

富士未来学Ⅲ

－探究基礎講座

探究基礎講座でできるようになること

探究の過程についての知識を身に付けることができる。プレ課題研究に取り組むための基礎的なスキルについて知ることができる。

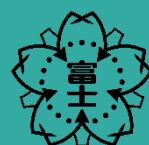
探究基礎講座で学ぶこと

プレ課題研究を実践するための「挑戦力」「理数的発見力」「理数的解決力」の3つの力について学ぶ。課題研究の全体像について学ぶ。

月 日 ()

東京都立富士高等学校

東京都立富士高等学校附属中学校



中学3年 組 番 氏名



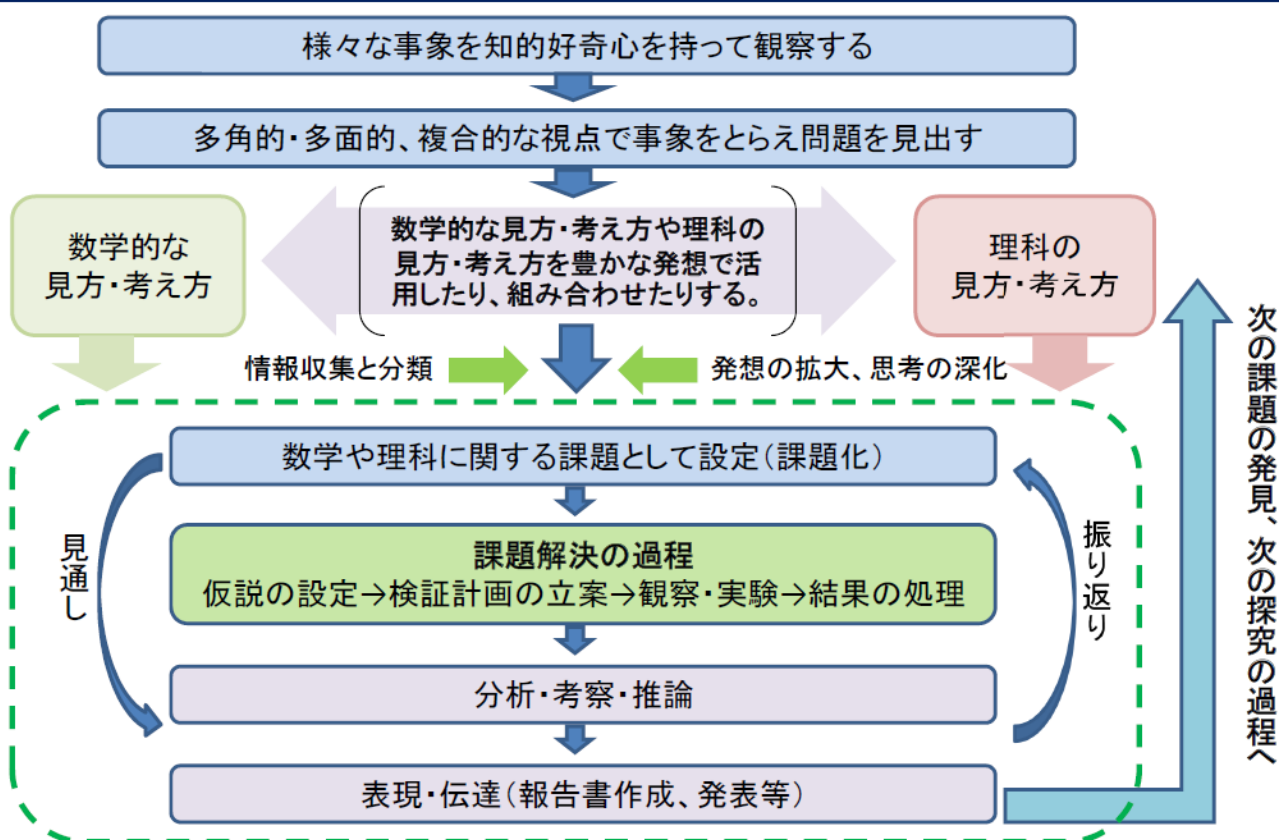
探究基礎講座①

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの内容	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	全ての記述	全ての項目について記述し、最後の行まで埋めている。	全ての項目について記述している。	記述していない項目がある。		
			7の記述	「科学的」と「思考」という用語を使用し、自分なりに「科学的」という意味を説明して、記述している。	「科学的」や「思考」という用語を使用して記述している。	「科学的」や「思考」という用語を使用していない。		

1 探究とは

新学習指導要領 共通教科「理数」の学習過程（探究の過程）のイメージ



6

（中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会、2019）

探究では、皆さんが何か疑問に感じたことについて調べ、さらに疑問に感じたことについて調査します。さらに疑問をもったことについて調べていきます。

そしてさらに調べていくと、調べてもどこにも解が見いだせない内容に直面することがあるはずです。では、そこから先はどのようにしたらよいのでしょうか。



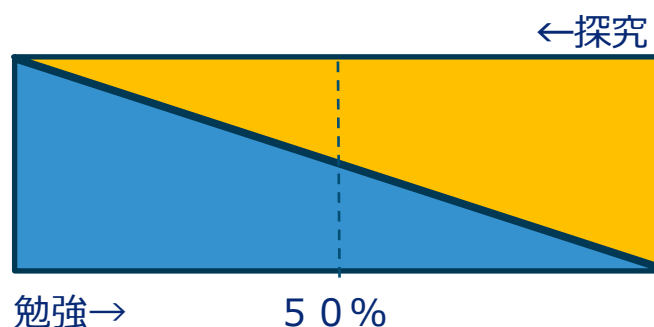
自分で考えたことを書きましょう。

自分で考えたことを基に、班で話し合ったことを記入しましょう。

2 「勉強」と「探究」の違い

「勉強」とは、先人が発見し、定説となっている知識を自分の中に新しく仕入れる受動的な活動のことです。インプットです。「探究」とは、何かの現象の原因や関連要因を自分で新しく説明したり、新しい現象の存在を自分が発見したりする能動的な活動のことです。アウトプットです。

自分の「勉強」と「探究」の割合が
どれくらいか振り返ってみましょう。



3 科学的とは

富士未来学では「**科学的グローバルイノベーター**」を目指します。科学的とはどのようなことを言うのでしょうか。

(1) 科学的のイメージは？

(2) 「科学」がつく言葉を考えてみましょう。

例：科学的に考える



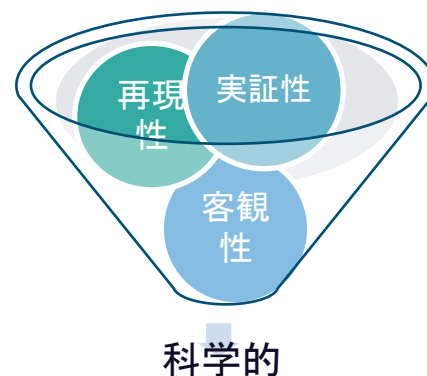
(3) 科学的とは・・・

実証性、再現性、客観性があることです。

実証性とは・・・発想し、予想したことを観察・実験などによって検証できるということ

再現性とは・・・同じ条件下で観察・実験を行い検証しようとしたとき、必ず同じ結果が得られること

客観性とは・・・実証性と再現性があり、広く多くの人に認められるようになること



次の意見は科学的でしょうか。課題があるとしたら何が課題でしょうか。実証性、再現性、客観性に触れて、自分なりに説明しましょう。

○水の沸点は100℃である。

4 富士山型探究者について

富士では、科学的グローバルイノベーターである富士山型探究者の育成を目指しています。自分で観察し、自分で判断し、自分で理論をつくり出す。これは科学者が日々取り組んでいる「探究」活動です。

「探究」活動のねらいは「自分で新しい考えを出したり、困難でもやりがいのあることに生きがいを感じたり、物事に積極的に取り組める行動力を身に付ける」ということです。

富士で皆さんに身に付けてほしい力の1つである「**挑戦力**」は、富士未来学で取り組む「探究」活動で培われていきます。ぜひ、この挑戦力を生かして、国際科学オリンピック、国際科学コンテスト、学会発表などに積極的に取り組んでいきましょう。

表1 富士未来学の「挑戦力」

	力の観点	力の観点の分類
挑戦力	試行錯誤	解決策が見いだされていない未知の課題に対して解決方法を吟味して、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとする力
	自己改善	粘り強く試行錯誤する中で、失敗から改善策を考え、より良い方法で実践するための自己調整をしようとする力
	価値創造	課題の発見、課題の解決、自己調整を繰り返す中で、既存の価値に代わる新たな価値創出の可能性を見だし、新たな価値を創造し続けようとする力



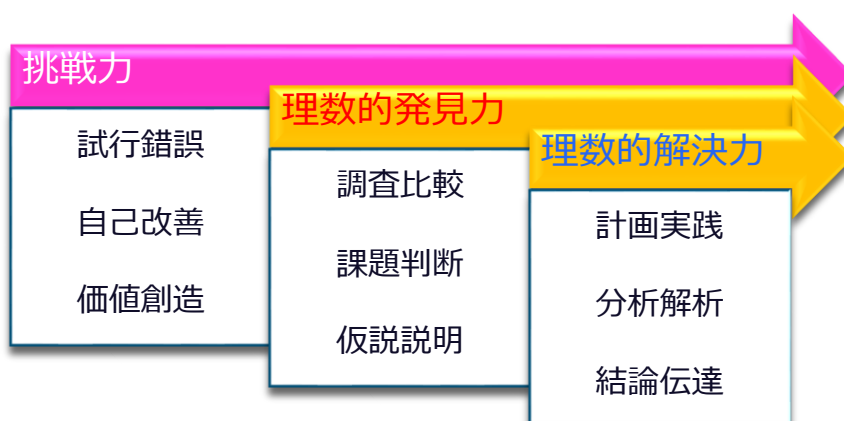
表1 富士未来学の「挑戦力」から、疑問に思った語句を書き出してみましょう。

5 探究の過程

富士未来学で行う課題研究の探究の過程は、3つの力に基づいています。

表2 本研究開発で育成する3つの力の観点と分類

	力の観点	力の観点の分類
挑戦力	試行錯誤	解決策が見いだされていない未知の課題に対して解決方法を吟味して、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとする力
	自己改善	粘り強く試行錯誤する中で、失敗から改善策を考え、より良い方法で実践するための自己調整をしようとする力
	価値創造	課題の発見、課題の解決、自己調整を繰り返す中で、既存の価値に代わる新たな価値創出の可能性を見だし、新たな価値を創造し続けようとする力
理数的発見力	調査比較	挑戦力を働かせて 、知的好奇心に基づいて調査し、これまでの経験や知識とも照らし合わせながら、疑問をもったことから課題を見いだす力
	課題判断	発見した課題に対して、科学的に解決できる課題であることを理科や数学の見方・考え方を働かせて判断する力
	仮説説明	発見した課題から仮説を設定し、科学的に検証できることを説明する力
理数的解決力	計画実践	挑戦力を働かせて 、設定した仮説を検証するための計画を立案し、計画を見直しながら実践する力
	分析解析	多面的にデータを収集し、信頼性のある適切なデータを抽出し、検定等の統計的な手法を用いて分析し、解析する力
	結論伝達	データの解析から、数値に基づいた根拠を裏付けにして解釈し、自ら考えた結論を他の人が納得するように説明する力



富士山型探究者

図1 富士未来学で身に付けていく3つの力の関係



6 探究的に「考える」ということは

皆さんは「よく考えましょう。」と言われることが多いと思います。では、「考える」ということはどういうことなのでしょう。「考える」ということ、つまり「思考」については「心理学」や「教育学」の分野で、多くの研究がなされています。

教育学では思考について以下のような説明があります。

「思考とは、ある目標の下に、既有経験を基にして対象に働きかけ、種々の情報を得、それらを既有の体系と意味付けたり、関係付けたりして、新しい意味の体系を創り出していくこと」

意味付け、関係付けには、違いに気づいたり、分類したり、比較したりする操作や、観察している対象とすでに知っていることを関係付ける操作があります。このように思考することで「新たな価値が創造」されます。

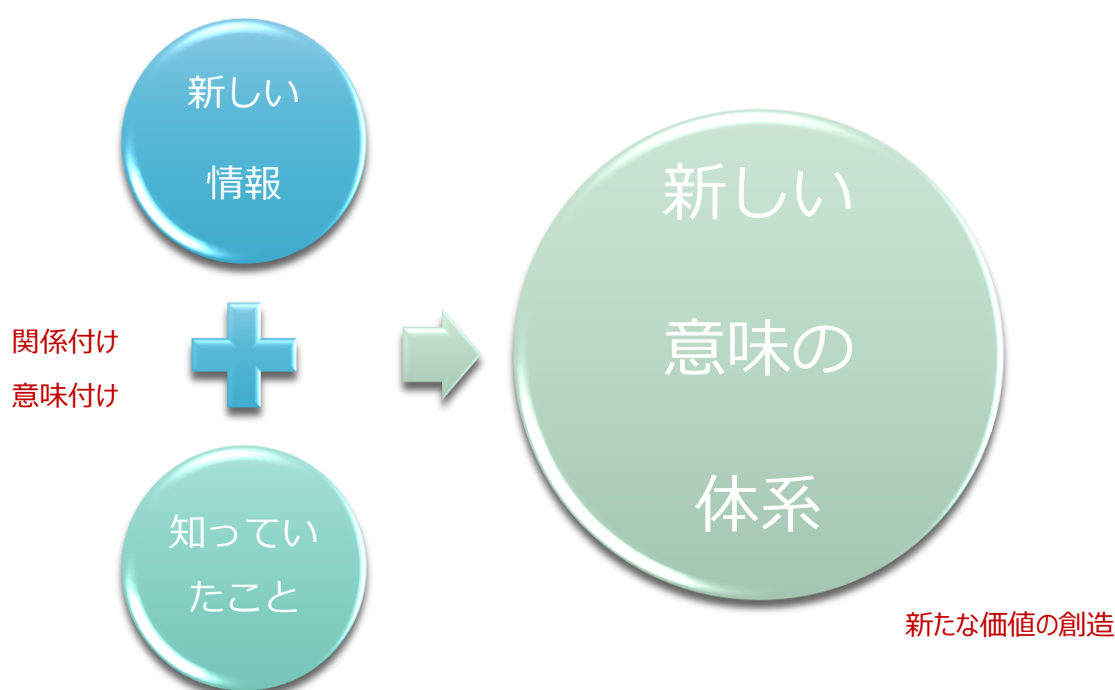


図2 思考（考える）とは

あなたのこれまでの「思考」の体験を書き出してみましょう。

他の人と意見交換して、印象に残ったことを記述しましょう。



7 科学的思考

富士未来学での学びは、皆さんが「挑戦力」「理数的発見力」「理数的解決力」を身に付けるという目標に向けて、各教科の授業などで学んだことや経験してきたことを基にして調査活動や観察・実験を行います。そうして、様々な情報を得て、それらの情報とすでに知っていたことと意味付けたり、関係付けたりして、新しい意味の体系つまり「新たな価値」を創り出していく活動であると言えます。

「科学的に思考する」ということはどういうことか、考えたことを書きましょう。

8 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	全ての記述	全ての項目について記述し、最後の行まで埋めている。	全ての項目について記述している。	記述していない項目がある。		
			7の記述	「科学的」と「思考」という用語を使用し、自分なりに「科学的」という意味を説明して、記述している。	「科学的」や「思考」という用語を使用して記述している。	「科学的」や「思考」という用語を使用していない。		

引用文献

- (1) 中央教育審議会諸島中等教育分科会教育課程部会(2019)『長尾主任視学官発表資料』, p.6,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/_icsFiles/afieldfile/2019/09/11/1420968_8.pdf
- (2) 角屋重樹 (2013) 「自然科学と理科は何が違うか」『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』, 文溪堂, pp.19-34.
- (3) 角屋重樹 (2013) 「なぜ、理科の学習内容が領域別になっているのか」『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』, 文溪堂, pp.51-52.
- (4) 宮本聡介・宇井美代子 (2020) 「質問紙調査の計画」『質問紙調査と心理測定尺度-計画から実施・解析まで-』, 株式会社サイエンス社, pp.45-46.
- (5) 興津精二・武田一美 (1972) 「探求に追いこむストラテジー」『探求に追いこむ理科授業の戦略』東京創造理科同人, 明治図書, pp.14-17.
- (6) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校 (2021) 『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座②

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	1 1と1 2の記述	1 1と1 2において、自分なりの考え方を、理由や例を挙げながら記述している。	1 1と1 2において、自分なりの考え方を記述している。	1 1と1 2において、記述していない項目がある。		

9 数学、理科、探究について

皆さんが取り組んでいる富士未来学では、数学的な見方・考え方と理科の見方・考え方を働かせて探究活動である課題研究に取り組みます。

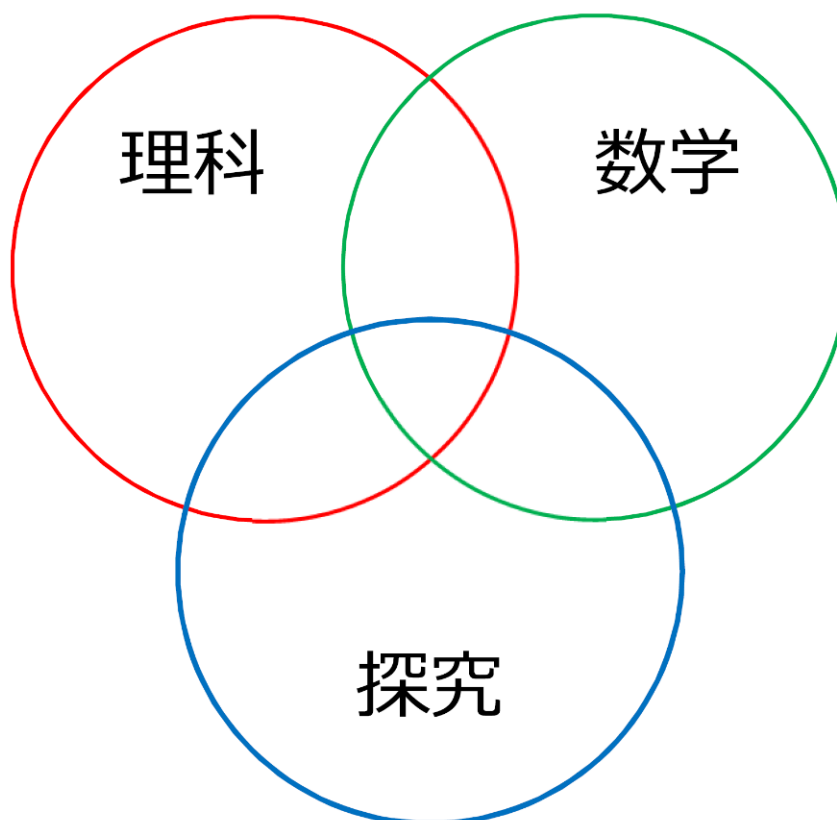


図3 数学、理科、探究の関わり



数学や理科が他の教科と異なるところについて、これまで学習してきたことを振り返って考えてみましょう。

①数学が他の教科と異なる点を挙げ、例とともに書きましょう。

②理科が他の教科と異なる点を挙げ、例とともに書きましょう。

10 数学と理科の共通点と相違点

数学と理科の共通するところや違いについて、これまで学習してきたことを振り返って考えてみましょう。

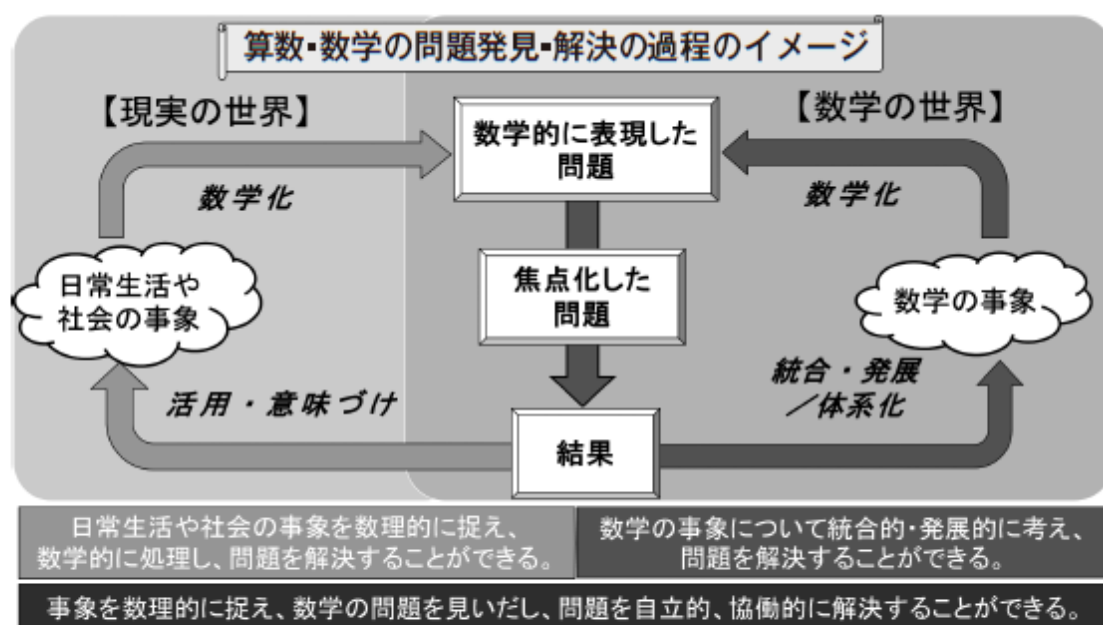
①あなたは数学と理科の共通点についてどのように考えますか。例も挙げましょう。

②あなたは数学と理科の相違点についてどのように考えますか。例も挙げましょう。



1 1 数学的な見方・考え方

①あなたは算数と数学の違いをどのように考えていますか。理由とともに書きましょう。



※各場面で、言語活動を充実

※これらの過程は、自立的にときに協働的に行い、それぞれに主体的に取り組めるようにする。

※それぞれの過程を振り返り、評価・改善することができるようにする。

図4 算数・数学の問題発見・解決の過程のイメージ

※「見方」とは、学習指導要領（文部科学省）で、「様々な事象等を捉える各教科等ならではの視点」と定義されています。（文部科学省、2018、高等学校学習指導要領解説理数編）

②「数学的な見方」とは、どのような見方でしょうか。あなたが考える「数学的な見方」について、例を挙げて説明してみましょう。



「数学的な見方」と「数学的な考え方」については文部科学省の中学校学習指導要領などで次のように整理されています。

(1) 「数学的な見方」

事象を数量や図形及びそれらの関係についての概念等に着目して、その特徴や本質を捉えること

(2) 「数学的な考え方」

目的に応じて数、式、図、表、グラフ等を活用しつつ、論理的に考え、問題解決の過程を振り返るなどして、既習の知識及び技能を関連付けながら統合的・発展的に考えること

(3) 「数学的な見方・考え方」

事象を数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的、統合的、発展的に考えること

(4) 算数・数学科という教科の本質について

算数・数学科の特徴は事象を数量・図形に着目してとらえるという点で、算数・数学科の本質は「事象を数量・図形に着目してとらえる力」を育てることです。

①数学の基礎は数と図形です。

数と図形そのものを考えるだけでなく、数と図形によって物事を見たり考えたりすることを意味しています。

②数学は抽象化した概念を論理によって体系化します。

論理によって、関係性の世界そのものをつくりだすことです。体系化する際に働かせる方法は、様々な問題を解決するのに役立ちます。

③数学は抽象と論理を重視する記述語です。

数学は他の関係諸科学のための基礎言語であり、また事象を記述する言語でもあります。

④数学は普遍的な構造（数理モデル）の学としての諸科学に開かれています。

数学は抽象的・一般的ゆえ、関連諸科学だけでなく、広く事象一般を考察するために有用な「モデル」を与えます。



1 2 理科の見方・考え方

①あなたは理科の学習の特徴をどのように考えますか。理由や例とともに書きましょう。

②「理科の見方」とは、どのような見方でしょうか。あなたが考える「理科の見方」について、例を挙げて説明してみましょう。

「理科の見方」と「理科の考え方」については文部科学省の中学校学習指導要領などで次のように整理されています。

(1) 「理科の見方」

理科を構成するそれぞれの領域における特徴的な視点

①物理

自然現象を、エネルギーという視点で、関係的かつ量的に扱う学習内容

②化学

自然現象を、粒子という視点で、主に実体的かつ質的に扱う学習内容

③生物

主に生命に関する現象について、共通性・多様性の視点で「全体と部分との関係」で捉える学習内容

④地学

地球や地球を取り巻く現象の中から、主に地球や宇宙に関する現象について、時間的・空間的な視点で「全体と部分との関係」で捉える学習内容



(2) 「理科の考え方」

探究の過程を通じた学習活動の中で，例えば，比較したり，関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること

(3) 「理科の見方・考え方」

自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなど、科学的に探究する方法を用いて、多面的に考えること
(文部科学省、2017、中学校学習指導要領解説理科編)

(4) 理科という教科の本質について

実験を行いながら自然事象に関して働きかける方法と、その結果としての知的体系を構築していくことです。特に、**再現性**や**実証性**、**客観性**を保証する**実験**が教科「理科」の特質です。

1.3 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グラントデザインの問題	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	11と12の記述	11と12において、自分なりの考え方を、理由や例を挙げながら記述している。	11と12において、自分なりの考え方を記述している。	11と12において、記述していない項目がある。		

引用文献

- (1) 文部科学省（2017）『中学校学習指導要領解説理科編』，p.6.
- (2) 文部科学省（2017）『中学校学習指導要領解説数学編』，p.7.
- (3) 文部科学省（2018）『高等学校学習指導要領解説理数編』，p.12.
- (4) 日本教科教育学会編（2015）『今なぜ，教科教育なのか—教科の本質を踏まえた授業づくり—』，文溪堂，pp.50-61.
- (5) 日本教科教育学会編（2020）『教科とその本質—各教科は何を目指し、どのように構成するのか—』，教育出版，pp.92-103.
- (6) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座③

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	調査比較	思考・判断・表現	18①の記述	18の①において、複数の疑問を挙げて、「なぜ」で始まる問いを複数、適切に記述している。	18の①において、「なぜ」で始まる問いを記述している。	18の①において、「なぜ」で始まる問いを記述していない。		
理数的発見力	課題判断	思考・判断・表現	18②の記述	18の②において、説明変数と目的変数の意味を理解し、考えられる変数の組み合わせを適切に書き出している。	18の②において、説明変数と目的変数の意味の理解に一部課題があるが、考えられる変数の組み合わせを書き出している。	18の②において、説明変数と目的変数の意味を理解しておらず、考えられる変数の組み合わせを記述していない。		

14 数学と理科が統合した新教科「理数」

富士未来学では、新教科「理数」の科目「理数探究基礎」「理数探究」に取り組みます。

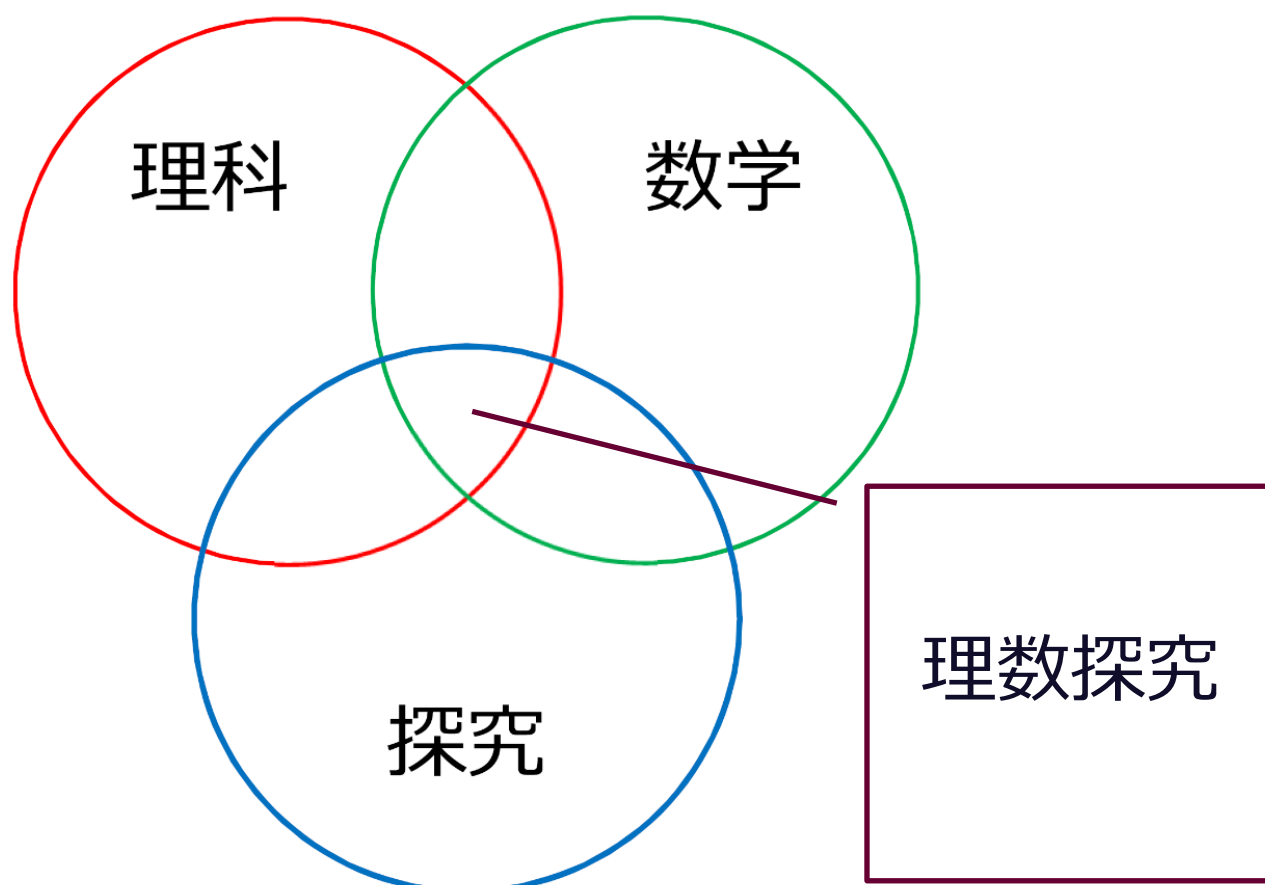


図5 数学、理科、探究の交わりが理数探究



1 5 「理数探究基礎」

「理数探究基礎」は、様々な事象に関わり、**数学的な見方・考え方**や**理科の見方・考え方**を組み合わせるなどして働かせ、**探究の過程**をとおして、課題を解決するために必要な基本的な資質・能力を育成する科目です。

「理数探究基礎」の**特徴**は、探究の過程全体を自ら遂行するために必要な基本的な知識及び技能を身に付け、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度を養うなど、課題を解決するために必要な基本的な資質・能力を育成することです。

「理数探究基礎」の**目標**は、様々な事象に関わり、**数学的な見方・考え方**や**理科の見方・考え方**を組み合わせるなどして働かせ、**探究の過程**をとおして、課題を解決するために必要である基本的な資質・能力を次のとおり育成を目指すことです。

- (1) 探究するために必要な基本的である知識及び技能を身に付けます。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、課題を解決するための基本的な力を養います。
- (3) 様々な事象や課題に知的好奇心をもって向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決に向けて挑戦しようとする態度を養います。

「理数探究基礎」で身に付ける知識及び技能

- (ア) 探究の意義についての理解
- (イ) 探究の過程についての理解
- (ウ) 研究倫理についての理解
- (エ) 観察、実験、調査等についての基本的な技能
- (オ) 事象を分析するための基本的な技能
- (カ) 探究した結果をまとめ、発表するための基本的な技能

「理数探究基礎」で身に付ける思考力、判断力、表現力等

- (ア) 課題を設定するための基礎的な力
- (イ) 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力
- (ウ) 探究した結果をまとめ、適切に表現する力

「理数探究基礎」のキーワードを書きましょう。



1 6 「理数探究」

「理数探究」は、様々な事象に関わり、**数学的な見方・考え方**や**理科の見方・考え方**を組み合わせるなどして働かせ、**探究の過程**を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を育成する科目です。

「理数探究」の**特徴**は、生徒自らが課題を設定した上で、主体的に探究の過程を遂行し、探究の成果などについて報告書を作成させるなど、課題を解決するために必要な資質・能力を育成することです。

「理数探究」の**目標**は、様々な事象に関わり、**数学的な見方・考え方**や**理科の見方・考え方**を組み合わせるなどして働かせ、**探究の過程**をとおして、課題を解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成を目指すことです。

- (1) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けます。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高めます。
- (3) 様々な事象や課題に主体的に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養います。

「理数探究」で身に付ける知識及び技能

- (ア) 探究の意義についての理解
- (イ) 探究の過程についての理解
- (ウ) 研究倫理についての理解
- (エ) 観察、実験、調査等についての技能
- (オ) 事象を分析するための技能
- (カ) 探究の成果などをまとめ、発表するための技能

「理数探究」で身に付ける思考力、判断力、表現力等

- (ア) 多角的、複合的に事象を捉え、課題を設定する力
- (イ) 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行する力
- (ウ) 探究の過程を整理し、成果などを適切に表現する力

①「理数探究」のキーワードを書きましょう。

②「理数探究基礎」と「理数探究」の異なる点を見つけて、15ページと16ページにマーカーでラインを引きましょう。



③②から「理数探究基礎」と「理数探究」の違いについて分かったことを、2つの科目を比較しながらまとめましょう。

1 7 探究の過程の違い

「理数探究基礎」と「理数探究」は、ともに探究の過程をとおして、課題を解決する科目です。

表 3 理数科「理数探究基礎」「理数探究」と「総合的な探究の時間」の探究の過程の比較

	理数科 「理数探究基礎」「理数探究」	「総合的な探究の時間」
1	①課題の設定 自然や社会の様々な事象に関わり、そこから数学や理科などに関する課題を設定する。	①課題の設定 体験活動などを通して、課題を設定し課題意識をもつ。
2	②課題解決の過程 数学的な手法や科学的な手法などを用いて、仮説の設定、検証計画の立案、観察、実験、調査等、結果の処理などを行う。	②情報の収集 必要な情報を取り出したり収集したりする。
3	③分析・考察・推論 得られた結果を分析し、先行研究や理論なども考慮しながら考察し推論する。	③整理・分析 収集した情報を、整理したり分析したりして思考する。
4	④表現・伝達 課題解決の過程と結果や成果などをまとめ、発表する。	④まとめ・表現 気づきや発見、自分の考えなどをまとめ、判断し、表現する。
	※指導上の配慮事項 探究の過程は①～④の必ずしも一方向の流れではない。探究のための具体的な方法は固定して考えず、探究の過程を適宜振り返りながら改善させる。	※指導上の配慮事項 探究の過程は①～④が順序よく繰り返されるわけではなく、順番が前後することもあるし、一つの活動の中に複数のプロセスが一体化して同時に行われる場合もある。

①理数科「理数探究基礎」「理数探究」と「総合的な探究の時間」の異なる点を見つけて、表 3 にマーカーでラインを引きましょう。

②①から理数科「理数探究基礎」「理数探究」と「総合的な探究の時間」の違いについて分かったことを、2つの科目を比較しながらまとめましょう。



1 8 課題の設定

「自然や社会の様々な事象に関わり、そこから数学や理科などに関する課題を設定する。」

「富士未来学」における課題は、書籍やインターネットなどの情報によって解決できるものではなく、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程をとおして課題を解決できるものとします。これは、調査（調べ学習）ではなく、調査の先にある探究の過程を通して解決できる課題を設定することを意味しています。

（1）「富士未来学」の研究課題

- ①自然事象や社会事象等の中から数量として捉えられるものを見だし、それらの特徴や関係性を調べます。
- ②自然事象や社会的事象等の中で特定の性質をもったものの中から標本を抽出して統計的に処理をしたり、数学的モデルをつくりシミュレーションを行ったりして傾向や特徴を見いだします。

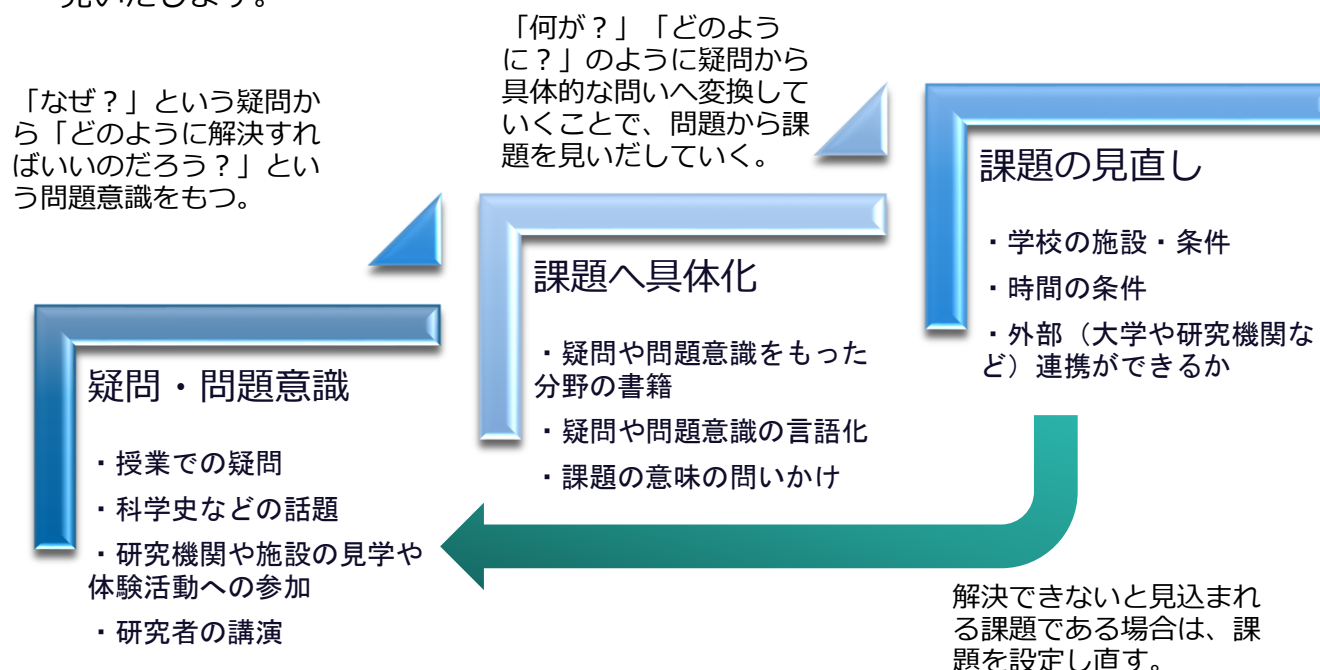


図6 研究課題の設定までの流れ

社会人となったとき、リーダーとして活躍する人材となるために必要な力である「挑戦力」「理数的発見力」「理数的解決力」を身に付けるために「富士未来学」で学びます。

解決すべき課題を発見する力を「富士未来学」を学ぶことで身に付けていきます。「富士未来学」では「理数的発見力」を重要な力としています。ここから、課題を発見するというを考えていきます。



(2) 次の事例からどのような疑問が考えられるでしょうか。

Aさんが養蜂場を訪問した時、ハチの巣がある巣箱が大変汚れていて、カビが生えていて、かつていたハチがいなくなっていることに気がついた。養蜂家に話を聞くと、今年は例年より雨が降り、巣箱を大雨から退避させるために場所を移動させることが多く、巣箱を移動させる際、周りの植生や時間帯、日射量についてはあまり気にしていなかったということであった。

①上の事例からどのような疑問が考えられるか、できるだけ多く挙げてみましょう。

(3) 自分が考えた疑問が研究課題として適切かどうか確認しましょう。

- ①答えが出せる疑問か
- ②科学的に答えが出せる疑問か
- ③自明のことではないか
- ④一定の期間で解決できるか
- ⑤解決することに意味があるか
- ⑥人や動物を扱う場合の配慮

以上の質問の答えがすべてYESであるものについて、研究課題としていくためにさらに具体化していきます。

(4) (3) ですべての質問がYESであると確認した疑問を、さらに「何が?」「どのように?」という課題を解決できる具体的な問いへ変換していきます。変換していくために、課題の中から変数を見いだしていきます。

変数には**独立変数(説明変数)**と**従属変数(目的変数)**があります。独立変数(説明変数)は「**原因となっている変数**」のことで、従属変数(目的変数)は「**原因を受けて生じた結果となっている変数**」のことで

この2つの変数の関係を見いだすために観察、実験、調査を行います。つまり、観察、実験、調査を行うための変数が見いだせれば、課題研究で結論を見いだせる可能性があるということになります。

皆さんが課題研究を行う際は、見いだした変数が研究において適切かどうかを見極める必要があります。そのために、先行研究の調査や信頼できる書籍やインターネットを用いた調査を行います。2つの変数だけの関係性を見いだせるかどうか也很重要です。複数の変数が関連している場合は、変数として扱うために方法を検討する必要があります。



②（３）で考えた疑問にどのような変数が見いだせるか考えて、書き出してみましょう。

その際、独立変数（説明変数）と従属変数（目的変数）を分けて書きましょう。

独立変数（説明変数）： 従属変数（目的変数）：

独立変数（説明変数）： 従属変数（目的変数）：

独立変数（説明変数）： 従属変数（目的変数）：

独立変数（説明変数）： 従属変数（目的変数）：

研究課題を決めるときに重要なことは、まず、「興味・関心ある領域を選ぶ」ということです。興奮を憶え、楽しいと思わなければ、研究は続きません。疑問が生じるためには日頃から「なぜ？」と問いかけながら主体的に授業を受けたり、積極的に研究機関や施設の見学や体験活動に参加したりするなどの行動を起こすことが重要です。また、学校で行われている「理数セミナー」に参加して研究者の講演に参加することも、興味をもてる領域を見つけることができるチャンスとなります。

次に、自分で研究課題の領域について学んでいくことを「決意」ということです。そして、研究課題について「じっくり考え、自分の中の理解を深める」ことです。その際、過去に同じ研究がないか、確認することで「新規性があるかどうかを見極める」ことです。

研究の成果は、少しずつしか得られないかもしれませんが、少しずつの成果に喜びを感じることがとても重要です。

19 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインとの関係	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	調査比較	思考・判断・表現	18①の記述	18の①において、複数の疑問を挙げて、「なぜ」で始まる問いを複数、適切に記述している。	18の①において、「なぜ」で始まる問いを記述している。	18の①において、「なぜ」で始まる問いを記述していない。		
理数的発見力	課題判断	思考・判断・表現	18②の記述	18の②において、説明変数と目的変数の意味を理解し、考えられる変数の組み合わせを適切に書き出している。	18の②において、説明変数と目的変数の意味の理解に一部課題があるが、考えられる変数の組み合わせを書き出している。	18の②において、説明変数と目的変数の意味を理解しておらず、考えられる変数の組み合わせを記述していない。		

引用文献

- (1) 文部科学省（2017）「中学校学習指導要領解説理科編」，p.6.
- (2) 文部科学省（2017）「中学校学習指導要領解説数学編」，p.7.
- (3) 文部科学省（2018）「高等学校学習指導要領解説理数編」，p.12.



探究基礎講座④

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	2 1 (1) の記述	2 1 (1) の①と②ともに、適切な独立変数を挙げている。	2 1 (1) の①と②のどちらか一方において、適切な独立変数を挙げている。	2 1 (1) の①と②ともに、独立変数を挙げていない、またはどちらも適切ではない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	2 1 (2) の③の記述	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③において、疑問から仮説を設定して、記述している。	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③のどちらか一方において、疑問から仮説を設定して、記述している。	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③をともに記述していない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	2 2 の記述	2 2 の事例 1 と事例 2 において、仮説を設定して、結果の予測や検証計画の概要を記述している。	2 2 の事例 1 または事例 2 のどちらか一方において、仮説を設定して、結果の予測や検証計画の概要を記述している。	2 2 の事例 1 と事例 2 ともに、記述していない項目がある。		

2 0 課題解決の過程

数学的な手法や科学的な手法などを用いて、仮説の設定、検証計画の立案、観察、実験、調査等、結果の処理などを行います。

「疑問」は、疑い、驚き、当惑、困惑といった心理的な状態になったことはありませんか。「疑問」は、新しい事象や理解できない事象に遭遇したときに生じます。「なぜ？」という疑問から「どうやって解決すればいいのだろう？」という問題意識をもち、さらに、「何が？」「どのように？」のように課題を解決できる具体的な「問い」へ変換していきます。

そして「問い」に変換できたら、具体的な検証計画を立てるための「仮説の設定」を行います。富士未来学で扱うのは科学的な仮説です。仮説とは、検証結果に対する一時的な説明であり、いくつかの予測を導くものです。仮説は、観察・実験・調査により検証することで支持されることも棄却されることもあります。



図 7 観察・調査と仮説、予測の関係



2 1 仮説の設定

(1) 仮説を構成する変数

①制御することが可能な独立変数（説明変数）

操作をとみなう仮説で、ある変数の操作による影響を調べる場合に用いる。

（仮説の例）ある肥料の化学的成分は、植物 X の成長速度に影響を与える

②制御することが困難な独立変数（説明変数）

生物の嗜好性や気候、環境条件による影響を調べる場合に用いる。

（仮説の例）降水量はコケの存在量に影響を与える

①制御することが可能な独立変数として考えられるものを挙げて書きましょう。

②制御することが困難な独立変数として考えられるものを挙げて書きましょう。

(2) 疑問から仮説を設定するまでの過程について事例研究

事例 1

実験室にネズミが飼われていた。清掃担当の女性は、飼育容器を清掃する度にピーナッツをあげていた。2週間後、ネズミは女性が入ってくると飼育容器の壁に立ち上がって待っているようになった。しかし、他の人が実験室に入ってもネズミは立ち上がらなかった。

①「なぜ？」という疑問詞で考えられる疑問を書き出しましょう。

②「何が？」「どのように？」という疑問詞で考えられる問いを書き出しましょう。



③考えられる仮説を設定して書きましょう。

事例 2

弟とアイスクリームを食べながら扇風機の風に当たっていると、扇風機の風に当たっていない弟のアイスクリームよりも自分のアイスクリームがとけていることに気づいた。弟の食べているアイスクリームの種類を袋の表示で調べてみると「アイスマルク」と書いてあった。自分が食べていたアイスクリームの袋には「ラクトアイス」と書いてあった。アイスクリームの種類には「アイスクリーム」「アイスマルク」「ラクトアイス」「氷菓」というものがあり、含まれる乳固形分の割合で違いがあることがわかった。

①「なぜ？」という疑問詞で考えられる疑問を書き出しましょう。

②「何が？」「どのように？」という疑問詞で考えられる問いを書き出しましょう。

③考えられる仮説を設定して書きましょう。



2 2 仮説の検証

仮説を検証するための計画を立てます。具体的には観察・実験・調査などの方法があります。仮説の検証を行う際は、設定した仮説から結果を予測してどのような検証の方法をとるかを決定していきます。検証する際は、数値でデータを収集できるように工夫しましょう。

事例 1 から検証可能と考える仮説を書き出しましょう。

①仮説

②結果の予測

③検証計画の概要（観察、実験、調査の計画を立てる）

事例 2 から検証可能と考える仮説を書き出しましょう。

①仮説

②結果の予測

③検証計画の概要（観察、実験、調査の計画を立てる）



2 3 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインとの関係	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	2 1 (1) の記述	2 1 (1) の①と②ともに、適切な独立変数を挙げている。	2 1 (1) の①と②のどちらか一方において、適切な独立変数を挙げている。	2 1 (1) の①と②ともに、独立変数を挙げていない、またはどちらも適切ではない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	2 1 (2) の③の記述	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③において、疑問から仮説を設定して、記述している。	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③のどちらか一方において、疑問から仮説を設定して、記述している。	2 1 (2) の事例 1 と事例 2 の③をともに記述していない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	2 2 の記述	2 2 の事例 1 と事例 2 において、仮説を設定して、結果の予測や検証計画の概要を記述している。	2 2 の事例 1 または事例 2 のどちらか一方において、仮説を設定して、結果の予測や検証計画の概要を記述している。	2 2 の事例 1 と事例 2 ともに、記述していない項目がある。		

引用文献

- (1) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和 3 年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』
- (2) Tracer Greenwood・Lissa Bainbridge-Smith・Kent Pryor・Richard Allan・後藤太一郎 監訳（2017）『ワークブックで学ぶ生物実験の基礎』，Ohmsha, pp.1-37.



探究基礎講座⑤

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	24の記述	24の①と②と③において、観察、実験、調査について、自分なりの考えを記述し、④と⑤において、定量的な実験や定性的な実験についても教科書を調べて記述している。	24の①と②と③において、観察、実験、調査について、自分なりの考えを記述しているが、④と⑤において、一部記述していない。	24の①と②と③において、一部記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	25の記述	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を記入しており、仮説Dについて、仮説を設定し、検証計画を立案している。	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を記入しているが、仮説Dについて、仮説を設定していない。	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を一部記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	26の記述	26において、①と②と③のすべてについて、理由とともに自分の考えを記述しており、④については説得力の変化を記述している。	26において、①と②と③のすべてについて、理由とともに自分の考えを記述しており、④については記述していない。	26において、①と②と③の中で一部記述していない。		

24 用語の整理

(1) いくつかの質問に答えましょう。

①観察と実験は、何が違うのでしょうか。自分の経験を踏まえて、記述しましょう。

②調査と聞いて、思いつくものを挙げて記述しましょう。

③実験と調査は、何が違うのでしょうか。自分の経験を踏まえて、記述しましょう。



(2) 観察と実験の違い

「**観察**とは条件を制御しないで事象を観察する活動であり、**実験**とは条件を制御して事象を観察する活動である」とされています。観察の中に実験が含まれます。つまり、実験とは、観察の一種であると考えられます。

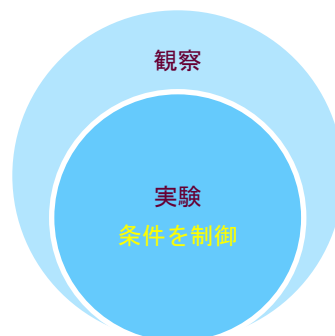


図8 観察と実験の違い

(3) 実験と調査の違い

実験、調査はともに、データを収集することを目的として行われるものです。実験は、特定の実験手続きを経て、実験的操作が効果をもたらすかどうかを検証する研究方法です。一方、調査は、ある事象の実態や動向の究明を目的として物事を調べる研究方法です。代表的なものに質問紙調査があります。一般的に、操作した結果を測る手立てが実験で、操作せず実態を把握する手立てが調査であるといえます。

(4) 定量的と定性的の違い

定量的とは物事を数値や数量により数値化してとらえることであり、**定性的**とは物事を数値や数量により数値化できない部分に着目してとらえることです。

④理科の教科書に載っている実験の中で、定量的な実験を書き出してみましょう。

⑤理科の教科書に載っている実験の中で、定性的な実験を書き出してみましょう。



2 5 設定した仮説から検証計画の立案

設定した仮説の種類によって、検証の仕方、検証計画が変わります。

事例 1

実験室にネズミが飼われていた。清掃担当の女性は、飼育容器を清掃する度にピーナッツをあげていた。2週間後、ネズミは女性が入ってくると飼育容器の壁に立ち上がって待っているようになった。しかし、他の人が実験室に入ってきててもネズミは立ち上がらなかった。

仮説 A「女性が実験室に入ってくると、ネズミは立ち上がる。」

仮説 B「ピーナッツのにおいがすると、ネズミは立ち上がる。」

仮説 C「空腹のため、ネズミは立ち上がる。」

仮説 D「 」

同じ事例で異なる仮説を設定した際に、検証計画が違ってきます。仮説 A から仮説 C のそれぞれで検証するための計画を立ててみましょう。また、各自で仮説 D を設定し、仮説 D を検証するための計画を立ててみましょう。

①仮説 A を検証するための計画

②仮説 B を検証するための計画

③仮説 C を検証するための計画

④仮説 D を検証するための計画



2 6 検証結果が主張の根拠に与える影響

検証結果によって、主張したいことに対する根拠の説得力が変わります。

実験 1 表面に数字の書いてある物体があります。10 回転がして、上面の数字を見たら以下のようにになりました。

1 … 2 回 2 … 2 回 3 … 1 回 5 … 3 回 6 … 2 回

① 転がした物体は何だと思われますか。理由とともに記述しましょう。

実験 2 1000 回転がして、上面の数字を見たら以下のようにになりました。

1 … 165 回 2 … 170 回 3 … 172 回 4 … 161 回 5 … 164 回 6 … 168 回

② 転がした物体は何だと思われますか。実験 1 と関連させて理由とともに記述しましょう。

実験 3 さらに転がして、上面の数字を見たら以下の表 4 のようになりました。

表 4 100 回ごとの上面の数字が出た回数

上面の数字	1	2	3	4	5	6	計
100 回ごとの上面の数字が出た回数	16	16	13	20	16	19	100
	15	15	17	17	19	17	100
	20	17	15	11	19	18	100
	18	18	16	26	7	15	100
	19	15	13	17	18	18	100
	7	18	19	21	13	22	100
	13	17	21	16	13	20	100
	22	15	15	13	16	19	100
	15	20	15	16	19	15	100
	20	19	12	18	15	16	100
	21	16	12	10	25	16	100
	8	16	21	20	18	17	100
	4	31	25	15	15	10	100
	16	22	20	9	20	13	100
計	214	255	234	229	233	235	1400



③転がした物体は何だと思われますか。実験 1 と実験 2 に関連させて、理由とともに記述しましょう。

④実験 1、実験 2、実験 3 と実験を進めることで、今回主張したことに対しての説得力はどのように変化しましたか。

27 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	24の記述	24の①と②と③において、観察、実験、調査について、自分なりの考えを記述し、④と⑤において、定量的な実験や定性的な実験についても教科書を調べて記述している。	24の①と②と③において、観察、実験、調査について、自分なりの考えを記述しているが、④と⑤において、一部記述していない。	24の①と②と③において、一部記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	25の記述	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を記入しており、仮説Dについて、仮説を設定し、検証計画を立案している。	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を記入しているが、仮説Dについて、仮説を設定していない。	25において、事例1の仮説Aから仮説Cについて、検証計画を一部記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	26の記述	26において、①と②と③のすべてについて、理由とともに自分の考えを記述しており、④については説得力の変化を記述している。	26において、①と②と③のすべてについて、理由とともに自分の考えを記述しており、④については記述していない。	26において、①と②と③の中で一部記述していない。		

引用文献

- (1) 角屋重樹 (2013) 「なぜ、理科の学習内容が領域別になっているのか」 『なぜ、理科を教えるのか－理科教育がわかる教科書－』, 文溪堂, p.34.
- (2) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校 (2021) 『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑥

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	30(2)の記述	30(2)において、①と②ともに、数値や桁数などをすべて求めている。	30(2)において、①と②のどちらか一方について、数値や桁数などをすべて求めている。	30(2)において、①と②ともに、求めているものがある。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	29の記述	29の②において、実証性、再現性、客観性のすべてについて、理由とともに記述している。	29の②において、実証性、再現性、客観性のすべてについて記述しているが、理由がないものがある。	29の②において、実証性、再現性、客観性の中に、記述していないものがある。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	30(3)の記述	30(3)において、①と②ともに、数値や密度などをすべて求めている。	30(3)において、①と②のどちらか一方について、数値や密度などをすべて求めている。	30(3)において、①と②ともに、求めているものがある。		

28 仮説の設定から検証の流れ

富士未来学での仮説の設定から検証の流れの考え方は、以下の図のようになります。

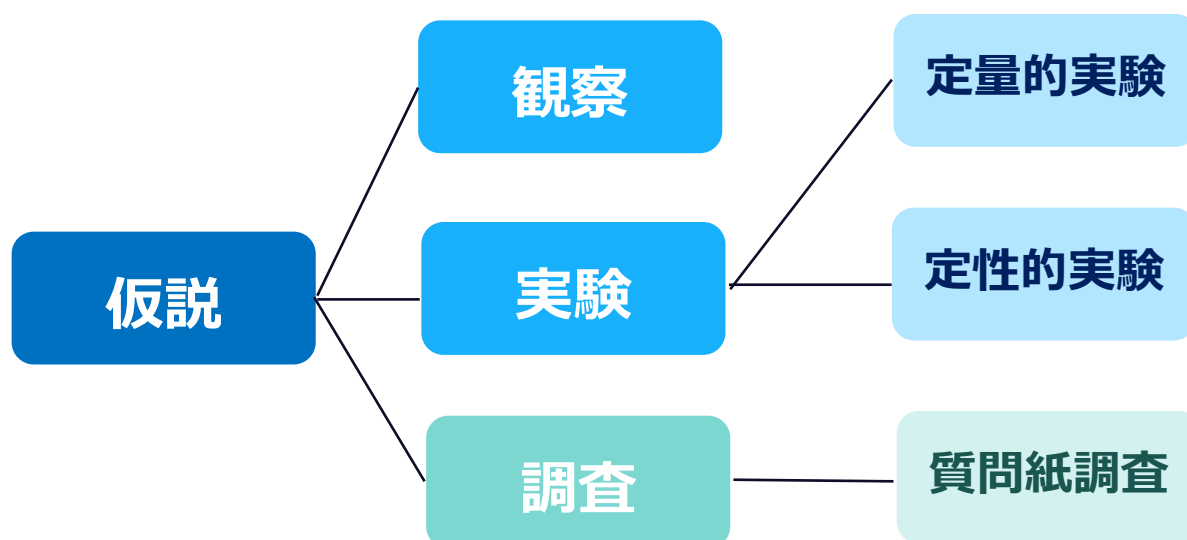


図9 富士未来学での仮説の設定から検証の流れ



富士未来学では、設定した仮説を検証するための方法として「観察」、「実験」、「調査」を実施します。「観察」、「実験」、「調査」から、主張を裏付ける根拠となるデータを、集めることができる方法を選択します。根拠と主張は対になっていると言えます。

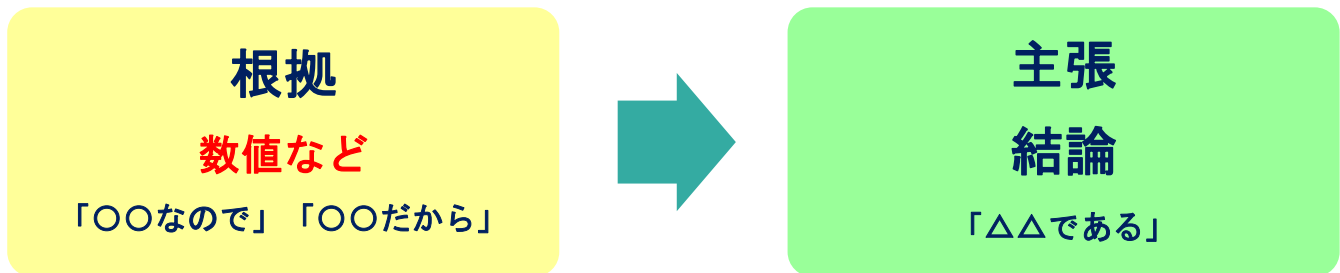


図 1 0 根拠と主張

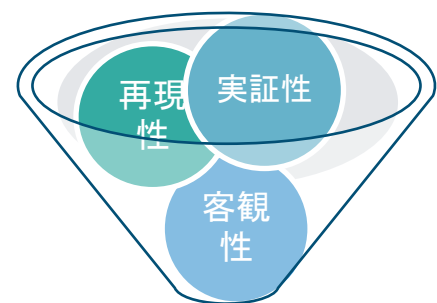
2 9 科学的な根拠について

科学的とは実証性、再現性、客観性があることです。実験は、科学的な根拠を得るために行います。

実証性とは・・・発想し、予想したことを、観察・実験などによって検証できるということ

再現性とは・・・同じ条件下で観察・実験を行い検証しようとしたとき、必ず同じ結果が得られること

客観性とは・・・実証性と再現性があり、多くの人に広く認められるようになること



科学的

図 1 1 科学的

中学校理科の教科書に記載されている理科の実験について、科学的な視点で調べましょう。

①中学校理科の教科書に記載されている理科の物理領域、または化学領域の実験から 1 つ

選んでください。

②あなたが選んだ実験について、次の観点についてどう判断するか、理由とともに記述しましょう。

実証性

再現性

客観性



30 実験での数値の取扱い

0.001 g まで測定できる電子天秤と、0.1 mL まで測定できる 100 mL 用のメスシリンダーで、ある金属の単体からなる物体の質量と体積を測定しました。体積はメスシリンダーに水を入れて、物体を入れた時の体積の増加により測定しました。この結果から、密度を求めて、物体がどのような物質でできているかかを同定します。

(1) 測定値

- ① 質量 17.508 g
- ② 体積 57.71 mL から 59.94 mL に増加

(2) 有効数字

測定器で測定できる量の有効な桁数の数字のことを、有効数字といいます。例えば、最小の目盛りが 1℃ の温度計で気温を測定した際、気温が 28℃ と 29℃ になる場合を考えます。このとき、28.4℃ と温度計で測定した場合、8 という数値は信頼できる値ですが、4 という数値は誤差を含むあいまいさがある数値といえます。有効数字は、最小の桁の数値に誤差が含まれます。

- ① 質量 17.508 g

電子天秤では、表示された数値を読みます。

信頼できる数値を答えましょう。

あいまいさがある数字を答えましょう。

質量の有効数字は何桁でしょうか。

- ② 体積 57.71 mL から 59.94 mL に増加 ($1\text{ mL} = 1\text{ cm}^3$)

増加した体積を求めましょう。

信頼できる数値を答えましょう。

あいまいさがある数字を答えましょう。

体積の有効数字は何桁でしょうか。

(3) 測定値の計算における有効数字の扱い

測定値から平均値を求めた場合、計算上、有効数字より下の桁まで数字がでてくることがあります。

- 例) 1回目 17.506 g
 2回目 17.508 g
 3回目 17.509 g

平均 17.507666666666... g でよいでしょうか？



有効数字が5桁なので、小数第4位の6を四捨五入して、17.508とします。

途中計算では、有効数字の桁数よりも1桁多くとります。最後に得られた数値を、四捨五入して、有効数字の桁数に合わせます。

① 計算しましょう。

和・差の計算では、計算結果の末位を、最も末位の高いものにそろえます。

12.4 cm + 2.54 cm を計算しましょう。

積・商の計算では、計算結果の桁数を、有効数字の桁数が最も少ないものにそろえます。

48.1 cm × 6.8 cm を計算しましょう。

② 測定値が以下であるとしてします。

測定値	質量	17.508 g
	体積	2.23 cm ³

密度を求めましょう。有効数字は何桁か答えましょう。



(4) 有効数字の表記

1 より小さい数値を 0. 0 5 2 6 と表すと分かりにくいので、有効数字 3 桁のときは、 5.26×10^{-2} とすると有効数字が分かりやすいです。

5 2 6 0 0 0 が有効数字 3 桁の場合、どのように表せばよいでしょうか。

3 1 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	30(2)の記述	30(2)において、①と②ともに、数値や桁数などをすべて求めている。	30(2)において、①と②のどちらか一方について、数値や桁数などをすべて求めている。	30(2)において、①と②ともに、求めていないものがある。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	29の記述	29の②において、実証性、再現性、客観性のすべてについて、理由とともに記述している。	29の②において、実証性、再現性、客観性のすべてについて記述しているが、理由がないものがある。	29の②において、実証性、再現性、客観性の中に、記述していないものがある。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	30(3)の記述	30(3)において、①と②ともに、数値や密度などをすべて求めている。	30(3)において、①と②のどちらか一方について、数値や密度などをすべて求めている。	30(3)において、①と②ともに、求めていないものがある。		

引用文献

- (1) 角屋重樹 (2013) 「自然科学と理科は何が違うか」『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』, 文溪堂, p.26.
- (2) 田村剛三郎ほか (2020) 『高等学校改訂物理基礎』高等学校理科用文部科学省検定済教科書, 第一学習社, p.6.
- (3) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校 (2021) 『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑦

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	3.3 (3) ①の記述	3.3 (3) の①において、表から点をプロットし、原点を通る直線を引いている。	3.3 (3) の①において、表から点をプロットしているが、原点を通る直線を引いていない。	3.3 (3) の①において、表から点をプロットせず、原点を通る直線も引いていない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	3.3 (3) ⑤⑥の記述	3.3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定し、仮説を検証するための実験計画を記述している。	3.3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定しているが、仮説を検証するための実験計画を記述していない。	3.3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定できておらず、実験計画を記述していない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	3.3 (3) ②③④の記述	3.3 (3) の②と③と④において、グラフから分かることを書き、誤差が生じた要因について理由とともに記述している。	3.3 (3) の②と③と④において、グラフから分かることを書き、誤差が生じた要因について記述しているが、理由を記述していない。	3.3 (3) の②と③と④において、記述していないものがある。		

3.2 検証の流れを体験する

富士未来学での仮説の設定から検証の流れの考え方は、以下の図のようになります。今回は、定量的実験について確認します。

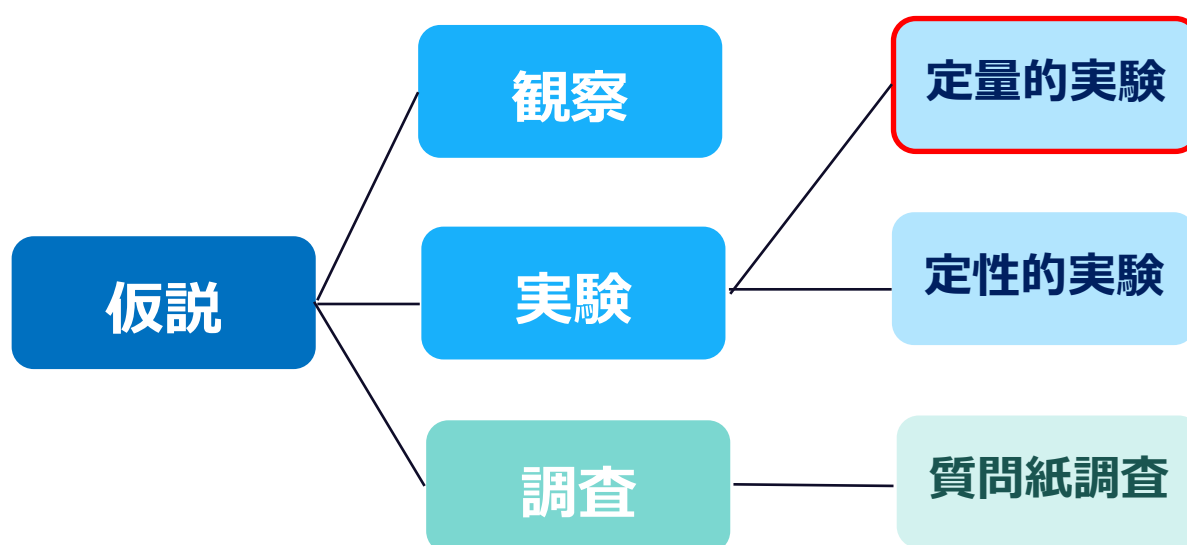


図 1.2 富士未来学での仮説の設定から検証の流れ



3 3 定量的実験の例

(1) 実験

「銅と酸素が化合するときの、金属の質量と化合する酸素の質量の関係」

(2) 実験の流れ

- ①銅粉が入ったステンレス皿をのせてあるトレーを、銅粉をこぼさないように班に持って行き、ステンレス皿と銅粉の質量を記録する。
- ②実験用コンロを用いて、銅粉の変化を観察しながら、5 分間加熱する。
- ③加熱が終了したら、実験用コンロ上でそのまま 5 分間冷ます。
- ④ステンレス皿ののせてあるトレーを選び、教卓の電子てんびんで質量を測定する。



図 1 3 銅の酸化の実験装置

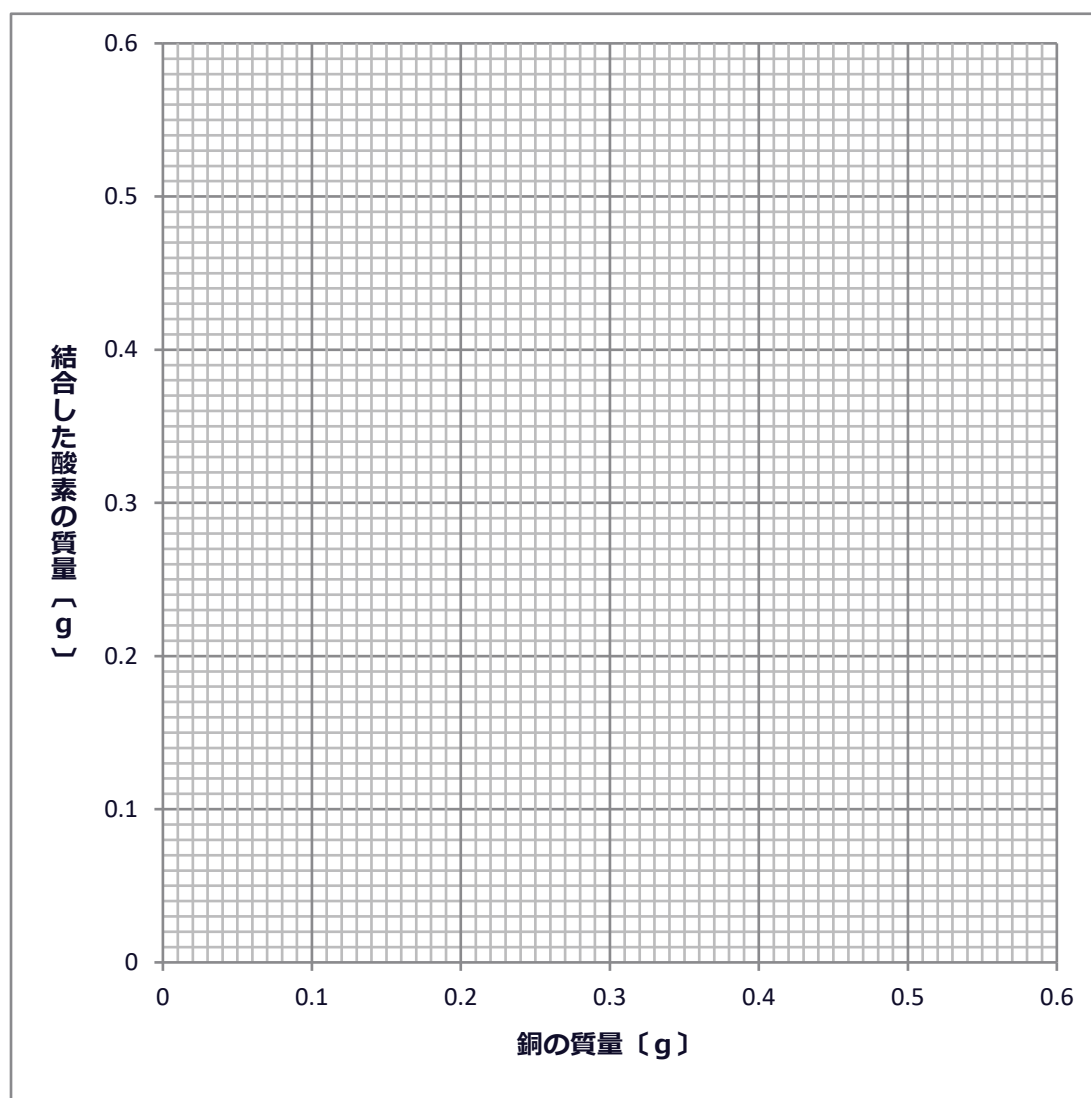


(3) 実験の結果と考察

表5 銅の質量と酸化銅の質量、結合した酸素の質量の関係

班	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
銅の質量〔g〕	0. 1 1	0. 2 0	0. 3 0	0. 4 2	0. 5 2
酸化銅の質量〔g〕	0. 1 6	0. 2 6	0. 3 6	0. 5 1	0. 6 1
結合した酸素の質量〔g〕	0. 0 5	0. 0 6	0. 0 6	0. 0 9	0. 0 9
結合する酸素の理論値〔g〕	0. 0 3	0. 0 5	0. 0 8	0. 1 1	0. 1 3

①表から点をプロットし、原点を通る直線を引きましょう。





作成したグラフから、銅の質量と結合する酸素の質量の関係について、きまりがあるかという視点で次の問いに答えましょう。

②①で作成したグラフから、分かることを書きましょう。

③①で作成したグラフと結合する酸素の理論値〔g〕から、分かることを書きましょう。

銅の質量〔g〕と結合した酸素の質量〔g〕の関係では、理論値との誤差が生じています。誤差が生じた要因として考えたことから、実験計画を立て、検証していきます。

④実験手順と照らし合わせて、誤差が生じた要因について考えたことを、理由とともに書きましょう。

⑤誤差が生じた要因として考えたことから、仮説を設定しましょう。



⑥設定した仮説を検証するための実験計画を立てましょう。

3 4 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	3 3 (3) ①の記述	3 3 (3) の①において、表から点をプロットし、原点を通る直線を引いている。	3 3 (3) の①において、表から点をプロットしているが、原点を通る直線を引いていない。	3 3 (3) の①において、表から点をプロットせず、原点を通る直線も引いていない。		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	3 3 (3) ⑤⑥の記述	3 3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定し、仮説を検証するための実験計画を記述している。	3 3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定しているが、仮説を検証するための実験計画を記述していない。	3 3 (3) の⑤と⑥において、誤差が生じた要因の仮説を設定できておらず、実験計画を記述していない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	3 3 (3) ②③④の記述	3 3 (3) の②と③と④において、グラフから分かることを書き、誤差が生じた要因について理由とともに記述している。	3 3 (3) の②と③と④において、グラフから分かることを書き、誤差が生じた要因について記述しているが、理由を記述していない。	3 3 (3) の②と③と④において、記述していないものがある。		

引用文献

- (1) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑧

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	3.6 (3) の記述	3.6 (3) において、①で予測したこと、②で設定した仮説を記述している。	3.6 (3) において、①で予測したことを記述しているが、②で設定した仮説を記述していない。	3.6 (3) において、①で予測したことを記述しておらず、②で設定した仮説を記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	3.6 (4) の記述	3.6 (4) において、①で仮説を設定し、②で設定した仮説を検証するための実験計画を記述している。	3.6 (4) において、①で仮説を設定しているが、②で設定した仮説を検証するための実験計画を記述していない。	3.6 (4) において、①で仮説を設定しておらず、②で実験計画を記述していない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	3.7 (5) の記述	3.7 (5) において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことを記述している。	3.7 (5) において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことの、どちらか一方を記述している。	3.7 (5) において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことを、ともに記述していない。		

3.5 検証の流れを体験する

富士未来学での仮説の設定から検証の流れの考え方は、以下の図のようになります。今回は、定性的実験、質問紙調査について確認します。

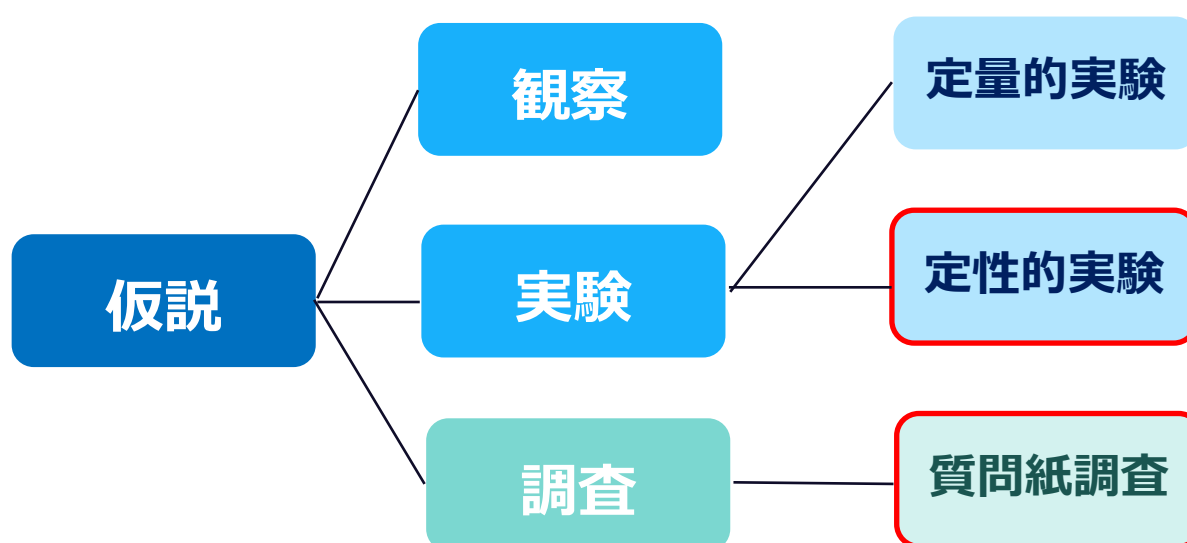


図 1.4 富士未来学での仮説の設定から検証の流れ



3 6 定性的実験の例

(1) 実験

「ろうソクの科学」

(2) 実験の流れ

- ①長さがそれぞれ異なる3本のろうソクに火をつける。
- ②火がついている3本のろうソクにビーカーを上から被せる。

(3) 実験前の仮説



図 1 5 実験の様子（前半）

①実験の様子（前半）から予測できることを書きましょう。

②①で考えた予測から自分なりの仮説を設定しましょう。



(4) 実験の結果と考察



図16 実験の様子（後半）と結果

実験の結果、（ ）ロウソクの火から順に消えることがわかりました。このことから、どのような仮説が設定できるでしょうか。

①実験の様子（後半）と結果から、自分なりの仮説を設定しましょう。

②①で設定した仮説を検証するための実験計画を立てましょう。



3 7 質問紙調査の例

流れに沿って、質問紙調査（アンケート）調査を体験してみましょう。

（１）仮説

「3年〇組の生徒は、探究が好きな生徒ほど理科が好きであるといえる。」

（２）質問紙調査の実施

仮説を検証するため、質問紙調査を実施します。研究倫理に配慮しながら質問紙を作成し、3年〇組全員を対象に実施します。

以下の1～2の項目について、各問の選択肢番号から1つ選び、○をつけてください。

項目		あてはまらない	どちらかというにあてはまらない	どちらともいえない	どちらかというにあてはまる	あてはまる
1	あなたは、探究が好きである。	1	2	3	4	5
2	あなたは、理科が好きである。	1	2	3	4	5

3 理科の授業で探究学習を取り入れることに効果があると考えますか。

自由記述欄を設けることで、アンケートに数値で回答している内容についての根拠としてより具体的に知ることができる場合があります。ただし、自由記述は統計処理が難しく、客観性では五件法と比べて低くなる場合もあります。

①上の例で質問文を考えてみましょう。

②上の例で逆転項目（他の質問項目と測定の向きが逆になっている項目）の質問文を考えてみましょう。



※適切なサンプルサイズについては、誤差、信頼度、母比率によって決めることができます。母集団が多い場合は、400程度で十分とされています。クラス単位で調べる場合には、なるべくクラス全員に答えてもらうようにしましょう。

(3) データの整理

回収した質問紙の処理をしていきます。質問紙に通し番号を振り（**ナンバリング**）、質問紙の項目への回答を数字や記号などに置き換えます（**コーディング**）。回答方法が間違っているものがあるか、無回答のものがあるかなどをチェックし、修正可能なものは修正しますが、そうでないものについては、無回答としたり、分析の対象から外したりします（**エディティング**）。

(4) データの集計

続いて、データの集計をしていきます。逆転項目は集計したデータを入力後、数式を利用して変換すると、入力ミスが減ります。

1、2、3のデータを、3、2、1に変換するためには、どのような計算式を利用すればよいでしょうか。元のデータをとって、式を作ってみましょう。

(5) データ分析（データ解析）

集計したデータを、統計学を活用して分析し、解析します。ある集団に対して時期をずらして平均値を比較したり、異なる集団に対して平均値を比較したりし、差があるかどうかを検定によって調べます。詳しくは、統計分析講座で扱います。解析した結果を根拠にして、他の人が納得できるように自らが考えた結論を説明します。

統計学とはどのような学問でしょうか。統計学について、自分が知っていることを書きましょう。また、インターネットで検索するなどして、調べたことを書きましょう。

知っていること

調べたこと （ ） について



38 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	36(3)の記述	36(3)において、①で予測したこと、②で設定した仮説を記述している。	36(3)において、①で予測したことを記述しているが、②で設定した仮説を記述していない。	36(3)において、①で予測したことを記述しておらず、②で設定した仮説を記述していない。		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現	36(4)の記述	36(4)において、①で仮説を設定し、②で設定した仮説を検証するための実験計画を記述している。	36(4)において、①で仮説を設定しているが、②で設定した仮説を検証するための実験計画を記述していない。	36(4)において、①で仮説を設定しておらず、②で実験計画を記述していない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	37(5)の記述	37(5)において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことを記述している。	37(5)において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことの、どちらか一方を記述している。	37(5)において、統計学について自分が知っていること、インターネットで検索して調べたことを、ともに記述していない。		

引用文献

- (1) ファラデー著，竹内敬人訳（2011）『ロウソクの科学』，岩波文庫，pp.51-73，pp.122-150.
- (2) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑨

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	課題判断	思考・判断・表現	39(1)の記述	39(1)の①と②において、表の修正と、表を修正した理由について記述している。	39(1)の①と②において、表の修正はできているが、表を修正した理由について記述していない。	39(1)の①と②において、表の修正と、表を修正した理由についての記述がない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	40(3)のグラフ	40(3)において、グラフ作成のルールに従って、グラフを作成している。	40(3)において、グラフ作成のルールに一部したがっていない部分があるが、グラフを作成している。	40(3)において、グラフ作成のルールにしたがっていないところがあり、グラフを作成していない。		

39 結果を表でまとめる方法

(1) 表の作成

表の作成により、データがもつ関係や傾向を明らかにすることができます。調査や実験等の生データだけでなく、データから変換した平均や標準偏差などのデータを表中で計算して、表にまとめるとデータの関係や傾向がより明らかになります。

表6 銅の質量と酸化銅の質量の関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
銅の質量 [g]	0.59	0.95	0.32	0.62	0.70	0.40	0.10	0.47	0.17	0.74
酸化銅の質量 [g]	0.69	1.21	0.42	0.76	0.89	0.48	0.12	0.63	0.21	0.90

①データがもつ関係や傾向をより明らかにするために、表を修正して作成しましょう。

表7 銅の質量と酸化銅の質量の関係

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
銅の質量 [g]										
酸化銅の質量 [g]										



②どのような点について修正しましたか。理由とともに書きましょう。

(2) 一般的な表の作成

論文に掲載されている表を参考に、一般的に表を作成する際に気をつけることについて確認します。

表 ロコモチェックテスト 5 項目（できない人数）

		両腕拳上 〔人〕	手首運動 〔人〕	しゃがみ込み 〔人〕	体前屈 〔人〕	片脚立ち 〔人〕
男子	N = 146	1	2	7	54	1
女子	N = 141	1	3	5	38	2
全体	N = 287	2 (0.7%)	5 (1.7%)	12 (4.2%)	92 (47%)	3 (1%)

明渡ら（2019）より

表の上に表のタイトルをおきます。正確に表の内容がタイトルからわかるようにします。

比較したい項目は並べて比較しやすいようにします。

データを処理した値は最後の行におきます。平均や割合などの計算した数値も最後の行におきます。

項目の単位〔 〕を書きます。

図 1 7 表を作成する際に気をつけること



4 0 結果からグラフを作成する方法

グラフの形式で結果を表現することで、最小限のスペースでデータの傾向を視覚的に把握できるようになります。グラフと表のどちらで示すかは、データの種類や複雑さ、伝えたい情報によって決めます。

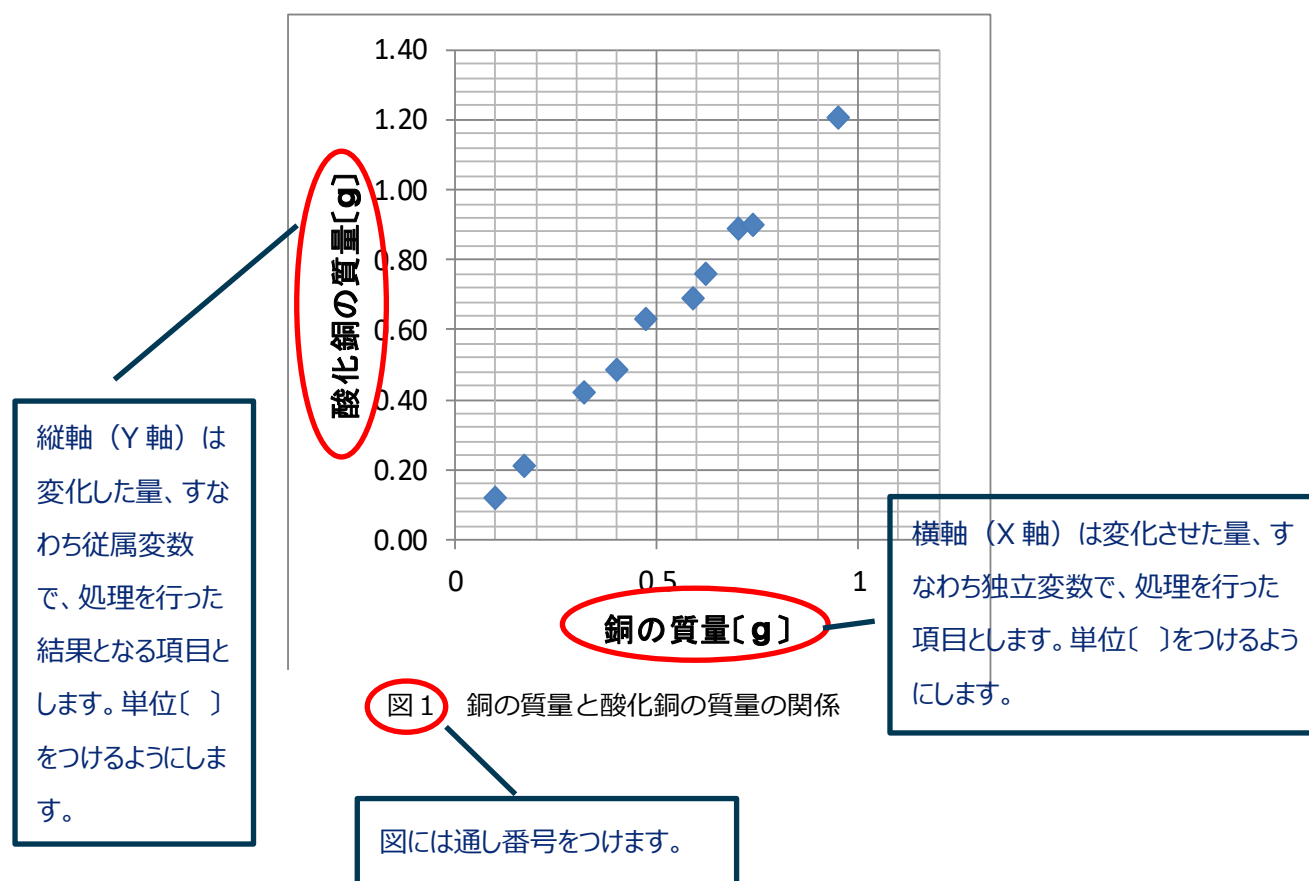


図 1 8 グラフを作成する際に気を付けること

（1）グラフの例

棒グラフのデータは不連続なカテゴリーに属するデータであり、グラフ中の棒は互いに接しないようにします。独立変数も従属変数もありません。

度数分布図（ヒストグラム）のデータは数量データであり、連続的であり、グラフ中の隣り合った棒は互いに接します。

円グラフは項目の数が 6 以下の場合に、棒グラフの代わりに用いられるのが一般的です。データは不連続で、相対的な比率の表現に適しています。

散布図は 2 つの変数の関係を表すのに用いられます。2 つの変数はどちらも連続データで、2 つの変数の間の関係を特定するのに有効です。上のグラフは散布図です。

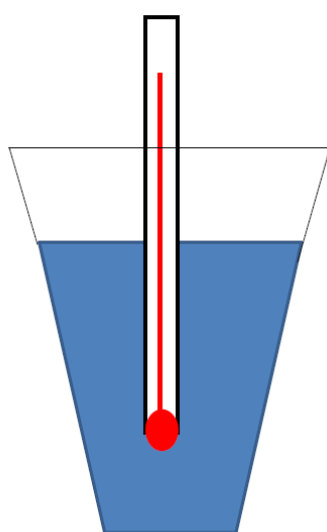
折れ線グラフは、ある一つの変数（独立変数）がもう 1 つの変数（従属変数）の影響を及ぼすような場合に用いられます。どちらの変数も連続データです。



(2) 表の作成

表8 白湯の温度変化

時間 〔分〕	温度 〔℃〕	時間 〔分〕	温度 〔℃〕	時間 〔分〕	温度 〔℃〕	時間 〔分〕	温度 〔℃〕	時間 〔分〕	温度 〔℃〕
0	64.5	21	45.8	41	38	61	33.9	81	31.2
1	62.9	22	45.2	42	37.7	62	33.8	82	31.2
2	61.5	23	44.8	43	37.5	63	33.6	83	31.1
3	60.2	24	44.3	44	37.3	64	33.4	84	31
4	59	25	43.9	45	37.1	65	33.3	85	30.9
5	57.9	26	43.4	46	36.8	66	33.2	86	30.8
6	56.8	27	42.9	47	36.6	67	33.1	87	30.7
7	55.7	28	42.5	48	36.4	68	32.9	88	30.6
8	54.8	29	42.3	49	36.2	69	32.8	89	30.5
9	53.9	30	41.8	50	35.9	70	32.7	90	30.4
10	53.1	31	41.5	51	35.8	71	32.4	91	30.3
11	52.3	32	40.9	52	35.6	72	32.4	92	30.1
12	51.6	33	40.6	53	35.3	73	32.3	93	30
13	50.9	34	40.2	54	35.2	74	32.2	94	29.9
14	50.2	35	39.9	55	34.9	75	32.1	95	29.9
15	49.5	36	39.6	56	34.8	76	31.9	96	29.9
16	48.7	37	39.2	57	34.5	77	31.8		
17	48.1	38	38.9	58	34.4	78	31.7		
18	47.6	39	38.6	59	34.3	79	31.5		
19	46.9	40	38.3	60	34.1	80	31.5		
20	46.4								



実験方法

- ①ポットの白湯を紙コップへ注ぎ入れる。
- ②左図のように、温度計を配置して、白湯の温度を1分ごとに記録する。

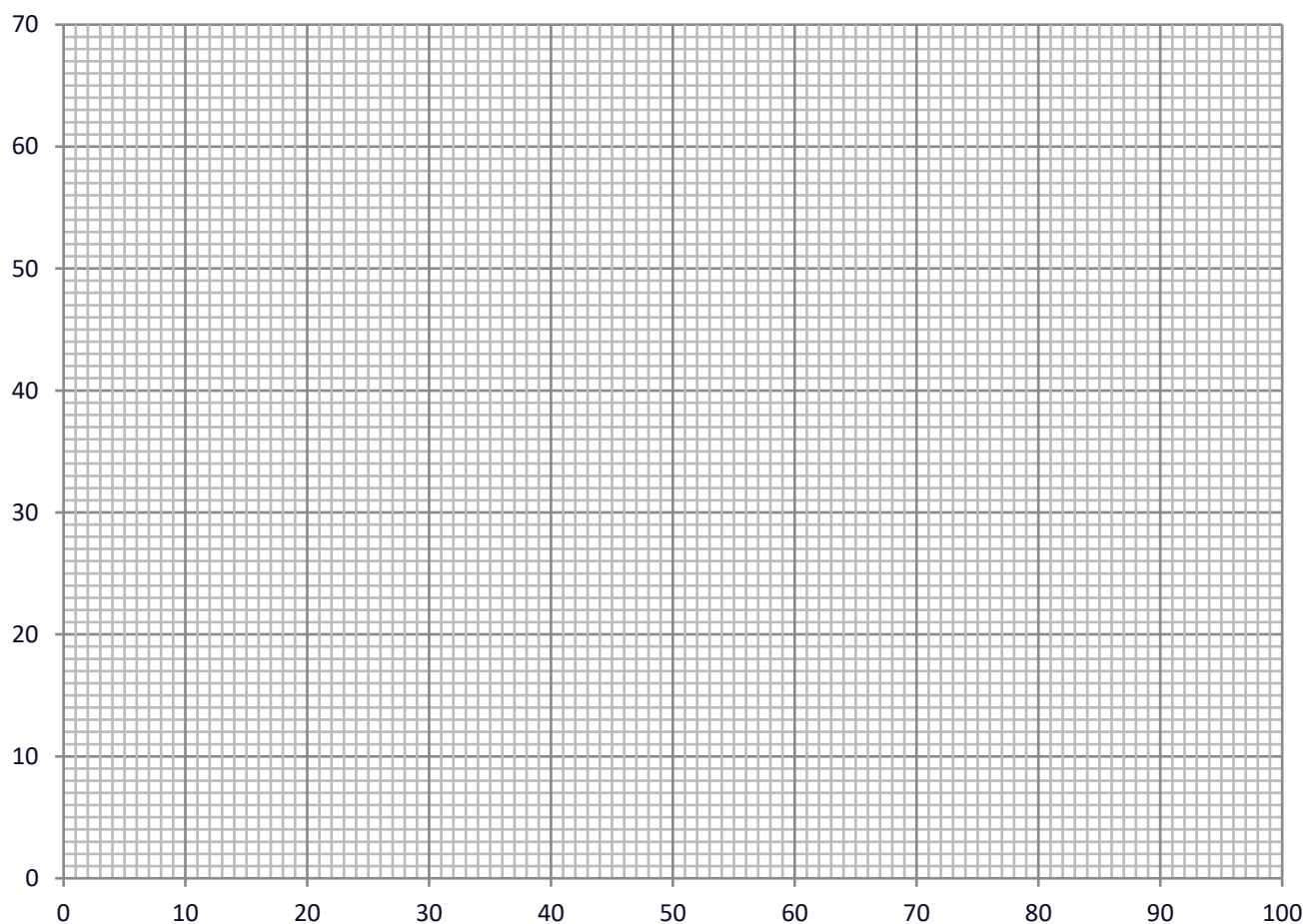
図19 紙コップの白湯の温度を測定



(3) グラフの作成

①結果を表にまとめたものからグラフを作成しましょう。

②グラフの作成の際は、作成例に従いましょう。





4 1 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グラントデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	課題判断	思考・判断・表現	39 (1) ①②の記述	39 (1) の①と②において、表の修正と、表を修正した理由について記述している。	39 (1) の①と②において、表の修正はできているが、表を修正した理由について記述していない。	39 (1) の①と②において、表の修正と、表を修正した理由についての記述がない。		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	40 (3) のグラフ	40 (3) において、グラフ作成のルールに従って、グラフを作成している。	40 (3) において、グラフ作成のルールに一部したがっていない部分があるが、グラフを作成している。	40 (3) において、グラフ作成のルールにしたがっていないところがあり、グラフを作成していない。		

引用文献

- (1) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』
- (2) Tracer Greenwood・Lissa Bainbridge-Smith・Kent Pryor・Richard Allan・後藤太郎 監訳（2017）『ワークブックで学ぶ生物実験の基礎』，Ohmsha, pp.14-32.
- (3) 明渡陽子・上杉宰世・石井雅幸（2019）「高学年児童の運動器（骨と筋肉）発達と生活習慣との関連」『大妻女子大学家政系研究紀要』第55巻，pp.675-685.



探究基礎講座⑩

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	4 2と4 3の記述	4 2と4 3の実験結果やグラフを根拠として、分かることについて記述している。	4 2と4 3で分かることについて記述している。	4 2と4 3を記述していない。		
理数的解決力	結論伝達	思考・判断・表現	4 4と4 5の記述	4 4において、全ての項目で、結論となる文章の分析を行い、記述し、4 5において、資料から導き出した結論を記述している。	4 4において、全ての項目で、結論となる文章の分析を行い、記述している。または、4 5において、資料から導き出した結論を記述している。	4 4において、記述していない項目があり、4 5において、結論を記述していない。		

4 2 結果からわかること

仮説「加熱前の銅の質量と加熱後の酸化銅の質量には比例関係がある。」

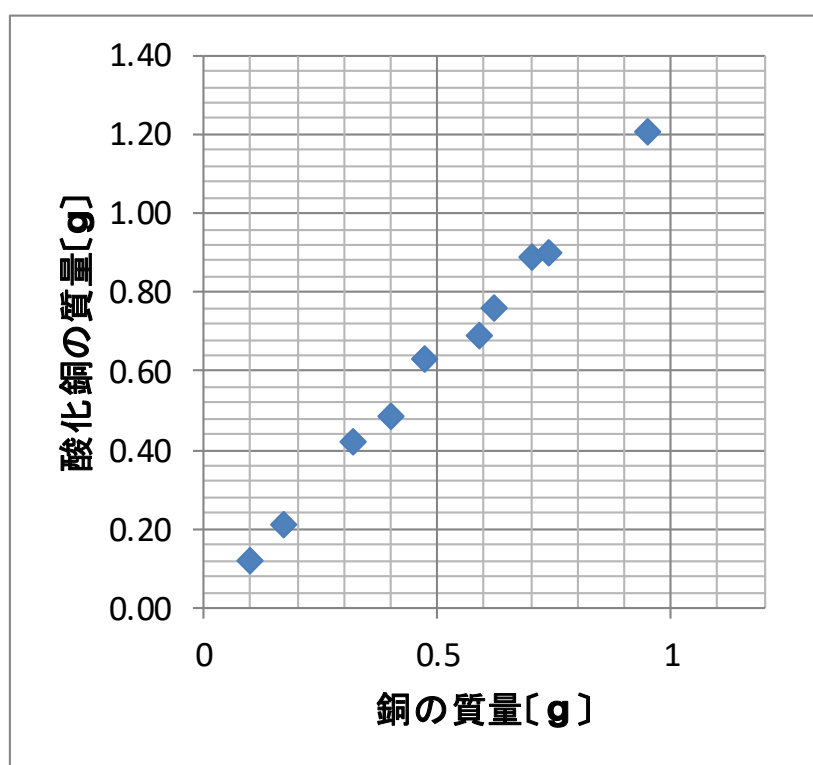


図 2 0 銅の質量と酸化銅の質量の関係



グラフ（結果）から分かることを書きましょう。

考察では、結果を根拠として自分の考えを述べます。結果の表や、表から作成したグラフを分析・解釈して考えを導き出します。考察では、得られた観察・実験結果を、発想した仮説や検証方法との関係で見直し、新たな課題を見いだします。

4 3 考察

（1）実験

実験「**ろうそくの科学**」において次の様な仮説を設定し、仮説を検証するための実験を行った。

（2）実験の結果

長いろうそくの火から消えた。



図 2 1 実験の様子（後半）と結果

この結果から、次のように仮説を設定しました。



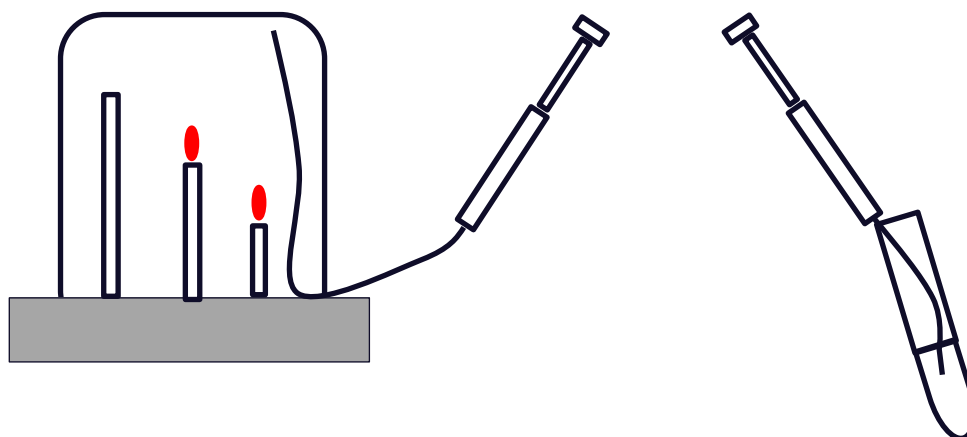
(3) 仮説「二酸化炭素が上昇し、長いロウソクの火から消える。」

仮説を検証するために、さらに次のような実験を行いました。

(4) 仮説の検証実験

設定した仮説を検証するための実験計画を立てて、実験を行った。

1. ビーカーの上部の気体だけを図のように注射器で収集した。



2. 試験管に入れた石灰水に、
捕集した気体を吹き込み、攪拌した。

(5) 実験結果

白色沈殿が生じた。

(6) 考察

ここで、得られた観察・実験結果を、発想した仮説や検証方法との関係で見直し、新たな課題を見いだしました。

課題「酸素が少なくなったので、長いロウソクから消えたのではないか？」

ここからさらに、新たな仮説や検証方法を発想し、新たな検証方法での再実験を計画し、実施します。



4 4 結論

結論では、研究でわかったこと、見いだされたこと、新規性などを明確にして、簡潔に説明します。その際に、設定した仮説と整合させて考え、仮説を検証できているかを述べるようにします。また、何が課題となって残っているかについても書きます。今後の展望や発展性について、述べてもよいでしょう。

仮説を設定し、仮説について検証するための実験を行い、得られた結果について考察し、結果を根拠として主張を述べます。ただし、結果を考察する際に、新たな疑問が生じることが多くあります。そこで、新たな疑問に対して、新たな仮説を設定し、新たな仮説を検証するための検証計画を立てて実験を行います。

これが、研究における **P D C A サイクル** です。

実験「**ロウソクの科学**」において導き出した結論を分析してみましょう。

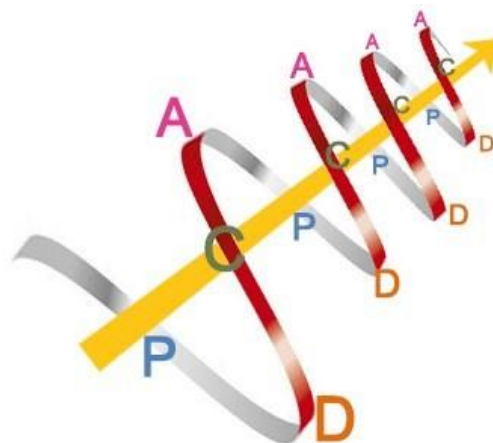


図 2 2 P D C A サイクル

仮説「二酸化炭素が上昇し、長いロウソクの火から消える。」を確認するために、①捕集した気体を石灰水に吹き込んだところ白濁したので、②捕集した気体に二酸化炭素が多く含まれていることが検証できた。したがって、③二酸化炭素が上昇したことにより、長いロウソクの火から消えたということが明らかになった。

①～③の文章の意味を分析します。次の下線部は P D C A サイクルの何にあたるのでしょうか。

①捕集した気体を石灰水に吹き込んだところ白濁したので、

②捕集した気体に二酸化炭素が多く含まれていることが検証できた。

③二酸化炭素が上昇したことにより、長いロウソクの火から消えた



4 5 資料から結論を導き出す

5 動物の愛護及び適正な管理

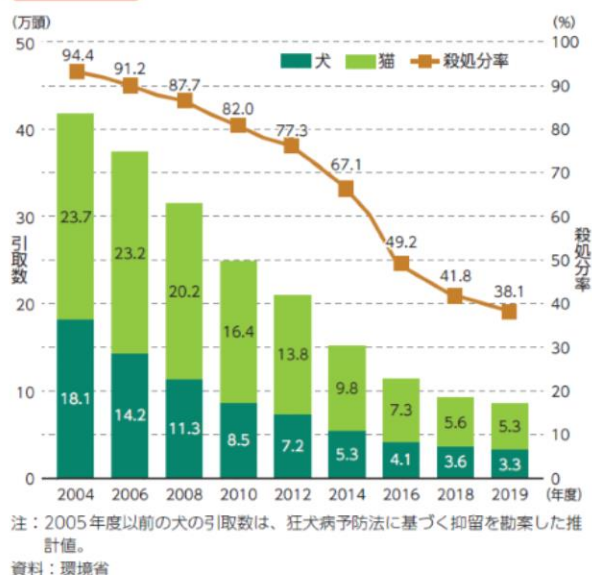
動物の愛護及び管理に関する法律（昭和48年法律第105号。以下「動物愛護管理法」という。）に基づき、ペットショップ等の事業者に対する規制を行うとともに、動物の飼養に関する幅広い普及啓発を展開することで、動物の愛護と適正な管理の推進を図ってきました。2020年6月に改正動物愛護管理法が施行され、動物取扱業の更なる適正化と動物の不適切な取扱いへの対応強化のため、第一種動物取扱業者に対する勧告及び命令の制度の拡充、特定動物に関する規制の強化、愛護動物を虐待した場合の罰則の強化等が実施されました。この改正動物愛護管理法に基づき、ペットショップやブリーダー等の動物取扱業に係る犬猫の飼養管理基準の検討を行い、2021年6月の施行に向けてケージの大きさ、従業員の数、繁殖等に関する基準を具体化しました。また、販売され

る犬猫のマイクロチップ装着等義務化については、2022年6月の施行に向けて、所有者情報を登録するためのシステム構築を開始し、円滑な制度運用に向けて検討を進めました。

犬猫等の多頭飼育問題に対応するため、社会福祉施策と連携した多頭飼育対策に関する検討を行い、ガイドラインを策定しました。動物虐待事案への円滑な対応のために通報先一覧を取りまとめ、公表するとともに、行政・警察・関係機関の連携強化や虐待の該当性判断に対する法制的助言、獣医学的助言を得るための体制構築に取り組みました。

都道府県等に引き取られる犬猫の数は、2004年度比80%減となる8.6万頭となりました。引き取られた犬猫の返還・譲渡率も50%を超え、殺処分率は約3.3万頭（2004年度比約92%減）まで減少しました（図2-5-5）。

図2-5-5 全国の犬猫の引取数の推移



（環境庁ホームページより）

環境庁ホームページの資料から、結論を導き出しましょう。



4 6 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現	4 2と4 3の記述	4 2と4 3の実験結果やグラフを根拠として、わかることについて記述している。	4 2と4 3でわかることについて記述している。	4 2と4 3を記述していない。		
理数的解決力	結論伝達	思考・判断・表現	4 4と4 5の記述	4 4において、全ての項目で、結論となる文章の分析を行い、記述し、4 5において、資料から導き出した結論を記述している。	4 4において、全ての項目で、結論となる文章の分析を行い、記述している。または、4 5において、資料から導き出した結論を記述している。	4 4において、記述していない項目があり、4 5において、結論を記述していない。		

引用文献

- (1) ファラデー著、竹内敬人訳（2011）『ロウソクの科学』，岩波文庫，pp.51-73,pp.122-150.
- (2) 角屋重樹（2013）「なぜ、理科の学習内容が領域別になっているのか」『なぜ、理科を教えるのか-理科教育がわかる教科書-』，文溪堂，pp.20-26.
- (3) 環境庁ホームページ「令和3年版 環境・循環型社会・生物多様性白書（PDF版）」
https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r03/pdf/2_2.pdf（2021年6月16日閲覧）
- (4) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑪

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	49の記述	49において、解決策が見いだされていない未知の課題に対して、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述している。	49において、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述している。	49において、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述していない。		
挑戦力	自己改善	主体的に学習に取り組む態度	50の記述	50において、自己調整力が必要であった場面や、どのような行動をしたかについて、富士未来学で学んだことをふまえて、今後どのようにするか、記述している。	50において、自己調整力が必要であった場面について、記述している。	50において、自己調整力が必要であった場面について、記述していない。		
挑戦力	価値創造	主体的に学習に取り組む態度	51の記述	51において、課題研究で挑戦力を身に付けた自分のイメージ（目標の姿）を、記述している。	51において、課題研究で挑戦力を身に付けた一般的なイメージを、記述している。	51において、課題研究で挑戦力を身に付けたイメージを、記述していない。		

4.7 富士未来学で身に付ける3つの力



挑戦力

解決策が見いだされていない課題に、試行錯誤して取り組もうとする力
失敗から学び、より良い方法で実践するために自己調整しようとする力
新たな価値を創造し続けようとする力

理数的発見力

挑戦力を働かせて、疑問をもったことから課題を見いだす力
科学的に解決できる課題であることを判断する力
課題から仮説を設定し、科学的に検証できることを説明する力

理数的解決力

挑戦力を働かせて、検証計画を立案し、見直ししながら実践する力
データを収集し、統計的な手法で分析し解析する力
解析結果を根拠に、導いた結論を他の人が納得するように説明する力

図2.3 富士未来学で身に付ける3つの力



4 8 富士未来学の3つの力と探究の過程

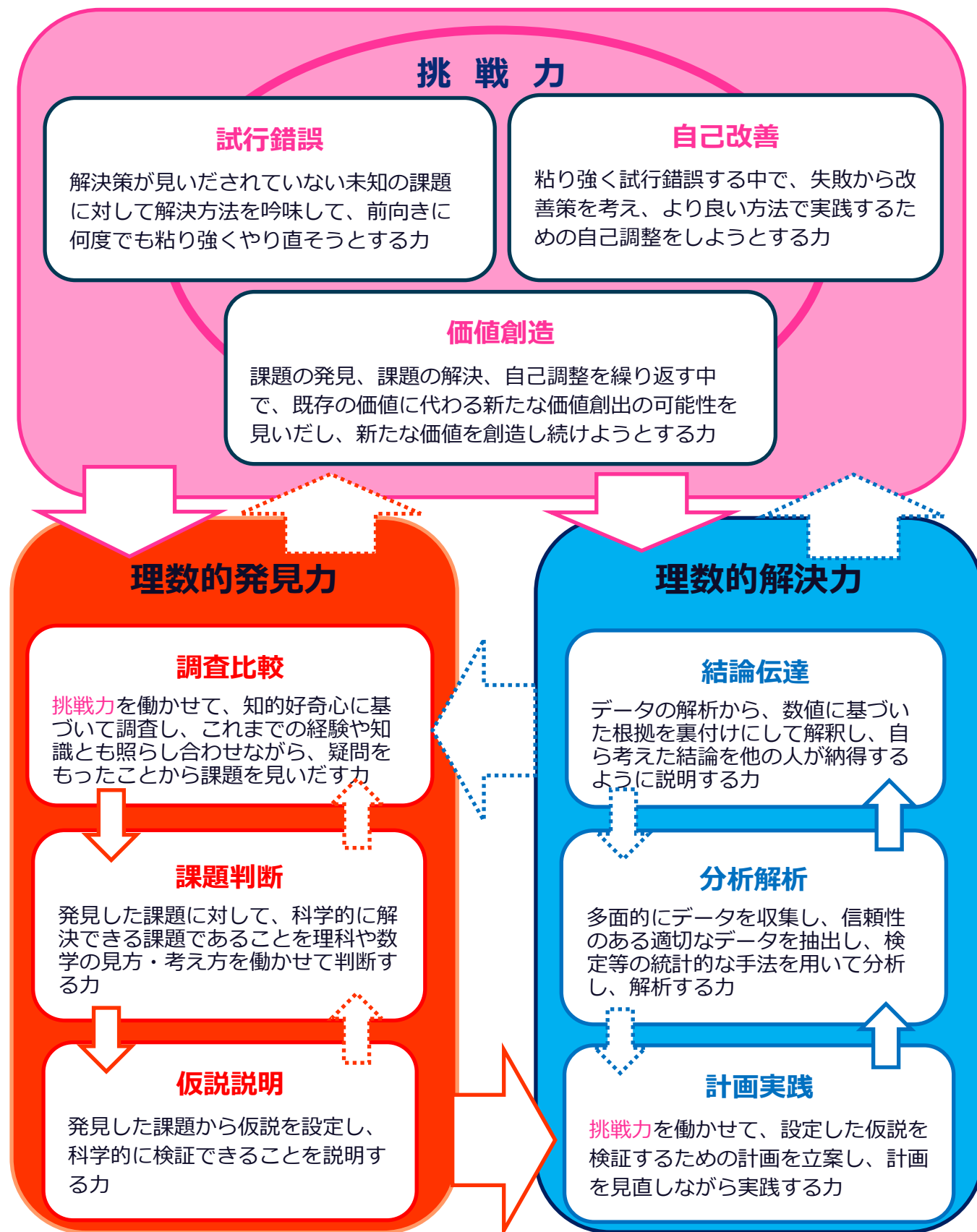


図 2 4 富士未来学の3つの力と探究の過程の関係

[illegible]



50 挑戦力としての自己改善

粘り強く試行錯誤する中で、失敗から改善策を考え、より良い方法で実践するための自己調整をしようとする力

育成したい資質・能力	学習活動の観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	自己改善	主体的に学習に取り組む態度		失敗から具体的な改善策を考え、よりよい方法で実践するための自己調整をしようとしている。	失敗から具体的な改善策を考え、自らの行動をメタ認知し、自己評価できているが改善策を行動に移せていない。	失敗から具体的な改善策を考えているが、自らの行動を客観視することが不十分であり、自己評価に一部課題がある。		

急激な社会構造の変化の中で、直面した問題に対して、自らが解決する姿勢が重要です。自己調整とは、自分自身が先を見通しながら目標を設定し、やる気を奮い立たせて自らをコントロールしながら、自分の目標を達成しようとすることです。

探究の過程では、他の人に言われたとおりに研究をするのではなく、自分で課題を発見し、自分で課題を解決します。考えたように研究が進まず、自分と向き合いながら思い悩む場面もあるでしょう。その様なときには、なぜうまくいかなかったのかを振り返り、計画や検証方法を見直し、よりよい方法で実践するための自己調整しようとする力が不可欠になります。つまり、課題研究をとおして自己調整しようとする力が鍛えられるとも言えます。この自己調整しようとする力は、皆さんが将来の目標に向かって行う日々の取り組みにも活かされる力です。

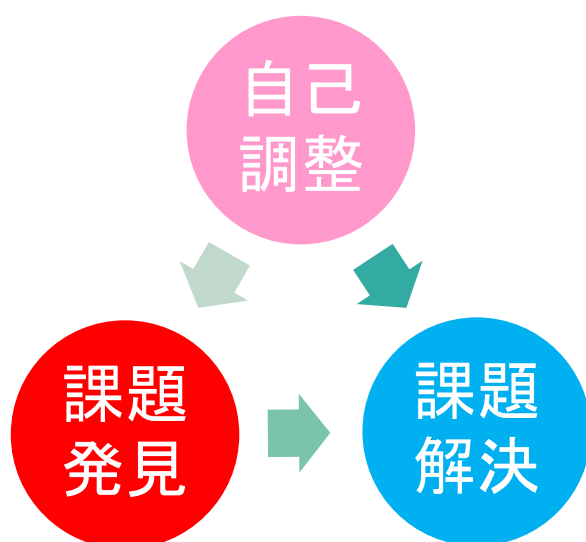
これまでの経験の中でどのような場面で自己調整力が必要であったか、その際にどのように行動したか、富士未来学で学んだことをふまえて今後どのようにするか、を書きましょう。



5 1 挑戦力としての価値創造

課題の発見、課題の解決、自己調整を繰り返す中で、既存の価値に代わる新たな価値創出の可能性を見だし、新たな価値を創造し続けようとする力

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	価値創造	主体的に学習に取り組む態度		課題の発見、課題の解決、自己調整を繰り返し、さらに新たな価値を創造しようとしている。	課題の発見、課題の解決、自己調整をし、新たな価値の重要性を認識しているが、自ら新たな価値を創り出すことができていない。	課題の発見、課題の解決自己調整のいずれかに課題があり、自分本位の価値を見込んでいる。		



皆さんがこれから取り組もうとする課題研究は、調査したことをまとめて書く報告書や、「感想を書く作文のようなもの」ではありません。一方で、自分の力で結論を導き出せないような、壮大な研究にしないでほしいということではありません。

新規性がありながら、自分で検証できる課題研究に取り組み、結論まで導き出すにはどのようにしていけばよいのか、「課題発見」と「課題解決」を常に「自己調整」しながら、研究を進めていくことが重要です。

そして、課題研究の成果が、「新たな価値」の創出です。

図 2 5 自己調整しながら課題発見と課題解決

課題研究で挑戦力を身に付けた自分のイメージ（目標の姿）を書きましょう。



5 2 ルーブリックによる自己評価

育成したい資質・能力	グランドデザインの内容	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
挑戦力	試行錯誤	主体的に学習に取り組む態度	49の記述	49において、解決策が見いだされていない未知の課題に対して、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述している。	49において、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述している。	49において、前向きに何度でも粘り強くやり直そうとした経験について、記述していない。		
挑戦力	自己改善	主体的に学習に取り組む態度	50の記述	50において、自己調整力が必要であった場面や、どのような行動をしたかについて、富士未来学で学んだことをふまえて、今後どのようにするか、記述している。	50において、自己調整力が必要であった場面について、記述している。	50において、自己調整力が必要であった場面について、記述していない。		
挑戦力	価値創造	主体的に学習に取り組む態度	51の記述	51において、課題研究で挑戦力を身に付けた自分のイメージ（目標の姿）を、記述している。	51において、課題研究で挑戦力を身に付けた一般的なイメージを、記述している。	51において、課題研究で挑戦力を身に付けたイメージを、記述していない。		

引用文献

- (1) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』



探究基礎講座⑫

ルーブリックを見返しながら、自己の到達度を確認し、改善を図りましょう。

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	55と56の記述	56において、55で設定した検証可能な研究課題について、検証方法を検討し、記述している。	55において、検証可能な研究課題を設定し、記述している。	55において、検証可能な研究課題を設定できず、記述していない。		
理数的解決力	結論伝達	思考・判断・表現	57と58と59の記述	59において、57で立てた検証計画を実践して想定される、58の結果を根拠にした結論を記述している。	57において、55で設定した研究課題についての検証計画を立て、記述している。	57において、55で設定した研究課題を検証する計画を記述していない。		

5 3 挑戦力を働かせて課題研究に取り組む

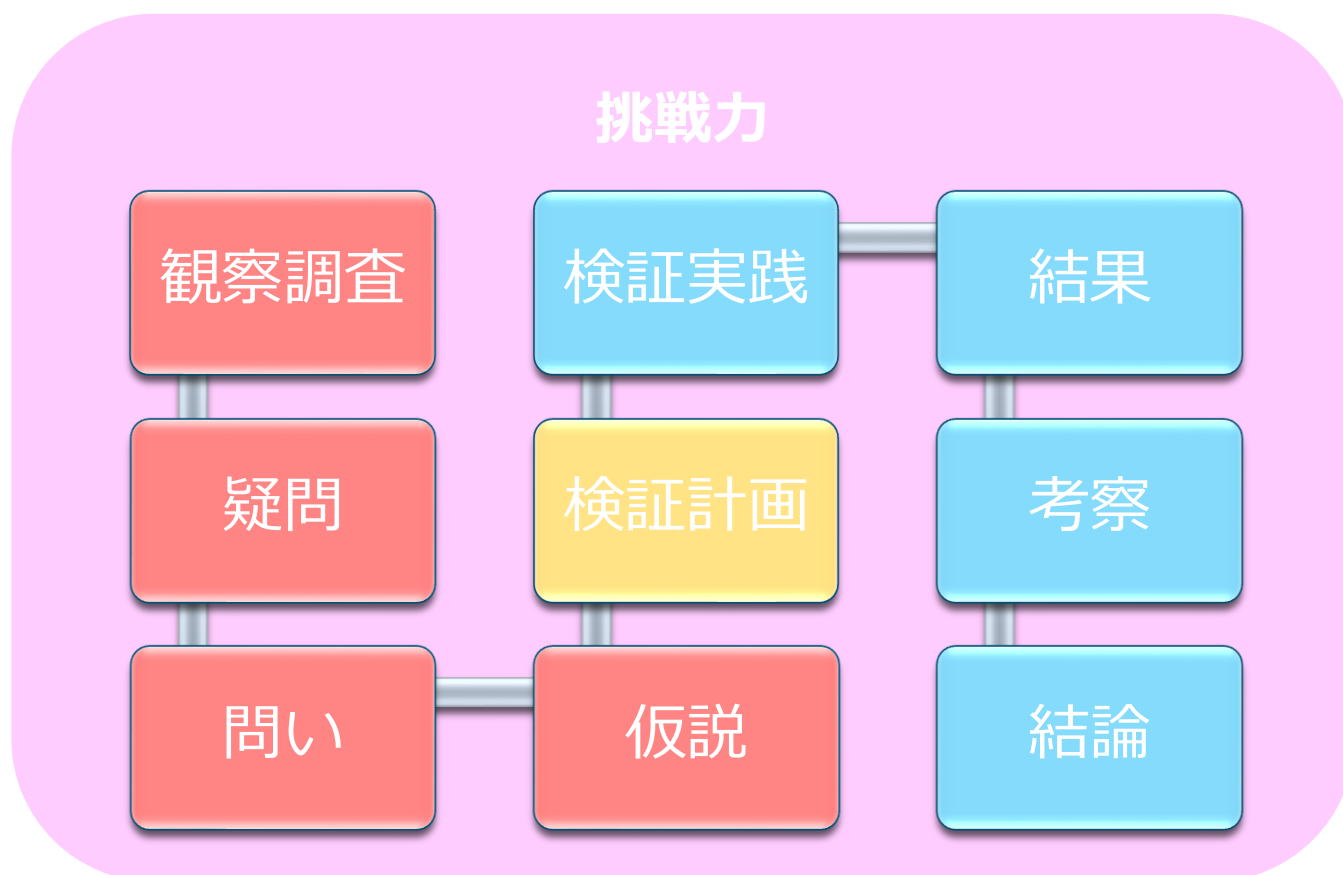


図 2 6 挑戦力を働かせる

66



5.5 理数的発見力としての課題判断

発見した課題に対して、科学的に解決できる課題であることを理科や数学の見方・考え方を働かせて判断する力

育みたい資質・能力	グランドデザインの見点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	課題判断	思考・判断・表現		科学的に解決できる課題であることを理科や数学の見方・考え方を働かせて、判断している。	実証性、再現性、客観性のいずれかが不十分な課題であることに気づかず理科や数学の見方・考え方を働かせて、判断している。	実証性、再現性、客観性のいずれかが不十分な課題であることに気づかずに自分本位の考え方で課題を判断している。		

調査を行った先に、課題研究があります。興味・関心をもつ分野で、疑問にもったことを十分に調査して課題を設定します。課題は身近なもので検証可能なものにします。例えば、「環境問題についての研究」という課題を、「富士高校附属中学校の生徒は、環境問題に対してどのように意識しているか」という、身近な範囲の課題にしてみるとどうでしょう。

大きなテーマも、自分の身近な問題として引き寄せて考えていきます。その際に、科学的なつまり実証性、再現性、客観性がある検証方法を計画できる課題であるかどうか、十分に検討し判断します。

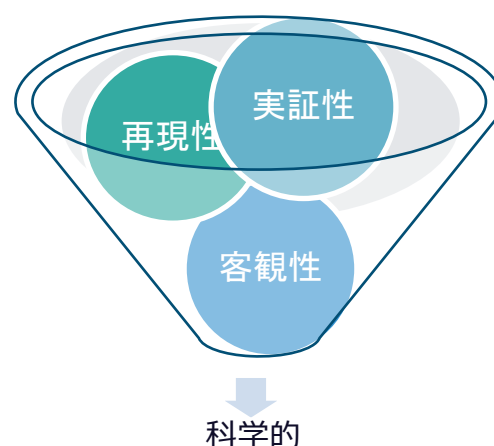


図2.7 科学的

疑問を課題へと具体化していくために、課題の中から変数を見いだしていきます。変数には独立変数（説明変数）と、従属変数（目的変数）があります。独立変数は「原因となっている変数」のことで、従属変数は「原因を受けて生じた結果となっている変数」です。

皆さんが課題研究を行う際は、見いだした変数が研究において適切かどうかを見極める必要があります。そのために、先行研究の調査や信頼できる書籍やインターネットを用いた調査を行います。2つの関係性を見いだせるかどうかも重要です。複数の変数が関連している場合は、変数として扱うための方法を検討する必要があります。

「水の研究」を、身近なもので検証可能な研究課題にしましょう。



5 6 理数的発見力としての仮説説明

発見した課題から仮説を設定し、科学的に検証できることを説明する力

育成したい資質・能力	学習活動の観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現		発見した課題から仮説を設定し、科学的に検証できることを説明している。	発見した課題から仮説を設定し、実証性、再現性、客観性のいずれかが不十分ながら検証できることを説明している。	発見した課題から仮説を設定し、実証性、再現性、客観性のいずれかが不十分であることにより検証できることを説明できていない。		

「問い」が立てられたら、検証計画を具体的に立てるための「仮説の設定」を行います。富士未来学で扱うのは科学的な仮説です。仮説は、調査者や実験者が設定する独立変数（原因となる変数）と、調査や実験で得られた測定値である従属変数（結果となる変数）で構成されます。仮説の設定ができれば、他の人に説明してみましょう。その際、設定した仮説に不備あることを指摘されるかも知れません。その場合、課題に関することを再調査し、課題について実証性、再現性、客観性の各観点で十分に検証できるものであるかどうかを確認します。

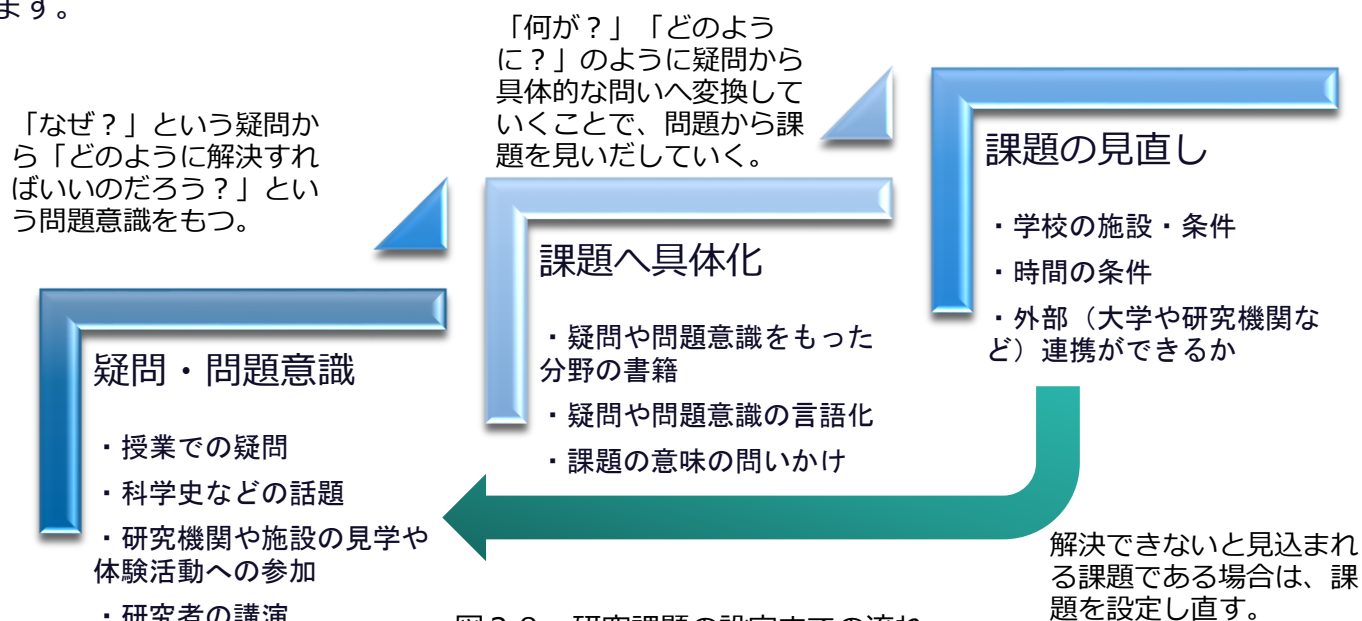


図 2 8 研究課題の設定までの流れ

5 5 で設定した研究課題について検証方法を検討したことを、他の人に説明しましょう。



5 7 理数的解決力としての計画実践

挑戦力を働かせて、設定した仮説を検証するための計画を立案し、計画を見直しながら実践する力

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的解決力	計画実践	思考・判断・表現		設定した仮説を検証するための計画を立案し、計画を見直しなが実践しようとしている。	設定した仮説を検証するための計画を立案し、改善すべき点があっても、計画通りに実践しようとしている。	設定した仮説を検証するための計画の立案に不備があり、改善点や課題への対応をすることなしに当初の計画に従って実践しようとしている。		

立案した計画の中で、改善すべき点を明らかにします。そのためには、自分の立てた計画を説明して、他の人から質問を受けるという方法が有効です。他の人から受けた質問について、「なぜそのような質問があったのか？」ということについて、検討して計画を修正するようにしましょう。富士未来学では、設定した仮説を検証するための方法として「観察」、「実験」、「調査」を実施します。独立変数と従属変数の2つの変数の関係を見いだすために、観察、実験、調査を行います。つまり、観察、実験、調査を行うための変数が見いだせれば、課題研究で結論を導き出せる可能性があるということになります。

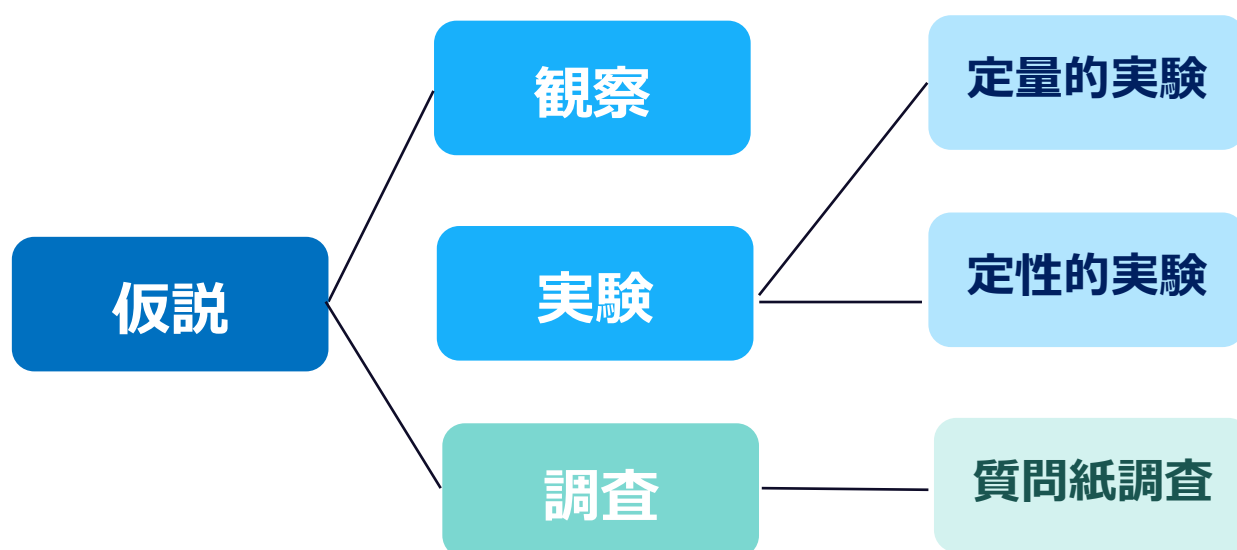


図 2 9 富士未来学での仮説の設定から検証の流れ

5 5 で設定した研究課題について、検証するための計画を立案しましょう。



5 8 理数的解決力としての分析解析

多面的にデータを収集し、信頼性のある適切なデータを抽出し、検定等の統計的な手法を用いて分析し、解析する力

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的解決力	分析解析	思考・判断・表現		多面的にデータを収集し、信頼性のある適切なデータを抽出し、検定等の統計的な手法を用いて分析し、解析できている。	偏りがあるが十分な量と質の信頼性のあるデータを収集し、検定等の統計的な手法を用いて分析し、解析できている。	収集したデータが量的にも質的にも不十分で、検定等の統計的な手法にも不備があり、分析や解析に客観性が見られない。		

視点や条件を変えて、多面的にデータを収集するようにします。1つの実験から得られた結果だけでなく、条件を変えることによって行った検証実験で得られた複数のデータがある方が、より説得力が増します。

質問紙調査を行う場合は、対象とする人数や質問項目を検討して、信頼性があるデータ収集ができるようにします。

観察とは条件を制御しないで事象を観察する活動であり、**実験**とは条件を制御して事象を観察する活動である、とされています。観察の中に実験が含まれます。つまり、実験とは、観察の一種であると考えられます。

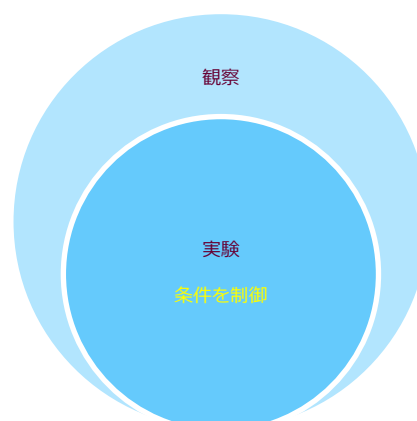


図30 観察と実験の違い

実験、調査はともに、データを収集することを目的として行われるものです。実験は、特定の実験手続きを経て、実験的操作が効果をもたらすかどうかを検証する研究方法です。一方、調査は、ある事象の実態や動向の究明を目的として、物事を調べる研究方法です。代表的なものに質問紙調査があります。一般的に、操作した結果を測る手立てが実験で、操作せずに実態を把握する手立てが調査であるといえます。

5 5 で設定した研究課題について、5 7 で立案した検証計画を実践して得られるデータに

は、どのようなものがあるか書きましょう。



5 9 理数的解決力としての結論伝達

データの解析から、数値に基づいた根拠を裏付けにして解釈し、自ら考えた結論を他の人が納得するように説明する力

育成したい資質・能力	グランドデザインの観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的解決力	結論伝達	思考・判断・表現		データの解析から、数値に基づいた根拠を裏付けにして解釈し、自ら考えた結論を他の人が納得するように説明している。	データの解析から、数値に基づいた根拠を裏付けにして解釈し、自ら考えた結論を他の人に伝わるように説明している。	データの解析から、数値に基づいた根拠を裏付けにして解釈できておらず、自ら考えた結論が他の人に伝わっていない。		

考察では結果（データ）の解析から、数値に基づいた根拠を見いだします。結果の表や、表から作成したグラフを分析・解釈して、自分の考えを導き出します。考察では、得られた観察・実験結果を、発想した仮説や検証方法との関係で見直し、新たな課題を見いだします。

結論では研究でわかったこと、見いだされたこと、新規性などを明確にして、簡潔に説明します。その際に、設定した仮説と整合させて考え、仮説を検証できているかを述べるようにします。また、何が課題となって残っているかについても書きます。今後の展望や発展性について、述べてもよいでしょう

結論では、主張に根拠があるかどうかを考えましょう。また、根拠とともに説明できているか確かめましょう。さらに、主張と仮説の整合性についても確認します。

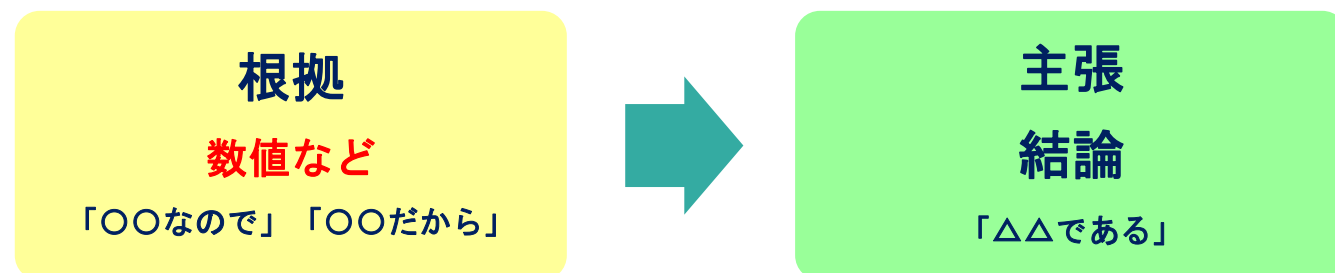


図 3 1 数値を根拠にして主張します

5 5 で設定した研究課題について、5 7 で立てた検証計画を実践して想定される、5 8 の結果（データ）を根拠にした結論として、考えられることを書きましょう。



60 ルーブリックによる自己評価

育みたい資質・能力	ターゲット能力の観点	評価の観点	評価の対象	高度に達成されている	達成されている	一部に課題あり	自己評価	教員による評価
				A	B	C		
理数的発見力	仮説説明	思考・判断・表現	55と56の記述	56において、55で設定した検証可能な研究課題について、検証方法を検討し、記述している。	55において、検証可能な研究課題を設定し、記述している。	55において、検証可能な研究課題を設定できず、記述していない。		
理数的解決力	結論伝達	思考・判断・表現	57と58と59の記述	59において、57で立てた検証計画を実践して想定される、58の結果を根拠にした結論を記述している。	57において、55で設定した研究課題についての検証計画を立て、記述している。	57において、55で設定した研究課題を検証する計画を記述していない。		

引用文献

- (1) 東京都立富士高等学校・東京都立富士高等学校附属中学校（2021）『令和3年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施計画書【開発型・実践型】』