られた知見は、口頭発表・ポスター発表・論文作成等の方法で他者と共有することで完結します。他者からの意見を得ることで別の視点から考察を行ったり、追加の実験・調査を行ったりすることで、さらに客観性や信ぴょう性をもたせることができます。また、他の研究者の参考にもなることから、社会貢献の役割も果たします。

第2章 課題研究の具体

(1) テーマの設定 問いの立て方

テーマを決定する方法が特にあるわけではありません。教科書や先輩の論文集等を検索したり、指導教員に相談したりしましょう。気にかかるものがあつたら紙に書き、KJ法等を用いて関連することを書き連ねて情報を整理することも有効です。次にあげる点に注意しましょう。

① 高校生の知識の中で未知のものとなっている。

教科書に記述されている法則等の単なる確認になっていないか。

② 仮説（答え）は検証することができる見通しが立つか。

論理の飛躍がないか。器具や設備があるか。

①において同じ法則でも、条件や対象が異なる場合は研究として成立することもあります。②において大学のような十分な環境が整っていなくても、工夫をすることで検証する方法を示すことができれば評価の対象となります。いずれもやってみないと分からないこともあるでしょう。その場合は予備的に実験・調査を行い、“あたり”を探ってみましょう。

(2) 仮説の立て方

ある程度テーマが固まってきたら先行研究論文を読んで、どこまでわかっていて何を明らかにしていくのかを明確にしましょう。できるだけ研究に関する知識を深めていくことも大切です。そして、可能な限り根拠を示した上で、予想した答え（仮説）を導きます。

課題研究に教科書はありませんので、自分で情報を集めて蓄積していくことが必要です。インターネットを利用して情報を集めることは時間の節約となることもありますが、学会・大学・公的機関の研究者が実名で公開しているもの以外は信ぴょう性・信頼性が低いと考えましょう。

参考となる検索サイト（詳細は各サイトを参照のこと）

・ Google Scholar

Google の提供する主に学術用途での検索サービス

・ CiNii

国立情報学研究所（NII）が提供する学術論文や雑誌などの学術情報データベース

・ Web Of Science

クラリベイト・アナリティクス（旧：トムソン・ロイター）により提供されている世界最大級のオンライン学術データベース（要ライセンス、大学の図書館等で利用）

・ 国立国会図書館サーチ

全国の公共・大学・専門図書館や学術研究機関等が提供する資料等を統合的に検索

(3) 実験・調査方法の設定と実施

仮説が正しいことを証明するために必要なデータは何か、またそれを得る方法を踏まえたうえで、研究計画を立てます。次にあげる点に注意しましょう。

①仮説を証明する実験・調査方法になっている。

その研究を実施しデータを得ることができれば、仮説が正しいと言い切れるか。

②条件を1つのみ変えた実験・調査を行う。

対照実験が成立しているか。条件のコントロールができているか。

③十分な実験回数、サンプリング数を確保している。

2、3回の測定では、たまたまそうなったのではないかという指摘に耐えることはできません。データの信頼性を十分に確保できる測定回数を確保しましょう。

研究を行う際には記録を残す必要があります。データが散逸しないように1冊の研究ノートを作成しましょう。これが後々、分析を行ったり論文・ポスターを制作したりする上での拠り所となります。また、他の研究者があなたの研究に関心をもったときに行う“追試”で再現できるようにするために必要なものでもあります。記録しておくべきことは、

①日付 気温、湿度等の条件（必要に応じて）

②目的

③実験・調査の設定と得られた結果のすべて

失敗と考えられるものも都合の悪いものも記録

④気づきや改良点、実験のコツ等

⑤参考・引用した文献の情報（後述）

(4) 分析と考察

十分な試行回数のもとにデータを得たならば分析・考察に移りましょう。一般的には平均値を用いて計算に用いますが、本当にそれだけでよいのでしょうか。データのばらつきが大きすぎないか。不適切な実験による外れ値が含まれていないかを吟味したうえで、考察を行います。

（参考） 羊土社(2021)「統計の落とし穴と蜘蛛の糸」

https://www.yodosha.co.jp/smart-lab-life/statics_pitfalls/statics_pitfalls01.html



(5) まとめ 発表・共有

一般的には、得られたデータから結論をまとめるという手順をとりますが、得られた結論から、テーマや仮説を再設定することもあります。あるテーマで作文を書き始めたが、完成したら別のテーマの方がじっくりくることがあることを経験したことがあるのではないのでしょうか。結論を変えることはできませんが、テーマを修正することは問題ありません。大切なのは課題（問い）と結論を対応していることです。（ただしテーマの提出は時期が決められているので、それまでに変更する必要

はあります。) また、データそのものを取ることができなかつたり、期待した通りのデータを得ることができなかつたりすることもあります。その場合は、この方法で仮説の正しさを証明しようとしたが、うまくいかなかった旨のまとめを行えば、他の研究者にとって有益な情報となります。要は、(1)～(4)を常に振り返りながら研究を進めていくことが大切です。

論文・ポスター制作・発表

前述したように、研究は他者と共有することで完結します。そのためには、読者や聴衆に分かってもらう工夫が必要です。

論文

- ①タイトルは端的にその研究内容を示している。
- ②研究の背景・目的・意義・仮説・研究手法・結果・考察・結論・展望・参考文献が含まれている。
- ③図表に番号、キャプションがつけられている。単位はつけられている。
- ④考察は十分に行われている。
- ⑤課題（問い）と答えが明確に対応している。
- ⑥論理的な構成になっている。
- ⑦引用が正しく示されている。

ポスター

- ①伝えたいことが簡潔に記述されている。(文字が多すぎると理解しにくい。)
- ②聴衆の知識量、理解力を踏まえた内容になっているか。(自分と同じ知識をもっているとは限らない。)
- ③フォントは十分に大きい。
- ④論理の展開が分かりやすい。
- ⑤制限時間内に収まっている。声量は十分である。
- ⑥質疑応答に答えられる準備をしている。

参考文献・引用の記述

論文

<u>山田太郎</u>	<u>(2005)</u>	<u>「海水中の硫酸イオンの分布について」</u>	<u>日本化学会誌</u>	<u>P. 205</u>
著者	発行年	論文タイトル	雑誌書籍名	ページ

新聞

<u>福井新聞</u>	<u>(2005)</u>	<u>「海水中の硫酸イオンの分布について」</u>	<u>4月1日</u>
新聞社名	発行年	記事タイトル	掲載日

インターネット

<u>化学学会</u>	<u>(2005)</u>	<u>「海水中の硫酸イオンの分布について」</u>	<u>www. http://chem//1212. pdf</u>
作成者	公開年	ページタイトル	URL

2020年10月24日

アクセスした日付

※ネット上の情報は信頼性を確認・相談し、信ぴょう性を吟味しましょう。

第3章 倫理観・危険防止

【研究倫理】

- ・ 独自に得たデータの根拠の明示、先行研究その他の参考資料等からの引用部分と独自の部分を明確に区分し、捏造・改ざん・盗用などの研究不正を防止する。
- ・ 単なる製品の評価となっていないか、個人や企業の活動等に影響を与えないか配慮する。

【生命倫理】

- ・ 動物実験（特に脊椎動物を対象とするものや、侵襲を伴うもの）を行う際には、代替性や正当性に関する検討を十分行うこと。

【個人情報】

- ・ 人を被験者としてデータやサンプルを取得する研究、個人を特定できる情報を取得する研究は、そのリスク評価・倫理的観点の検討を十分行うこと。

【危険防止】

一般

- ・ 薬品を入れた容器の口は、人のいない方に向け安全を確保する。
- ・ 有毒な気体を取り扱う場合には、ドラフト内で行う。
- ・ 実験中は防護めがねを着用する。
- ・ 火気を扱うときには、引火性の物質を近くに置かない。
- ・ 必要以上の試薬を用いない。反応が激しくなり、危険な場合もある。
- ・ 廃液は、回収・処理し、使用量を記載する。

物理機器の取り扱いについて

- ・ 電気の実験では、回路をすべて作り終えてから、コンセントやスイッチを入れる。導線や端子に手が触れて感電したり、ショートさせたりしない。
- ・ 静電高圧発生装置（バン・デ・グラフ型起電機）の高圧電極に近づかない。
- ・ 紫外線、赤外線、レーザー光源は、直視しない。
- ・ X線発生装置を使用する際には、人体が被爆しないように、充分安全確保を図る。
- ・ 霧箱用の付属線源に直接手で触れない。

生物材料の取り扱いについて

- ・ 本来、その地域環境において存在しない生物を使用する場合、飼育生物が、学校周辺の生態系に悪影響を及ぼさないように注意する。周辺環境に固有の生物との交雑を避けるため実験後の生物や、採集・購入した生物を安易に実験室外に放出しない。細菌や血液などには、病原性の強いものや感染力の強いウイルスが含まれることがあるので、取り扱いに、十分注意する。また、DNAに関する実験は、文部科学省の「教育目的組換えDNA実験指針」に基づいて行う。