

高等学校 第2学年 理科（物理基礎） 「波」

対象学年	岩手県立釜石高等学校 第2学年 物理基礎選択クラス（45名）
使用ソフト等	Microsoft Teams
端末環境	生徒機1人1台（Chromebook、iPad） 教師機1台（Windows タブレット）
通信方式	Wi-Fi
概要	本時の目標は、「自由端と固定端で波が反射する様子について波動実験器を用いて観察し、反射波の特徴と定在波の特徴を見だし、表現することができる」ことである。そのために、1人1台端末のカメラ機能を活用して波動実験器での実験の様子を録画し、視聴することで効果的に調べることをねらいとした。また、生徒同士の意見交換を促すためにMicrosoft Teamsで情報の共有を行い、効果的にICTを活用した。

1 ICTの活用場面

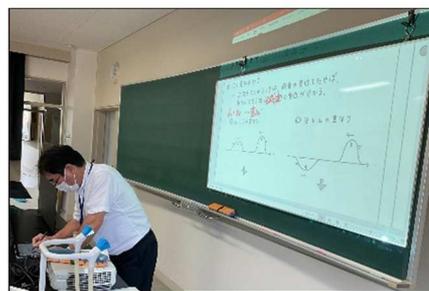
A 一斉学習		B 個別学習		C 協働学習	
<p>A1 教員による教材の提示</p>  <p>画像の拡大提示や書き込み、音声、動画などの活用</p>	<p>B1 個に応じる学習</p>  <p>一人一人の習熟の程度等に 応じた学習</p>	<p>B2 調査活動</p>  <p>インターネットを用いた情報収集、 写真や動画等による記録</p>	<p>C1 発表や話し合い</p>  <p>グループや学級全体での発表・話し合い</p>	<p>C2 協働での意見整理</p>  <p>複数の意見・考えを議論して整理</p>	
<p>B3 思考を深める学習</p>  <p>シミュレーションなどのデジタル教材を用いた思考を深める学習</p>	<p>B4 表現・制作</p>  <p>マルチメディアを用いた資料、 作品の制作</p>	<p>B5 家庭学習</p>  <p>情報端末の持ち帰りによる家庭学習</p>	<p>C3 協働制作</p>  <p>グループでの分担、協働による作品の制作</p>	<p>C4 学校の壁を越えた学習</p>  <p>遠隔地や海外の学校等との交流授業</p>	

※「教育の情報化に関する手引き(追補版)」2020年6月 文部科学省

A 1 教員による教材の提示

Microsoft Teams のファイル共有機能を用いて学習プリントを電子媒体で配付、演示実験を撮影した動画を全体で共有する。

描画機能を用いて加筆した学習プリントを黒板に設置したホワイトボードにプロジェクターで投影したり、投影した動画を一時静止し、授業者がその上に重ねるように説明を書き込んだりする。

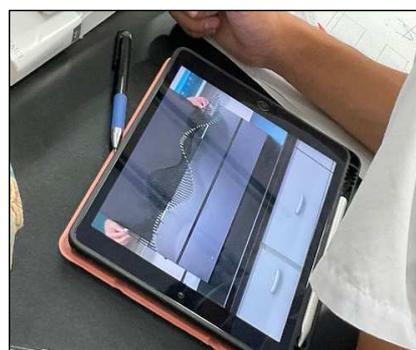


B 1 個に応じる学習

授業者が行った演示実験をグループの代表者がタブレットのカメラ機能を用いて撮影する。その動画データをグループ内で共有し、個々に動画を視聴しながら調べる。

生徒は課題解決のために何を明らかにすればよいか考え、繰り返し再生したり、スロー再生を行ったり、必要に応じて工夫しながら調べる。

動画データの共有は、グループごとに Microsoft Teams の投稿機能やファイル共有機能で行う。



B 3 思考を深める学習

動画を用いて実験結果の分析・解釈を行う際、自らの思考を整理することが、その後の話し合いを効果的に進める一助となる。

生徒は、予想を立て、課題を解決する場面で個別に観察した結果を基に、既習事項と関係付けたり、新たな規則性を見いだしたりする。



C 2 協働での意見整理

授業者が行った演示実験を基に予想を検証する場面で、動画を全体で共有し、グループで話し合う。

話し合いの結果をワークシートで共同編集したり、グループのメンバーがまとめたワークシートを共有したりすることにより、考えの変容の自覚を促す。



2 単元（題材）の指導計画（全体 10 時間扱い）			
時	学習活動	指導上の留意点	評価規準・評価方法
1	○身近な波動現象の例を想起する。 ○波動実験器とばねによる波を観察する。 ○波形の移動と振動の様子を作図する。	・身近な波の現象に関心をもつよう促す。 ・波の伝わり方を理解できるようにする。	身近な波に関する現象に関心をもっている。 【関】〔行動観察〕 波の伝わり方についての知識を身に付けている。 【知】〔ワークシート〕
2	○波の伝わり方を作図する。 ○波の要素を考察する。	・作図を通して波の要素と関係性の理解を促す。 ・ $y-x$ グラフや $y-t$ グラフを適切に作図できるようにする。	波の要素及びその関係を見いだし、振動のグラフ、波形のグラフを適切に描き、科学的に判断し、表現している。 【思】〔ワークシート〕
3	○横波と縦波の特徴を比較する。 ○縦波の横波表示や振動のグラフを作図する。	・ばねを使った実験を通して、横波と縦波の伝わり方の理解を促す。 ・縦波の横波表示をできるようにする。	縦波の性質に基づき、横波表示の描き方を習得し、的確に表現している。 【思】〔ワークシート〕 縦波の性質及び横波表示の特徴を理解している。 【知】〔ワークシート〕
4	○波動実験器を用いて波の独立性と重ねあわせの原理を考察する。 ○定在波の特徴を整理する。	・波の独立性と重ねあわせの原理を見いだすことができるようにする。 ・定在波について理解を促す。	波の独立性、重ねあわせ、定在波に関する現象についての観察を行い、それらの過程や結果を的確に記録し、整理している。 【技】〔ワークシート〕 波動実験器などの実験から、波の独立性と重ねあわせの原理を見いだし、科学的に判断し、表現している。 【思】〔ワークシート〕
5 本 時	○自由端反射、固定端反射を観察する。 ○入射波と反射波による定在波を考察する。	・波動実験器で自由端、固定端での反射波の特徴を見いだすことができるようにする。 ・波の反射によって生じる定在波の特徴を見いだすことができるようにする。	波の反射と、入射波と反射波によってできる定在波について、その特徴を見いだし、科学的に判断して表現している。 【思】〔ワークシート〕 自由端反射、固定端反射について反射波の特徴、入射波と反射波によってできる定在波の特徴を理解している。 【知】〔ワークシート〕
6	○音の伝わり方を考察する。 ○音の3要素についての観察、実験を行う。	・コンピュータを使った実験を通して音の3要素の関係を見いだすことができるようにする。	音の伝わり方や3要素に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。 【関】〔行動観察〕 コンピュータを用いて音の3要素を調べる実験の方法を身に付け、得られた結果を的確に記録している。 【技】〔レポート〕
7	○弦にできる定在波を観察する。 ○弦を伝わる波の速さの実験を行う。	・弦の振動による定在波の特徴を見いだすことができるようにする。 ・弦を伝わる波の速さの規則性を見いだすことができるようにする。	定在波を用いて弦を伝わる波の速さを調べる実験の方法を身に付け、得られた結果を的確に記録している。 【技】〔行動観察〕 弦にできる定在波の性質と、弦を伝わる波の速さを科学的に判断し、表現している。 【思】〔レポート〕
8	○弦楽器の原理を考察する。 ○開管、閉管にできる定在波の特徴を考察する。	・基本音と倍音の関係性を見いだすことができるようにする。 ・気柱による定在波の特徴を見いだすことができるようにする。	弦にできる定在波の性質と、弦を伝わる波の速さの定性的関係より、弦楽器の原理について科学的に判断し、表現している。 【思】〔ワークシート〕 開管、閉管それぞれにできる定在波について実験を通して定量的に考察し、科学的に判断し、表現している。 【思】〔レポート〕

9	○気柱の共鳴実験を行う。	・気柱の共鳴について理解できるようにする。	気柱の共鳴に関する実験の方法を身に付け、得られた結果を的確に記録している。 【技】[レポート]
10	○共振現象の実験を行う。 ○映像教材を視聴する。 ○うなり現象の実験を行い作図する。	・身近な現象と関連付けて考えられるようにする。 ・うなり現象について理解し、身近な現象と関連付けて考えられるようにする。	共振現象に関心を持ち、身近な現象と関連付けて主体的に考えようとする。 【関】[ワークシート] うなりについて理解している。 【知】[ワークシート、小テスト]

3 代表的な授業（第5時）	
本時の目標	自由端と固定端で波が反射する様子について波動実験器を用いて観察し、反射波の特徴と定在波の特徴を見いだし、表現することができる。 【思考・判断・表現】

○指導過程

	学習活動	指導上の留意点 (◇評価 【 】評価の観点 ■活用する ICT 等)
導入 10分	1 既習を振り返る ・波の独立性、重ねあわせの原理を振り返る。 ・定在波の特徴を振り返る。 2 課題を把握する パルス波の反射（演示実験） ・自由端・固定端反射の様子を観察する。 ・反射波の特徴を見い出す。 ・入射波が連続した正弦波による定在波の様子を観察する。	■教師用タブレット、プロジェクター [A 1] ・最初に入射波がパルス波の場合を扱い、その後連続した正弦波を扱う。
	学習課題 入射波が連続した正弦波の場合、端における入射波と反射波の位相は、自由端反射と固定端反射でそれぞれ同位相又は逆位相、どちらなのだろうか。	
展開 30分	3 予想する ・個人で予想する。 ・グループで交流する。 4 観察、分析、考察 ・演示実験の様子を撮影する。 ・動画を基に分析し、ワークシートに記入する。 ・グループで交流する。 5 発表 ・グループごとに発表する。	■生徒用タブレット（動画アプリ）[B 1] ■生徒用タブレット（Microsoft Teams）[C 2]
	まとめ 端における入射波と反射波の位相は、自由端反射では同位相、固定端反射では逆位相になる。	
終末 10分	6 振り返り ・ワークシートに記入する。	◇定在波について、その特徴を見いだし、科学的に判断して表現している。【思】 ◇反射波の特徴及び定在波の特徴を理解している。 【知】

4 ICTを活用した学習活動の様子

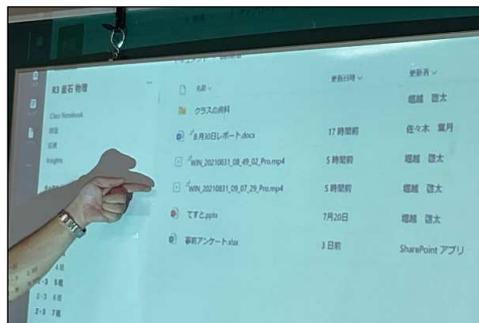
【A 一斉指導】 A1 教員による教材の提示

Microsoft Teams のファイル共有機能を用いて、学習プリントと演示実験を撮影した動画を提示し、共有した。

【図1】は、ファイルを探すことができなかった生徒のために、授業者が当該ファイルを指さしている様子である。生徒はすぐに操作に慣れ、このような示し方をする回数は1回だけであった。

学習プリントをPDF化し、黒板に設置したホワイトボードにプロジェクターで投影した【図2】。描画機能を使用して授業者がタブレット上で学習プリントに説明を書き込み、説明を加えた。生徒はホワイトボードに投影された学習プリントを見ることで、どこに何を書けばよいか迷うことなく、記録することができた。

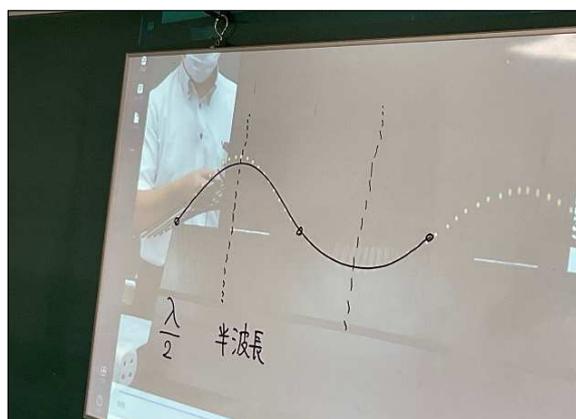
また、共有した動画をプロジェクターでホワイトボードに投影したことで、生徒は、自分のタブレット上の動画で調べるか、又は、ホワイトボード上の動画で調べるかを選択して、自分に合った方法で調べることができた。なお、授業者がホワイトボード上の動画を一時停止し、ペンでその上に重ねるように説明事項を書き込むことで、生徒の理解を促した【図3】。



【図1】授業者が当該ファイルを指している様子



【図2】学習プリントをプロジェクターでホワイトボードに投影した様子



【図3】動画を静止したものに説明を重ねた様子

【B 個別学習】 B1 個に応じる学習

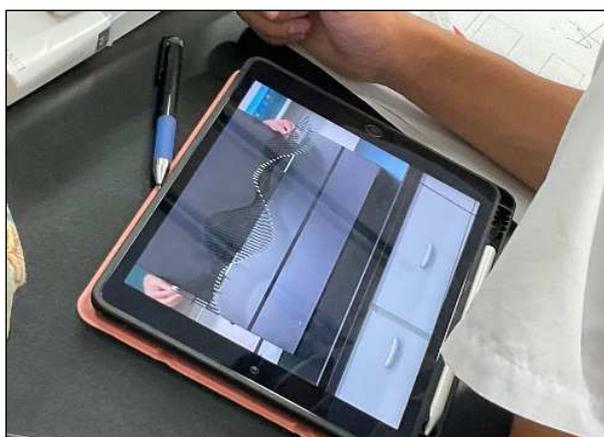
授業者が最初に行った演示実験を効果的に観察できなかったグループのために、授業者が2回目の演示実験を行い、グループの代表者がタブレットのカメラ機能を用いて動画撮影した【図4】。その動画データをグループ内で共有し、個別に視聴、観察した【図5】、【図6】。生徒は何を明らかに

すればよいか自分自身で考え、調べるポイントを繰り返し再生したり、スロー再生したりしながら調べ、課題解決につなげることができた。

また、授業の後半で3回目の演示実験を行った際、最初の観察では難しかった所も、動画を用いずにはっきりと調べることができるようになった。動画を使って調べることで、定在波の特徴を捉えることができた。



【図4】演示実験を撮影している様子 (iPad)



【図5】動画を視聴し、調べている様子 (iPad) ①



【図6】動画を視聴し、調べている様子 (iPad) ②

【B 個別学習】 B3 思考を深める学習

生徒は動画を視聴し、調べた。最初の予想は、生徒一人一人が個別に考えることとした。生徒は動画で繰り返し調べたり、結果を既習事項と関係付けたり、新たな規則性を見いだしたりしながら、予想を立てた。また、その予想を確かめるための実験、分析・解釈や自分の考えをまとめる際にも、動画を用いて調べ、映像で改めて確認することができ、定在波の特徴を捉えることに有効であった。

【図7】は定在波の変位を記録するために、タブレットの画面にOHPシートを重ね、油性ペンで書き込み、分析している様子である。専用のアプリケーションを利用すればもっと効率よく分析できると思われるが、インストールが制限されていることから、工夫して行った。限られた環境の中で試行錯誤することで定在波の振幅について特徴を捉えることができた。



【図7】OHPシートに書き込み、分析している様子 (Chromebook)

また、動画を視聴して調べることによって課題が解決できたとともに、新たな疑問が形成され、自ら波動実験器で実験を行った生徒がいた。【図8】はクラスメイトと対話しながら実験を通して探究を行っている様子である。ICTを活用したことによって、生徒が自ら探究しようとする態度が見られた。



【図8】実験を通して探究を行っている様子

【C 協働学習】 C2 協働での意見整理

学習課題を解決するため、動画を用いて話し合っているグループがほとんどであった【図9】。どのグループも一つのテーブルに集まって話し合うので、複数の生徒が同時に1台の端末を見ている状況が多数であった。生徒は、予想や分析・解釈の拠り所となるものを提示し、グループ全員でそれを観察・思考した。当初想定していた端末の使い方ではなかったが、根拠を見いだし提示することで、反射波と定在波の特徴を見いだし、表現することができた。

あるグループでは、3台のタブレットを並べ、媒質の変位の時間変化等を比較しながら話し合いを進めた【図10】。生徒の柔軟な発想からこのような使用方法が生まれた。



【図9】動画を観察し、話し合っている様子 (iPad)



【図10】3台のタブレットを並べて話し合っている様子 (Chromebook)

一方で、意見交流する際に Microsoft Teams で会議機能を用いて意見交流を行ったグループがあったが、効果的な話し合いにはならなかった。動画や資料などを共有するためのツールとして Microsoft Teams を活用することは効果的だったが、本時のようにすぐ近くにメンバーがいる場合、会議機能は話し合いを妨げてしまった。

5 ICTを活用したことによる学習の成果と指導上の留意点

【ICTを活用したことによる学習の成果】

1 個別学習について

(1) 課題解決のために実験の様子を効果的に観察することができたこと

演示実験の様子を動画撮影し、個別に視聴したことで、課題解決のための予想や仮説を立て、検証することを効果的に行うことができた。

波に関する実験は、多くの場合波動実験器を用いて行うが、この波動実験器は途中で静止することはできず、常に動いているところで観察しなければならない。しかし、実験の様子を撮影し、動画を視聴しながら調べたことで、事象の特徴を捉え、課題解決につなげることが容易になった。

また、生徒が個々に1人1台のタブレットで観察することで、個別に問題を見だし、予想や仮説を立てることができ、グループで話し合いをする前に自分の考えやその根拠を明らかにすることができた。

(2) 思考が深まり、探究しようとする態度が見られたこと

動画を視聴し調べたことで、結果を既習事項と関係付けたり、新たな規則性を見いだしたりしながら、予想を立てた。検証のための分析・解釈を行う際に、動画をコマ送りしながら定在波の変位を記録するために、タブレットの画面にOHPシートを重ね、油性ペンで書き込むなどしたことから、思考はより深まったものと思われる。また、課題を解決するとともに、新たな疑問が形成され、自ら波動実験器で実験を行い、解決した生徒がいた。ICTを活用した授業によって、生徒自ら探究しようとする態度が見られた。

2 協働学習について

生徒同士で意見交換を行うことができたこと

Microsoft Teams を活用し、ファイルを共有したり、共同編集ツール等を利用したりすることで、個別の考えを基に根拠をもって議論することが可能となった。ICTの活用に習熟できていない面も見られたが、逆にそのことにより、タブレットを3台並べて比較するなど工夫しながら話し合いを進めるグループもあった。課題を解決するために話し合い、学習を充実させることができた。

【指導上の留意点】

1 機器の使用に対する習熟が必要であること

動画を共有し、個別に調べたことは、予想や仮説を立てたり、結果を分析・解釈するのに効果的だが、一方でICTの使用に対する習熟が足りず、ファイルを開くのに時間がかかり、授業が停止するときもある。

2 目的に応じたICTの活用が必要であること

理科の見方・考え方を働かせるためにICTは有効な手段だが、すべての面において長けているわけではない。会議機能が話し合いを妨げることもある。目的に応じて使い分けなければ、結果として逆効果となることもある。