

科学的根拠に基づき、探究する資質・能力の育成

実践者 沖野 俊也, 真木 大輔, 山根 典之
愛媛大学研究パートナー 中村 依子, 中本 剛, 細田 宏樹, 向 平和

第1章 はじめに

理科では、従来「科学的な見方や考え方」を育成することが重要な目標として位置付けられてきた。しかし、変化の激しい未来に対応できるよう、2021年度から全面実施の学習指導要領では、「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する」ことに目標が変わっている。資質・能力を育成していくためには、学習過程の果たす役割が極めて重要であり、とりわけ理科においては、課題の把握(発見)・課題の探究(追究)・課題の解決という探究の過程を通じた学習活動が重要である。そこで、理科部では、2019年度からの研究サイクル(3年次研究)として中学校卒業段階の姿を「自然や人と主体的に関わり、理科の見方・考え方を働かせながら、科学的根拠に基づいて探究することのできる生徒」と設定し、主題を「科学的根拠に基づき、探究する資質・能力の育成」をテーマに研究を進めてきた。

これまでの1・2年次における研究の成果(○)と課題(●)は以下の通りである。

- 学校全体で行っている言語技術教育の手法をペア・グループ学習などの「対話的な学び」に取り入れることで話し合いが活性化され、生徒の理解を深めさせることにつながった。
- ロイロノート・スクール(以下、ロイロノート)や、一人一台端末(2019, 2020はグループに一台)を用いて、他のグループと結果や考察の交流を行った結果、「対話的で協働的な学び」が充実した。
- 生徒の振り返りの内容が単なる感想のような表層的なものや、学習のキーワードを使った限定的な文脈で終わっているなど、探究の学習過程が主体的(自分事)になっていない生徒がいるのではないかな。

3年次研究の今年次は、2年次研究に引き続きよりよい在り方を探っていきたいと考え、本テーマで研究を続けることにした。私たち3名がどのように「科学的根拠に基づき、探究する資質・能力の育成」を目指したのか、表1に示す。

表1 理科における各個人研究テーマと実践を行った単元

	実践者	個人研究テーマ	学年	単元名
その1	沖野 俊也	一人一人の「探究する資質・能力」を伸ばす指導の工夫 —三角ロジックモデルを用いた授業を通して—	1年	「音の世界」
その2	真木 大輔	科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成 —「鍛える授業」から「自ら学ぶ授業」へ—	3年	「生物の成長と生殖」
その3	山根 典之	自然の事物・現象を探究する授業展開の工夫	1年	「音の世界」

以上のような個人研究テーマを基に、持続可能な社会を支える生徒の将来の姿に思いを馳せながら、資質・能力を高めるための研究を行った。

第2章 研究の実際

研究（その1）

一人一人の『探究する資質・能力』を伸ばす指導の工夫 —三角ロジックモデルを用いた授業を通して—

（実践者）沖野 俊也

1 研究テーマ設定の理由

生徒は学習のペースや興味・関心は様々だが、一人一人が探究しようとする資質・能力を持っている。その資質・能力を伸ばすために、理解したことを自分の言葉にする楽しさや意義を実感することができる授業づくりを目標とした。また、創造的に探究する力が必要とされる今日、多面的・多角的な見方・考え方を汎用する能力を身に付けることは持続可能な社会の実現に貢献する実践者となる上で大切なことである。物事を多面的・多角的に捉え、根拠を基に判断・実践していく生徒の育成を目標として本研究テーマを設定した。

2 研究の内容及び方法

＜三角ロジックモデルの利用＞

授業を進める中で、実験結果から実験データを提示することができても理由づけがうまくできない生徒が多くいることを感じていた。そこで、自他とも納得する論理を組み立てる力を育成するために、国語科で学ぶ三角ロジック（三省堂の中学1年生用の教科書『現代国語Ⅰ』）の概念を用いた。三角ロジックは論証のモデルで、図1のようなトゥールミン・モデル（トゥールミン 1958/2003）の左側の部分である。理由付けを明らかにすることは、データと証拠を解釈し、現象を科学的に説明する学問である理科の特性に合っている。自他の主張の事実と理由づけを考察することは汎用的スキルとして持続可能な社会の実践者の育成にも効果があると考えた。また、個々の資質・能力を引き出すためには一人一人の役割を大切にし、全員の意見を共有、分析することが大切である。そこで、実験形態の工夫（一人一実験）や教育支援アプリの有効活用を行った。また、家庭でやるべき事が多く、余裕がない生徒がいることも事実である。すべて授業内で行う前提のもと、基本的内容と応用的内容、パフォーマンス課題等をバランス良く行い、授業内で学習内容が理解できる工夫を行った。

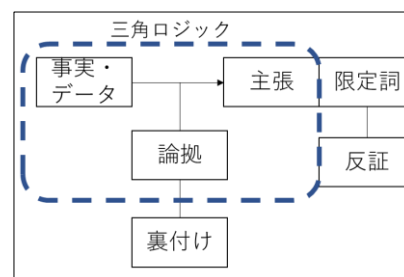


図1 トゥールミン・モデル

3 研究の実際

(1) 単元名

音（第1学年）

(2) 指導の計画

＜本質的な問い＞

なぜ音はいろいろな聞こえ方をするのか。

＜永続的な理解＞

音が伝わるには振動する物体が必要であり、空気も音の振動を伝えている。音の振動はオシロスコープなどで波形として観察することができる。波形の振幅は音の大きさ、振動数は音の高さ

を表し、大きい音ほど振幅が大きく、高い音ほど振動数が多い。日常で耳にする音は単純な波形が複雑に重なり合っている。そのため、我々は様々な大きさ、高さ、音色の音を聞いている。人間が聞きとれる振動数には限界があり、聞きとれない高い音は超音波として生活の中で役立っている。

<総括的評価の方法>

パフォーマンス課題	その他の評価方法
あなたは「附属学校園の歌」の制作委員になりました。制作委員には小学生もいます。曲は明るい感じのハ長調にしようということになりました。曲を制作しているときに、同じ委員の小学生に「そもそも音はなぜいろいろ違って聞こえるのですか。」と質問されました。以下の点に触れながら説明してあげてください。 ①音の発生のしくみ ②音の大きさと高さのしくみ ③ハ長調の主要和音のドミソがきれいに響くしくみ	○課題追究状況の観察 ○三角ロジックモデルの記述 ○単元別テスト

<パフォーマンス課題のルーブリック>

	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
A	音の大きさは振幅の幅、音の高さは振動数の多さに関係していることについて正しく理解している。	①②を大きさと振幅、高さと振動数の相互関係について分かりやすく表現している。③を倍音と関連付けて分かりやすく表現している。	協和音がきれいに聞こえる理由などを音楽と理科の見方・考え方で捉えることができています。
B	音の大きさや高さは振幅と振動数が関係していると理解している。	①②を振幅と振動数に触れて表現できている。③を振動数の違いに触れて表現できている。	協和音がきれいに聞こえる理由を理科の見方・考え方で捉えることができています。
C	音の大きさや高さは振幅と振動数が関係していることを理解できていない。	①②を振幅と振動数に触れて表現できていない。③を振動数の違いに触れて表現できていない。	協和音がきれいに聞こえる理由を理科と音楽のどちらの見方・考え方で捉えることができていない。

(3) 指導の実際

ア 主題

音楽を理科いしうードミソの秘密ー

イ ねらい

○協和音がきれいに聞こえるとされる理由を振動数と関連付け、興味・関心を持って課題解決に取り組むことができる。

○音楽を科学的に分析することによって音楽と理科をつなげて考えることができる。

ウ 展開

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ・予想される生徒の反応	○指導の工夫 ○評価規準（評価方法）
1 学習課題 （全体）	3	○（ピアノを弾く）どう聞こえますか。 ・きれいに聞こえる（協和音）。 ・違和感がある（不協和音）。 ○音の重なりがきれいに聞こえるのはなぜでしょう。	○理科と音楽科での既習事項を用いた学びを意識させるために音楽室で授業を行った。
学習課題：ドミソの和音がきれいに聞こえるのはなぜか			
2 解決の見通し （個人→全体）	10	○「理由付け」を予想し、解決するための見通しを立てよう。 課題を解決するためには何を調べればよいだろうか ・ドレミファソラシドそれぞれの振動数を測定しよう。 ・ドミソの振動数を比較してみよう。	◎音を振動数と捉え、調べる方法を見いだそうとしている。（観察・ノート）
3 課題の追究 （個人、小集団）	27	○協力して課題の解決に向かおう。 〈道具〉ピアノ、iPad 内のアプリ（サウンドオシロスコープ、計算機）等 ○必要な振動数を計測してみよう。 ○振動数を持ち寄って考察してみよう。 ・誤差があるのではないか。 ・不協和音と比較してみよう。	○根拠を明らかにして答えを出すために三角ロジックの「理由づけ」を意識させた。 ○課題への解決の糸口とするために、ヒントを提示した。



	〈ヒント〉 ① 2オクターブ下のドの振動は何Hzだろうか。 ② 純正率で計算してみよう。 〈解答例〉 ドミソはどれも2オクターブ低いドの倍音になっているその比は4:5:6である。つまりドミソがきれいに聞こえるのはドミソの振動数が数学的にきれいな関係になっていて、波形が調和するから。 ○今の「理由付け」を発表しよう。 ○音楽科の先生の話聞こう。 ○三角ロジックと感想を振り返って書いておこう。 ・音楽と理科の内容が結びついたことが面白かった。 ・きれいな響きに聞こえる理由に科学的根拠があるのが面白かった。	○より正確な値で考察するために、計測値には「誤差」を考慮しなくてはならないことを意識させた。 ◎和音の響きについて三角ロジックを用いて説明している。 (ノート) ○深い学びにつなげるために協和音と不協和音について説明をした。 ◎理科と音楽科の学びをつないで考えている。 (ノート)
4 振り返り (全体)	10	

エ 授業後の生徒の感想より

- ・和音がどうやって成り立っているのかなんて考えたこともなかった。振動数を測り、気付いたポイントを合わせて考えるというのがとても面白かった。実験を繰り返すことで誤差ではないかと疑うようになり、平均律と純正律にたどり着いて、ついに簡単な数字の比という答えが出た。皆で協力して導き出せて楽しかった。
- ・身近にある音楽と理科に関わりを持っているのが面白かった。もしかしたら、音に関する他のことも法則があるのかもしれないと思った。
- ・始めは戸惑ったけれど、対象となるもののデータをとって比較することで関係性や規則性が見えてくることが分かった。今後、日常でも基準と比較して答えを導き出すという手法を使っていきたい。
- ・実験データに誤差を踏まえて考えるのが難しかった。また、比で表すという考えにたどり着くまでにいろいろ試行錯誤して考えることで、より理解が深まっていったので良かった。

和音がきれいに響く倍音の概念自体は音楽科でも理科でも中学校では取り扱わない内容だが、今までに学習した音の知識を生かすことができれば到達可能なものである。生徒は日常で疑問を持たずに聞いていた和音の不思議に興味を持って授業に取り組んだ。この授業で生徒はこれから出会う音と振動をつなげて考えることができるのではないだろうか。本校の音楽科教員からも「生徒が音の重なりが響くことの原理を知ること、音への意識も変わり、合唱等のこれからの授業につなげることができるので有効な授業である。」との感想をいただいた。また、参観者に「理科と音楽と日常をつないだ合同授業が新鮮で面白く、是非やってみたい。」「深く学ぶこと、自主的に学ぶこと、教科横断への取組が参考になった。」「理由づけは考察で行うことなので特に型にはめる必要はないのでは。」等の課題を含め多数の意見をいただいた。

(4) 生徒の学びの実際

図2は、後日行ったパフォーマンス課題の生徒記述である。このように三角ロジックモデルの理由づけの部分をおののことで書こうとしている生徒が多かった。また、課題解決やまとめる場面で事実と理由づけを分けることにより、自然に思考の整理ができ、何をはっきりさせるべきなのかが明確になっていると感じた。しかし、この段階では三角ロジックモデルの主張・事実・理由づけの区別がまだはっきりとできていない生徒もいた。

主張 ドミソの和音はきれいに聞こえる。

理由づけ ドレミファソラシドの各純正律は2オクターブ下のドの純正律=A→ドミソだけが整数になった。

事実 ドレミファソラシドの各純正律は2オクターブ下のドの純正律=A→ドミソだけが整数になった。

平均律と純正律 (Hz)

	平均律	純正律
ド	261.6	264.0
レ	293.6	297.0
ミ	329.6	330.0
ファ	349.2	352.0
ソ	392.0	396.0
ラ	440.0	440.0
シ	493.8	495.0

2オクターブ下

	平均律	純正律
ド	65.4	66.0

図2 パフォーマンス課題の生徒の解答例

3年生では、対話的な活動の充実を図るためにロイロノートを利用した（図3）。生徒一人一人が自分の考えを可能な限り表現して、同じ課題に取り組んでいる学級や学年の仲間と意見を共有することができる場が充実した。一人一人の意見を可視化することができるので、効果的なツールであった。

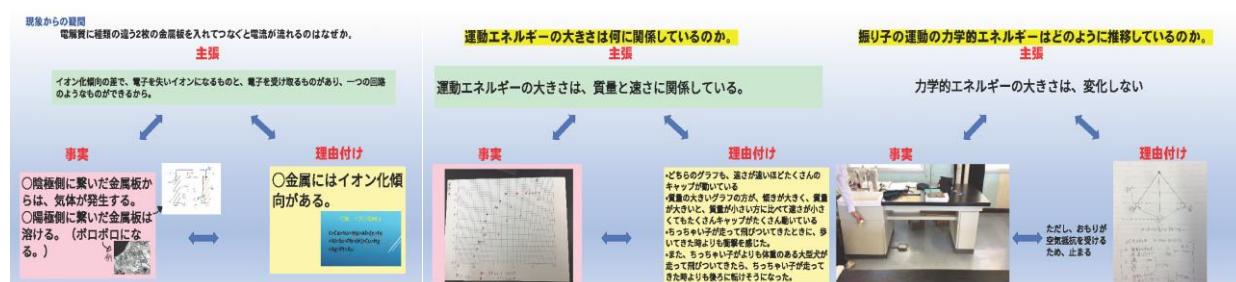


図3 ロイロノートを利用した三角ロジックモデル

4 成果と課題

表1 三角ロジックについてのアンケート

3年生 126名、令和3年10月実施（授業で三角ロジックの概念を学び始めてから）

三角ロジックを意識することで思考・表現の仕方が変化しましたか	変化した	83.5%	変化しない	4.7%	どちらともいえない	11.8%
三角ロジックを意識することで発表・討論の仕方が変化しましたか	変化した	74.4%	変化しない	5.6%	どちらともいえない	20.0%
三角ロジックの考え方は学びを深いものにする上で大切だと思いますか	大切だ	90.6%	大切ではない	0.7%	どちらともいえない	8.7%

表1の生徒のアンケートより、生徒の多数が三角ロジックモデルを用いることの有効性について実感していた。「主張と事実の結び付けをする役割の理由づけが上手くできれば、思考自体がより確かなものになる。」「曖昧な主張やエビデンスに基づいていない主張ができないため、課題について深く考えるようになった。」等の肯定的な意見が多かった。理科では、現象などの問いに対して日常生活の中で得た経験的知識と類推で仮説が作られ、その仮説を検証するために実験観察が行われる。つまり目的を明確にした実験によって事実をつくり出す。事実・データを分析・解釈する際の理由づけは最初は誤った概念であることもあるが、授業で得た科学的概念を適用していくことで、より確実性の高い新しい仮説や主張になっていく。従って、理科の授業で三角ロジックモデルを用いる有効性は高いと考える。また、三角ロジックモデルは習得・活用・探究のどの段階でも適用することができ、生徒の学習目的に合った用い方をすることができた。以上のことにより、授業で三角ロジックモデルを利用することは、現象を理解し、根拠を示して説明し、新たな疑問を持つ過程を自らつくり出すことのできる生徒の育成、つまり「探究する資質・能力」の育成に成果があったと言える。

生徒と研究授業参加者からのアンケートを参考にした今後の課題として「年間を通してロジックモデルを用いた実践計画を立案すること。」「理由づけを意識するモデルの必要性について再検討すること。」「が挙げられる。これらの課題を検証していくにあたり、ツールミン・モデルを発展させた対話型論証モデル（松下 2021）を利用していきたいと考えている。更にロジックモデルの研究を深め、生徒の納得感が高まる授業を行っていきたい。

参考文献

- ・鶴田 清司(2017)「論理的思考力・表現力を育てる三角ロジック」図書文化
- ・西岡加名恵(2016)「資質・能力を育てるパフォーマンス評価」明治図書
- ・松下 佳代(2021)「対話型論証による学びのデザイン」勁草書房
- ・森本 信也(2020)（編著）「授業で語るこれからの理科教育」東洋館出版社