

群 教 七	G04 - 04
	令7.290集
	理科 - 高

実験を通して、他者の意見や多様なデータを基に、 論理的に考察を再構築できる生徒の育成 —生徒主体で探究の深化を図る「ふいずリンク」の活用を通して—

特別研修員 大嶋 勇輝

I 研究の概要

1 主題設定の理由

高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編では、高等学校の物理において「物理学的に探究する能力と態度を育てる」ことを目標としている。物理学の基本的な概念や原理・法則の理解を深めるためには、観察・実験を行い、科学的に探究する必要がある。また、群馬県教育ビジョンの指針では、目指す姿を「ひとりひとりがエージェンシーを発揮し、自ら学びをつくり、行動し続ける『自律した学習者』」としている。また、五つの重点政策の一つとして、「変化の激しい社会に対応できる資質・能力の育成」が示されている。

研究協力校（以下、協力校）の生徒は、授業に集中して取り組み、内容を的確に理解することができる生徒は多い。しかし、授業や実験に際して、教員から指示された活動には取り組んでいるものの、主体的に関わっているとは言い難く、実験結果を踏まえた論理的な考察にも課題が見られる。実験を「自分事」として捉え、探究的な姿勢で課題解決に向かう力を育成する必要がある。また、その過程で他者と意見を交わしながら、協働的に学びを深めていく力の育成も求められる。

そこで、主体的に実験に取り組み、他者と協働しながら探究を進められる生徒、また、他の生徒の実験結果や考察との比較・分類・関連付けを通して、自らの結果を多角的に捉え、理論的で深い考察へとつなげる力をもつ生徒の育成を目指したいと考え、本研究テーマを設定した（図1）。

2 具体的な手立て

手立て①・②はいずれもふいずリンクを基盤とした“プラットフォーム型”の構造である。

手立て① 自分の班と他の班の実験結果を比較・検討し、関係性や法則性を導くための、Googleスプレッドシートの活用

(a) 自分の班だけでは関係性を導き出すには十分なデータが得られないような条件の設定

実験結果をクラス全体で共有することができるGoogleスプレッドシートを活用する。これにより、生徒は自分の班（自班）の結果だけでなく、他の班（他班）のデータと照らし合わせながら考察を深める必要性を感じ、比較・検討の視点をもった協働的な探究活動を促すことができる。

(b) 「実験結果から得た個人の知見」と「他の班との協議活動による共同の結論」の共有

実験次時に行う振り返り活動において、自班内および他班との協議活動を行い、自らの振り返りを深められるようにする。また、Googleフォームを用いて、実験レポートの自己評価および実験結果から得た知見を記述する。回答内容はスプレッドシート上で瞬時に共有でき、他者の考察を参照することで学びの視野を広げることができる。他班との協議活動では班ペアの結論を「共同の結論」としてスプレッドシートに入力する。

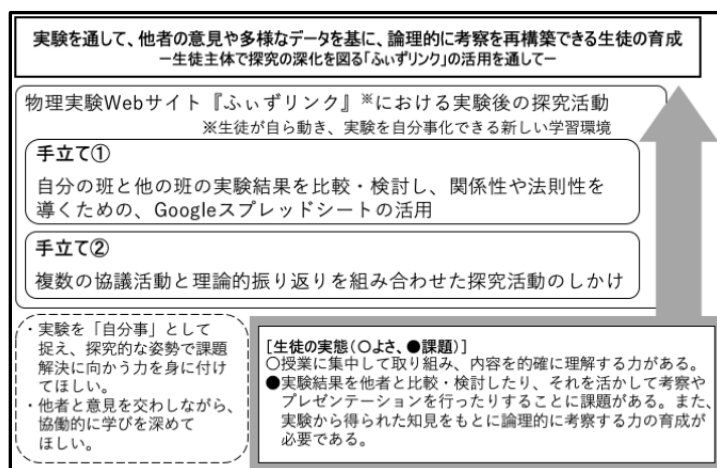


図1 研究のイメージ

手立て② 複数の協議活動と理論的振り返りを組み合わせた探究活動のしかけ

(a) 2班を1組にした「班ペア」による協議活動

2班をペアにした協議活動を行う。協議活動の進行は各班ペアで指名したファシリテーターに一任し、生徒主体の協議となるよう支援する。班ペアごとの「共同の結論」を作成してスプレッドシートに入力し、クラス全体で発表・共有する。

(b) 実験と理論を結び付ける考察レポート

実験次時の最後に配布し、実験の成果を理論と結び付けて振り返る活動を行う。このレポートの目的は二つあり、第一に、発展的な物理課題を通して実験の裏にある理論や視点を確認すること、第二に、同じ実験道具から新しい問いを立て、理論的に予測する力を育むことである。

本授業は、物理実験Webサイト「ふいずリンク」を使って展開した。ふいずリンクという上位環境の中に複数の手立てが配置され、それぞれが独立しつつも共通基盤上で機能している。「ふいずリンク (PhysLink)」は、高校物理の実験をより主体的かつ協働的に行うために開発したWebサイトである。名前の由来は「Physics (物理)」と「Link (つなぐ)」の組み合わせで、生徒と教員、生徒同士、データや知識をつなぎ、物理実験の学びを一元管理することを目的としている。「考える・調べる・まとめる」を一つのプラットフォームで行えるため、生徒は実験を「自分事」として捉え、探究的に課題に取り組む力を養うことができる。

ふいずリンクは、「1. 実験前」「2. 実験当日」「3. 実験後」の3段階での学習活動を支援する。まずは、「1. 実験前(事前準備)」を説明する。生徒は事前配布プリントで班のメンバーと実験手順を確認し、教員作成のYouTube動画で注意点を視覚的に確認する。さらに、Googleフォームで事前テストを実施する。5問10点満点で班員全員が満点に達することで実験を開始できる仕組みである。このフォームの回答は自動的にスプレッドシートに整理・表示され、誰が回答したか、正解状況、重複回答の有無までリアルタイムで確認できる。これにより、生徒は正解するまで何度でも挑戦でき、教員も準備状況を一目で把握可能である。次に、「2. 実験当日」の活動である。生徒は班単位で実験を行い、測定結果や計算結果をスプレッドシートに入力して共有する。班だけのデータではなく、クラス全体のデータを比較・分析することで、物理的関係性や法則性を多角的に理解できる。事前準備でのフォームとの連携により、教員は生徒の理解度や進捗状況をリアルタイムで把握でき、より効果的な指導が可能となる。最後に「3. 実験後(振り返りと深化)」の活動である。実験後は各自でレポートを振り返り、フォームを使って自己評価アンケートに回答する。自己評価はルーブリック評価基準に基づき、得点や考察内容がスプレッドシートに自動反映される。さらに、2班を1組にした班ペアによる協議活動を行い、班ペアごとの「共同の結論」を作成してスプレッドシートに入力し、クラス全体で発表・共有する。これにより、生徒は他班の考察と自班の結果を比較・関連付け、多角的な分析や深い考察力を養うことができる。

ふいずリンクの特長とメリットはデータおよび学びの可視化である。フォームとスプレッドシートの連携で、回答や進捗状況をリアルタイムに確認可能となる。また、主体性と協働性の育成を目指す中で、自班内外の協議活動を通して、課題設定や考察を生徒主体で進めることができ、準備や理解度の確認を事前に行うことで、当日は観察・記録・考察に集中できる。ふいずリンクは、生徒が主体的に実験に取り組み、他者と比較・協働しながら深い学びを実現するためのツールである。フォームとスプレッドシートを同一プラットフォームで活用することで、生徒も教員も扱いやすく、授業の効率化と学びの質の向上に大きく貢献する。本時は全6時間計画の第6時に当たり、ふいずリンクの「3. 実験後」の活動である。

II 実践例

1 題材名 長さの異なる4種類のばねを用いた鉛直ばね振り子の実験(第2学年・2学期)

2 授業の実際

通常の教科書通りの物理実験であれば、一つのばねにおもりを吊るしたときの周期の違いを確認

するだけにとどまる。しかし、長さの異なる4種類のばねを用いて測定することで、教科書には記載がない発展的な知識、すなわち「ばね定数は長さに反比例する」という法則も探究的に解明することができる。生徒は、自班の測定結果だけでなく、他班のデータも含めて分析を行うことで、実験から得られる情報の幅を広げることができる。さらに、共通課題四つと、班ごとに主体的に選択することができる探究的な課題に取り組むことで、ばねの特徴や法則性をより深く理解し、自らの考察力を養うことができる。

(1) 手立て①について

(a) 自分の班だけでは関係性を導き出すには十分なデータが得られないような条件の設定

長さの異なるばね4種類、おもり4個、振幅5種類をすべて組み合わせて3回ずつ測定すると、(ばね4種類)×(おもり4個)×(振幅5種類)×(3回測定)=合計240回の測定となり、1時間で各班が実施することは難しい。そこで、各班で(ばね2種類)×(おもり4個)×(振幅1種類)×(3回測定)=合計24回の測定を分担させ、クラス全体でビッグデータを作り上げる構想とした。各班がGoogleスプレッドシートに実験結果を入力し、全体で共有することで「共同データベース」を構築した。測定範囲を限定したことで、生徒が自班の測定データだけでは関係性を十分に見いだせず、他班のデータを参照する必要性が自然と生まれる。

ばねの長さや定数の関係や周期の変化を明らかにする場面では、全体データとの比較を通して、自班だけでは得られない法則性を導き出す協働的な分析活動が実現していた。さらに、スプレッドシート上で自班と他班のデータを統合して比較する過程では、振幅など条件をそろえたデータ同士を比較する重要性を学び、分析の精度を高める視点が育まれていた。多様な条件のデータを扱いながら法則性を導く経験は、大学や研究機関で行われる本格的なデータ解析とも通じるものであり、共有スプレッドシートを活用したことによって、高校段階でもその入り口に触れる機会となった。スプレッドシートを通じて他班のデータがリアルタイムで共有されるプロセスは、生徒の知的な好奇心や期待感(ワクワク感)を効果的に引き出し、協働的な学びへの自然な動機付けになった。

(b) 「実験結果から得た個人の知見」と「他の班との協議活動による共同の結論」の共有

フォームを用いて実験レポートの自己評価と、実験結果から得た自分なりの知見を個別に記述した。フォームの回答はスプレッドシート上で即時に共有されるため、生徒は自班だけでなく他者の考察にも触れながら、多様な視点から自らの理解を捉え直すことができた。続く班ペアによる協議活動(手立て2)では、班同士を組み合わせ、議論を行い、双方のデータと考察を踏まえて「共同の結論」を作成し、共有スプレッドシートに入力した。

一連の過程を通して、生徒は自分の考えを他者の意見と照合しながら妥当性を検討する力を養うとともに、他班の視点を取り入れて自らの考察を論理的に再構築する経験を積むことができた。

(2) 手立て②について

(a) 2班を1組にした「班ペア」による協議活動

班ペア活動では、例えば1班が「ばね番号1・2」、8班が「ばね番号3・4」の実験を担当し、両班をペアにすることで4種類すべてのばねについて考察が可能となるように組み合わせた。また、1班と8班では同じ振幅で測定をしていないため、両班だけでは考察が不十分であり、必然的に他の班のデータも参照する必要性が生じる。このようにして、最終的にはクラス全体の実験データを比較・関連付けて分析する流れを意図的に計画した。

生徒は互いの視点を補完しながら「共同の結論」を作成することができ、こうした自班内外・クラス全体での協議活動を通して、生徒は個々の実験を超えた「クラス全体での探究」を体験し、協働的に学びを深めていた。

(b) 実験と理論を結び付ける考察レポート

今回の実験で得られた「ばね定数は長さに反比例する」という性質を、思考実験として設定した仮想的な実験条件に基づき再検証した。また、問題に取り組むことで考察をさらに深められ

ると判断した生徒は、任意で追加レポートを作成・提出できるようにした。さらに、実験道具を発展的に活用する視点を持ち、必要に応じて追実験にも取り組めるようにした。

これにより、生徒は実験と理論を往還しつつ、自ら問いを立てて探究を発展させる姿勢を養うことができた。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 本実践では、Web サイト「ふいずリンク」を活用し、実験前・実験当日・実験後の3段階で生徒が主体的に実験に取り組むことを重視した。教員の指示は最小限にとどめ、課題設定や分析を生徒自身が行えるように設計した結果、実験活動そのものについては主体的な姿勢が十分に見られた。ふいずリンクに組み込まれた教材・仕組みや、事前テスト・自己評価アンケートの活用、データ共有、さらに班ごとの協議活動といった手立てにより、実験を自分事化し、主体的に課題を設定するプロセス自体は成立したと考えられる。また、生徒が自ら誤差やエラーに気づき、物理的性質を論理的に説明するなど、一定の成果が得られた。
- スプレッドシートの活用は単なるデータ集約の効率化に留まらず、生徒のデータリテラシー育成にも大きく寄与したと分析している。集まった多数のデータから、①自班のデータの妥当性を他班と比較検証し、②グラフから全体の傾向や分散を読み取り、③測定ミスや計算ミス（異常値）を発見して活動中に修正を加えるといった、データに基づいた科学的思考力を駆使する生徒の姿が見られた。こうした高度な探究活動が成立した背景には、生徒の学習意欲を高める身近な教材（ばね）の選定や、探究課題の設計があった。具体的には、難易度別に設定した四つの課題（うち一つは自由設定）から班ごとに一つを選択できるようにした。この工夫により、後の協議活動において、他班が取り組んだ異なる課題についての意見や視点に触れる機会が生まれ、学びを多角的にする効果があった。加えて、最小限の指示で生徒の主体性を引き出すための綿密な授業準備も、生徒の主体的な活動を支える基盤となったと考察する。
- 生徒の実験レポートでは、振り返りの項目として「他者との比較・協議を通した多角的な考察」および「他者の視点を取り入れた深い学びへの変容」を目的に設定した。具体的には、①他班の実験結果との比較・分類・関連付けを通して自班の結果をどのように再解釈し、物理的な関係性や法則性を導き出したか、②協議活動を通して他者の考察や視点に触れることで、自らの考えにどのような変化が生まれたか、の2点について記述を求めた。

生徒の記述からは、他班との比較や協議を通して自分たちの実験結果を多角的に見直す姿が多く見られた。「他班がばね定数の分散を求めて誤差を考察していたことに刺激を受け、自班のデータの扱い方や考察方法を見直すきっかけになった」という意見があった。また、比較を通して自班の計測ミスや誤差の原因に気づき、より正確な分析を行おうとする意識の高まりも確認された。さらに、他班のデータを共有し合う中で、「数値間の関係性を考える力が養われた」との記述が見られた。大量のデータを扱う大変さを感じつつも、協力して信頼性の高い結果を導き出す経験を通して、科学的探究における協働の意義を実感していた。また、「スプレッドシート上のデータ共有だけでなく、直接の意見交換を行うことで、他者の考え方を理解し、自らの視点を広げることができた」と述べている。これにより、誤差や条件設定に対する新たな気づきが生まれ、探究意欲の向上につながったと考えられる。

2 課題

- 生徒への振り返り調査では、実験レポートで扱ったような探究的な課題を「ゼロから設定することは難しい」との声が多く、生徒自身が実験計画を立て、問いを創出し、論理的に考察へと導く段階にはまだ到達していないことが明らかになった。最終的に目指す「自律した学習者」の姿に近づくには、課題設定力や探究の見通しを生徒が主体的にもてるよう、これまでとは異なる手立てや段階的な支援が必要であると考えられる。

IV 資料



ふいずリンク【サンプル版】のQRコード

URL :

<https://sites.google.com/edu-g.gsn.ed.jp/physlinksample-ooshima>

※ふいずリンクの閲覧はGSNアカウントのログインが必要です。

実験レポート【探究的な課題】

<探究的な課題> IV ★の数は課題の難易度を表しています(★が多いほど難しい)

A☆☆☆☆ :

自班で実験した2種類のばねについて、振幅 $A[\text{cm}]$ と周期 $T[\text{s}]$ の関係をグラフを用いて説明せよ。※他班のデータも利用すること

B★★☆☆ :

自班で測定した2種類のばねについて、おもりの質量 $m[\text{g}]$ と周期 $T[\text{s}]$ の関係をグラフを用いて説明せよ。

C★★★★ :

ばね振り子の周期の公式に基づく、おもりとばねの組み合わせによって周期が等しくなる場合がある。

このことについて、他班の測定データも活用して検証せよ。

D★★★★ :

A~C以外に、自分たちで新たに仮説を立てられる内容があれば、その仮説をもとに検証し、結果を考察しよう。

班で話し合い、A~Dの<探究的な課題>の中から1つを選び、○をつけましょう。

Dの課題を選んだ場合は、自分たちで設定した課題内容を具体的に記述すること

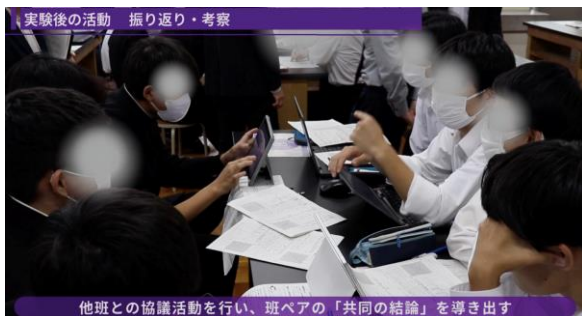
A · B · C · D

生徒の実験レポート【振り返り】の項目 記述例

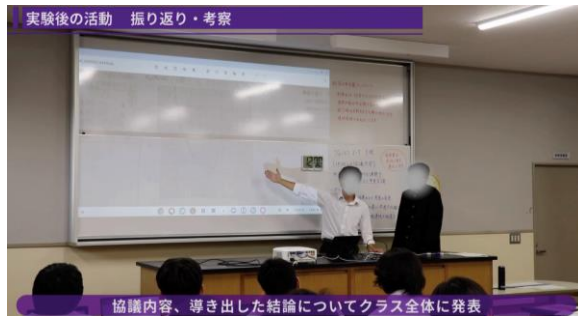
① 今回の実験では大量のデータを測ったことにより、一部のミスや問題がある値を
 検知するようになったり、今以上に正確な分析をできたと思います。公式と
 測った値を見比べ、関係が深い値は、現実世界では高橋物理学と関係する
 各級をその式について学ぶことができた。他者の考察により、理解の深さの解決ができた。
 (C)

② 他班のデータを見るとばね定数の誤差は自分班とほぼ変わらないが、
 ため、誤差は同じような原因なのではないかと考えた。また、他班のデータは1つの班だけで
 9はどのくらい大きな労力が必要であるため、他者の物理的な視点を取り入れる
 べきことも含めて、自分のデータ構築は物理的に行っていると思った。

当日の様子



他班との協議活動を行い、班への「共同の結論」を導き出す



協議内容、導き出した結論についてクラス全体に発表

本報告書に掲載されている商品又はサービスなどの名称は、各社の商標又は登録商標です。

Google、Google フォーム、Google スプレッドシート、YouTube は、Google LCC の商標又は登録商標です。なお、本文中には™ マーク、® マークは明記していません。