

理 数

1 学習指導及び学習評価の改善・充実

(1) 社会とのつながりを意識した探究的な学習の推進

学習指導要領では、各教科等において、「①物事の中から問題を見いだす→②解決すべき課題を明確にする→③解決方法を探して計画を立てる→④結果を予測しながら実行する→⑤振り返って次の問題発見・解決につなげていく」という過程を重視した深い学びの実現を図ることを通じて、各教科等のそれぞれの分野における問題の発見・解決に必要な力を身に付けられるようにすることが求められている。

理数科においては、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・能力を育成することを目指している。また、理数科の目標の中で「様々な事象に関わり」とあるのは、「理数探究基礎」又は「理数探究」の対象となる事象が自然科学だけではなく、社会科学や人文科学、芸術やスポーツ、生活に関するものなどあらゆるものが含まれ、生徒が自ら課題を設定しようとする動機付けとすることを示している。このことから、実社会や実生活に関連した課題などを通じて動機付けを行い、子どもたちの学びへの興味と努力し続ける意志を喚起する必要がある。次の表は、実社会や実生活に関連した課題の例を示している。

- ・黒酢飲料等のpH変化の探究
- ・小型風力発電に向けた風をよく受け止める翼の形状の検討
- ・物体がすべり始める角度と素材についての探究
- ・マツの葉の汚染率と空気中のちりの量との関係性
- ・表面張力のはたらき、水蒸気以外の雲の生成
- ・地域で発生する災害とその防災についての検討
- ・虫歯を減らす効果的な手段
- ・金平糖の角の形成過程における数理モデルの作成
- ・算額の歴史的・文化的背景の探究と創作

表 実社会や実生活に関連した課題例

学習指導要領においては、学習の基盤となる資質・能力や、現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力を育成するため、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図ることとされている。学習指導要領に新たに位置付けられた「総合的な探究の時間」や「理数探究」は、実生活、実社会における複雑な文脈の中に存在する事象などを対象として教科等横断的な課題を設定する点や、課題の解決に際して、各教科等で学んだことを統合的に働かせながら、探究のプロセスを展開する点など、STEAM教育がねらいとするところと多くの共通点がある。

各高等学校においては、「総合的な探究の時間」や「理数探究」等を中心としてSTEAM教育に取り組むことが期待されている。次の表は、共通教科「理数」とSTEAM教育との関係を示している。

	共通教科「理数」（「理数探究」及び「理数探究基礎」）	STEAM教育
目的	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・能力の育成。	<ul style="list-style-type: none"> ■科学・技術分野の経済的成長や革新・創造に特化した人材育成。 ■STEAM分野が複雑に関係する現代社会に生きる市民の育成。
対象・領域	自然や社会などの様々な事象から数学や理科などに関する課題を設定。	<ul style="list-style-type: none"> ■STEM分野を幹としつつも扱う社会課題によって様々な領域を含む。（例えば、科学・技術分野に特化した課題から、ART/DESIGN、ROBOTICS、eSTEM（環境）、国語や社会に関する課題など）
学習過程	数学的な手法や科学的な手法などを用いて、仮設定、検証計画の立案、観察、実験、調査等、結果の処理を行う、一連の探究過程の遂行や、探究過程を整理し、成果などを適切に表現することを重視。	<ul style="list-style-type: none"> ■各教科・領域固有の知識や考え方を統合的に活用することを通じた問題解決的な学習を重視。
教育課程	アイデアの創発、挑戦性、総合性や融合性の視点を重視した、従前の教科・科目の枠にとらわれない科目設定。	（学校全体の仕組みとして機能が期待できる）

表 共通教科「理数」とSTEAM教育との関係
（文部科学省「STEAM教育等の教科横断的な学習の推進について」を基に作成）

(2) 探究的な活動を取り入れた単元の評価の工夫

学習指導要領総則においては、学習評価の充実について、単元や題材など内容や時間のまとまりを見通しながら、生徒の主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善を行うと同時に、評価の場面や方法を工夫して、学習の過程や成果を評価することを示し、授業の改善と評価の改善を両輪として行っていくことの必要性が明示されている。

「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ある。実際に「理数探究基礎」を展開するにはいくつかの方向が考えられるが、「導入としての探究活動の段階」と、「探究活動を本格化させていく段階」などに分けることが考えられる。その上で、探究活動が複数回行われることも考えられるので、学校の実態等を踏まえ必要があれば、探究活動ごとに「単元」に分けて考えることもできる。

「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ある。「理数探究」の「単元」については、学校の実態等を踏まえ必要があれば、例えば、「課題の設定」、「課題解決の過程」、「分析・考察・推論」、「表現・伝達」など、探究の各過程を「単元」とすることが考えられる。また、「課題の設定」の単元と、「課題解決の過程」以降の過程をまとめた単元にすることも考えられる。

学習評価の充実に当たっては、学習の成果だけでなく、学習の過程を一層重視し、生徒が自分自身の目標や課題をもって学習を進めていけるように評価を行うことが大切である。また、主体的・対話的で深い学びの視点からの授業改善の視点からも、指導と評価の一体化を図るためには、生徒一人一人の学習の成立を促すための評価という視点を一層重視し、教師が自らの指導のねらいに応じて授業での生徒の学びを振り返り、学習や指導の改善に生かしていくことが大切である。この「指導に生かす評価」を充実させるための工夫の例としてICTを活用した評価方法がある。

例えば、生徒同士が自分の意見を他者と共有したりする協働学習の際に、ICTを活用

して、教師が学習状況をリアルタイムに把握し、指導に生かしたり、日々の探究的な学習で蓄積された記録を学習評価に活用したりすることができる。具体的には、Google Jamboard及び表計算ソフトを利用した思考の共有、Google Formsを活用したアンケート、自動集計機能による観点別学習状況の評価などが挙げられる。

また、三要素のバランスのとれた学習評価を行っていくためには、指導と評価の一体化を図る中で、多面的な評価を行っていくことが必要である。また、観点別学習状況の評価の「記録に用いる評価」については、毎回の授業ではなく原則として単元や題材など内容や時間のまとまりごとに、それぞれの実現状況を把握できる段階で行うなど、評価の場面を精選することが必要である。

2 指導と評価の計画例

ここでは、身近な現象をモデル化して調べる探究活動を例として、理数科の学習指導要領における指導と評価の計画例を示す。

○ 探究活動「慣性の法則に関する探究」の計画例

慣性の法則は、「物体に力がはたらかないとき、または物体にはたらく力がつり合っているとき、物体の速度は変化しない」という法則である。例えば、停車している電車に乗り込んだ後、発車すると進行方向と反対に倒れそうになることや、乗り物が急発進した際に、シートに押しつけられることで体験する。

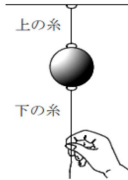
ア 単元の目標

- (ア) 探究するために必要な観察、実験等についての基本的な技能や、事象を分析するための基本的な技能を身に付けるようにする。 【知識・技能】
- (イ) 多角的、複合的に事象を捉え、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を養う。 【思考・判断・表現】
- (ウ) 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う。 【主体的に学習に取り組む態度】

イ 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
観察、実験等についての基本的な技能や、事象を分析するための基本的な技能を身に付けている。	多角的、複合的に事象を捉え、数学的な手法や科学的な手法などを用いて、探究の過程を遂行している。	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している。

ウ 単元の指導と評価の計画（7時間）

時間	ねらい、学習活動等	重点	記録	備考
1	【課題の設定】 ・上下に糸をつけたおもりをぶら下げ、下の糸を引いて糸を切る実験を観察し、気付きをワークシート等に記載する。 ・「上の糸が切れるときと下の糸が切れるときの違いは何か」に対して、個人で考えた後、その考えを他の生徒と共有する。	知	○	知：探究ノート 
2 3	【課題解決の過程】 ・前時までに計画した実験を行う。実験の方法や結果を、ノートやプリントに書き残したり、PCでデジタルデータとして整理したりする。 ・実験を振り返り、反省点や次回の実験に向けた課題を整理してまとめる。	思 態		思：レポート 態：レポート

※Google Jamboardを用いて気付きを共有する。
※次の工(イ)を参照

※考察した事柄を表計算ソフトにまとめる。
※次の工(ウ)を参照

4	【分析・考察・推論】 ・前時までに検証した実験の状況を、「上下の糸をそれぞればねとみなし、下のばねの下端を一定の速さVで下向きに引く」というモデルに置き換え、理論的に分析する。 ・運動方程式を、微分方程式に書き換えて数学的に処理し、そこから導かれる糸の張力と時間の関係性を考察する。	思	○	思：レポート
5 6	【新たな課題に対する探究活動】 ・理論によって予測される現象を検証するための実験を計画する。 ・実験を実施し、糸を引く速さと糸の切れ方の関係について調べる。	思		思：行動観察
7	【振り返り】 ・実験結果から分かったことについてグループで議論し、レポート等にまとめる。 ・探究における課題解決に主体的に取り組むことができたかなどを振り返る。	態	○	態：レポート

※Google Jamboardを用いて気づきを共有する。
※次の工(7)を参照

知：「知識・技能」 思：「思考・判断・表現」 態：「主体的に学習に取り組む態度」

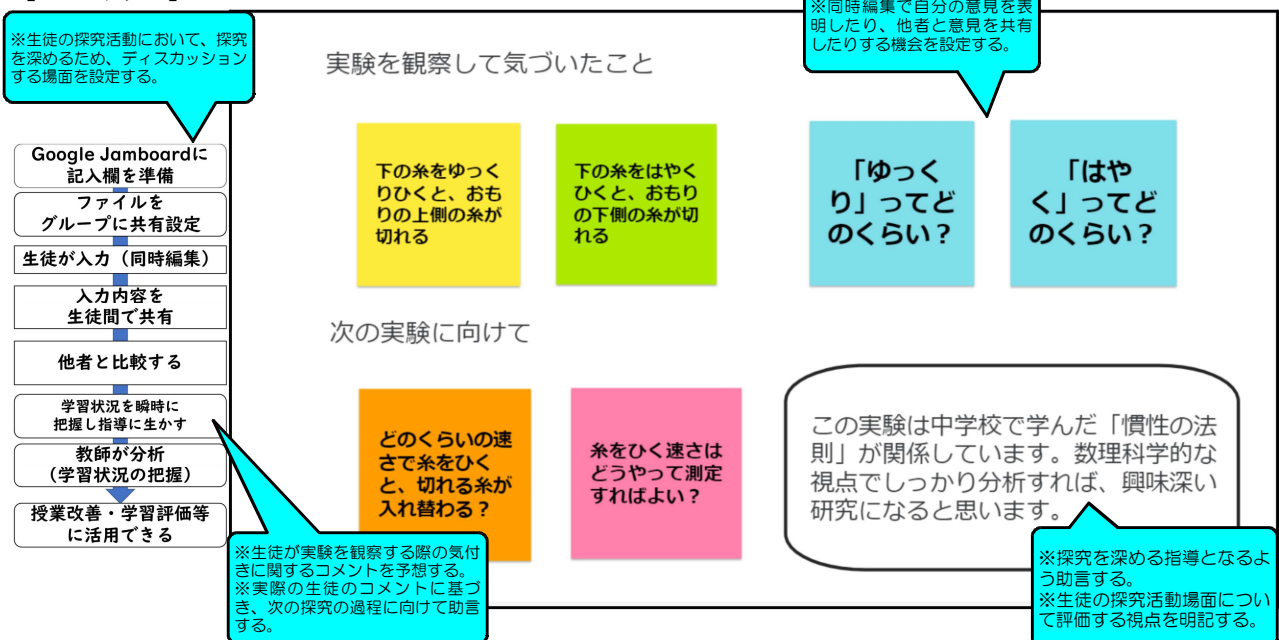
エ 授業改善につながる「指導に生かす評価」の工夫

生徒が探究的な学びを推進する上で、ICTの効果的な活用は有効な手段となる。生徒が思考を可視化したり、学習過程を記録したり、学びを振り返ったりする場面や他者と意見を共有しながら行う協働的な学びの状況を教師がリアルタイムに把握し、指導に生かすことができる。以下にその活用の例を示す。

(7) Google Jamboardを用いた考え方の共有の例

単元の指導と評価の計画の1・4時間目において、実験を観察し、ワークシート等に記載したり、実験結果から分かったことについてグループで議論する場面を想定し、「指導に生かす評価」の充実に向けて、Google Jamboardを用いて考え方を共有する例を示す。

【1時間目】



1 時間目の記載を踏まえて、学習の進め方（学習計画、学習方法、自己評価等）を自ら調整していくことができるよう指導することもできる。

【4 時間目】

※探究活動を行い、レポートとしてまとめるにあたり、ここまでの成果についてディスカッションする場面を設定する。

実験状況のモデル化

上下の糸をそれぞればねとみなし、下のばねの下端を一定の速さVで下向きに引く

おもりの運動方程式を立て、微分方程式に書き換えた

糸の伸びは時間とともに増加するが、単調増加しない

$$F = -AV\sin Bt + CVt + D$$

糸の張力の時間変化を表す式

伸びたり縮んだりを表す項

※1時間目の生徒のコメントに対して数理工学的な言葉を用いて表現していることを評価する。

- ・すばやく引いた場合、必ず下の糸が切れるわけではない
- ・切れ方の分かれ目はいくつかありそうだ

実際に理論のとおりになるか、検証する方法を考えてみましょう。
「ゆっくり」や「すばやく」などの日常的な言葉を、数理工学的な言葉で表現することができましたね。

※生徒が探究過程をととしてどのように変容したかを評価する。

Google Jamboardに記入欄を準備
ファイルをグループに共有設定
生徒が入力（同時編集）
入力内容を生徒間で共有
他者と比較する
学習状況を瞬時に把握し指導に生かす
教師が分析（学習状況の把握）
授業改善・学習評価等に活用できる

(イ) 表計算ソフトを用いたコメント機能の活用の例

単元の指導と評価の計画の2・3時間目において計画した実験について、ノートやプリントに書き残したり、PCでデジタルデータとして整理したりする場面を想定し、「指導に生かす評価」の充実に向けて、表計算ソフトを用いたコメント機能を活用する例を示す。

また、距離や時間を問わず、生徒の思考の過程や結果を可視化することにより、学びの質が高まり、深い学びにつながっていくことが期待される。

【2・3時間目】（レポートの1. 目的、2. 器具・材料、3. 方法、4. 結果は省略）

※今後の探究計画を立てるにあたり、本実験の結果についてディスカッションする場面を設定する。

1.	目的、2. 器具・材料、3. 方法、4. 結果 は省略
5.	気づき <ul style="list-style-type: none"> ・糸に力を加えると少し伸びてから切れるように見えた（生徒01） ・おもりが重い方が下の糸を切りやすかった、おもりと質量が関係しそうだ（生徒02） ・一定の速さで糸を引き続けるのは難しい（生徒03）
6.	検証方法の検討 <ul style="list-style-type: none"> ・糸が本当に伸びているのか動画撮影して、スロー再生してみる（生徒01） ・どうやって速さを測ればいいたろう（生徒03） ・簡易速度測定器を使って糸を引く早さを数値化してみる（生徒04） ・おもりの質量を何種類か用意して、同じ速さで糸をひいて比較する（生徒02） ・「ゆっくり」、「すばやく」という大ざっぱな分け方ではなく、どのくらいの速さで変わるかを測ろう（生徒04）

※他者の考察に対してリアルタイムに意見を共有したりする機会を設定する。

この現象には、糸の性質も関係していると思います。
糸をばねとみなして、「力と伸びが比例する性質をもつ」と仮定すると、理論的に分析できるのではないのでしょうか。

※相互評価やコメントを基に探究の内容を振り返り、次に何をすべきかを教師も交えて議論する。

※探究を深めるためのアイデアを出し合う。
※生徒が自分の意見を表明するとともに、他者の意見との交流により、次の探究活動の過程が形成される。

表計算ソフトに記入欄を準備
表計算ソフトをグループに共有設定
生徒が入力（同時編集）
入力内容を生徒間で共有
他者と比較する
学習状況を瞬時に把握し指導に生かす
教師が分析（学習状況の把握）
授業改善・学習評価等に活用できる