

科学的な見方や考え方を育てる指導の在り方  
- 物理 A 「音と耳」を通して -

棟田 陽

はじめに

高等学校理科の目標には、自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育て、自然の事物・現象についての理解を深めることが掲げられている。

しかし、これまでの私の授業を振り返ってみると、知識注入型で、生徒の探究活動を中心とした指導を取り入れることが少なかったため、物理に対する興味・関心や学習意欲を高めることができず、また、科学的な見方や考え方を十分養うことができていなかった。

今回の学習指導要領の改訂で、物理 Aが新設された。この科目の特徴は、日常生活と関連の深い教材を取り上げ、探究活動を行いやすいように構成されていることである。所属校では、1年生に、この物理 Aを履修させることになった。

そこで、物理 Aの授業において、身近な現象を教材として取り上げ、主体的な探究活動を取り入れた指導を行えば、物理に対する興味・関心や学習意欲が高まるとともに、科学的な見方や考え方を育てることができると考え、本研究を行った。

## 1 主題設定の理由

物理のおもしろさは、新しい物理現象を発見したり、何らかの物理現象をこれまでの法則を使って説明したり、また、新しい法則を見つけたりすることにある。そのためには、現象を科学的に見たり考えたりする力が必要である。

物理で科学的な見方や考え方を育てるためには、まず、物理に対して興味・関心を持たせることが必要である。

所属校第1学年2クラス80名を対象に、物理に対する意識調査を行った。これによると、「物理の内容は好きです」、「物理の内容に興味・関心があります」という質問に対して、それぞれ、65.0%、67.1%の生徒が否定的な回答をしている。このように、物理に対して興味・関心が薄いことは、学習意欲が高まらず、科学的な見方や考え方が育ちにくい状況にあるといえる。

物理に対する興味・関心や学習意欲を高めるためには、教材として身近で親しみやすい内容を取り入れる必要がある。また、科学的な見方や考え方を育てるためには、自分で考えたり、観察・実験を行ったりする活動を十分に取り入れる必要がある。以上のことを行いやすい科目として、物理 Aがある。

物理 Aでは、日常生活とのかかわりの深い教材を取り上げ、探究活動を行うことにより、物理の学習に対して興味・関心を高め、意欲を持って学習に取り組ませることで、科

学的な見方や考え方を育成することが求められている。内容は、基本的な項目にとどめて、探究活動を行うことに重点が置かれている。また、パソコンを探究活動の知的な道具として、位置づけることが期待されている。

本研究では、物理 Aにおいて、日常生活と関連の深い教材を取り上げ、主体的な探究活動を行わせれば、物理に対する興味・関心や学習意欲が高まり、科学的な見方や考え方が育つであろうと考え、主題を設定した。

## 2 研究の基本的な考え方

今回の研究において「主体的な探究活動を通して、科学的な見方や考え方を育てる」とは、次のように考える。

主体的な探究活動を通して、科学的に探究する能力や態度を身に付けさせるとともに、事象を科学的な見方や考え方に基づいて理解させる。

### (1) 主体的な探究活動について

探究活動の流れの一例を図1に示す。主体的な探究活動とは、自分で問題を発見し、自分で研究計画を立てていくように、自分の力で「問題の発見」から「まとめ」までを行う探究活動のことを指す。

問題の発見	………	日常生活や授業で、調べてみたいことを発見する。
問題の把握	………	発見した問題について、分析したり、総合的にとらえたりして、何を調べたいのかを明確にする。
研究計画の立案	………	器具、装置などを準備し、観察、実験の手順を決定する。予備実験を行う。
データの収集	………	観察、実験を行い、データを収集する。
データの処理	………	データを整理し、表やグラフを作る。
データの考察	………	データから考えられることを列挙し、推論する。疑問が残れば、さらに観察、実験を行い推論したことを確かめる。
まとめ	………	研究をレポートにまとめる。

図1 探究活動の流れ

### (2) 科学的に探究する能力と態度について

探究活動においては、身に付けている科学的に探究する能力と態度を駆使することが期待される。そして、それらを駆使することにより伸長することが期待できる。

科学的に探究する能力と態度には、いろいろな要素があるが、今回の研究においては、

表1<sup>1)</sup>に示すような能力を発揮することが期待され、また、表2<sup>2)</sup>に示すような態度を現わすことが期待される。

表1 科学的に探究する能力

観察力（観点を決めて観察する力）
分析力（現象をいくつかの要素に分けて分析する力）
類推力（ある現象を別な現象の類似点によって、推考する力）
比較力（いくつかの現象を比較し、類似点や相違点を見つける力）
創造力（新たな発想を創り出す力）
帰納的推理力（個々の事実から一般化を行う力）
文献調査能力（探究活動に関することを文献で調べる力）

表2 科学的な態度

周囲の事象に興味・関心を持つ。
科学的な様式で説明しようとする。
物事を懐疑的、批判的にとらえる。
正確さを尊重する。
問題解決の可能性を信じ、あきらめない。
実験的に検証しようとする。
軽々に、判断をしない。
数量化して、考えようとする。
人の理解を得るための説明を工夫する。

### 3 授業の設計と教材の開発

#### (1) 授業の設計

今回の授業では、物理に対する興味・関心を高めるために、身近な教材として「音」を取り上げた。

生徒が学習する音に関する基本事項は、音の大きさ、音の高さ、うなりの3項目にとどめ、この学習の後に探究活動を行った。

探究活動を行う上で最も大切なことは、生徒が興味・関心を持って行える教材を扱うことである。内容に興味・関心がわかなければ、主体的に探究活動に取り組むことはできず、探究活動の成果を十分に上げることはできない。

しかし、私がこれまで指導してきた探究活動は、こちらから問題を提示し、生徒全員が同じ実験をする、図1の問題発見の部分を欠いた形式であった。この形式では、本当に生徒が興味・関心を持った実験かどうかわからない。また、問題発見の能力は養われず、生徒の自由な発想を生かすことができない。

そこで、今回は、生徒自身にテーマを決定させ、実験方法等も考えさせることで、生徒がより意欲的に取り組める探究活動を行わせることにした。

#### (2) 教材の開発

音を素材とした探究活動を行うには、オシロスコープ（音の波形をみる機器）とスペクトルアナライザ（音に含まれる振動数を調べる機器）が必要であるが、これらの機器を生徒全員の探究活動を行う台数だけそろえることは不可能である。しかし、パソコンを使い、ソフトウェア、ハードウェアを開発することにより、これらの機器と同等に働くシステムを必要な台数だけそろえることができる。

そこで、パソコン教材の開発を行い、それを活用することにより、主体的な探究活動を行いやすくした。

## ア 計測システムについて

パソコンで音の計測を行うために、図2のような計測システムを考えた。

探究活動を行う上で、計測システムに必要なことは、準備・設置がやすく、生徒が使いやすいことである。そのため、

A/Dコンバータ、増幅器、マイクすべてを小型化した。

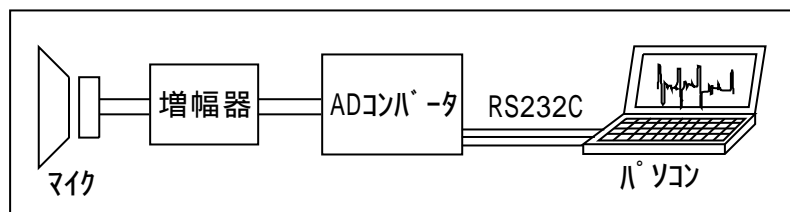


図2 音の計測システム

ここで、A/Dコンバータとしては、RS232C端子に接続できるパピー製販株式会社のAD-232を用いた。このA/Dコンバータは、61×93×25(mm)と小型であり、5Vの電源を出力しており、増幅器も小型化できるため、今回の計測システムには、最適なA/Dコンバータである。

増幅器は、OPアンプLM2904を用いて作成し、大きさは、30×40(mm)と小型化できた。

マイクは、コンデンサマイク（直径8mm）を使用した。

以上のA/Dコンバータ、増幅器、コンデンサマイクを一体化し、全体の大きさが170×61×25mmと大変小型の、音の探究活動に非常に使いやすいシステムにできあがった。

## イ ソフトウェアについて

パソコンをオシロスコープ、スペクトルアナライザとして使えるようなソフトウェアを開発した。このソフトウェアは、データを取り込む部分はアセンブラ言語で作成し、その他の部分はC言語で作成した。アセンブラ言語を使うことにより、ほとんどのパソコン機種で、サンプリング時間を260μs~280μsとすることができた。オシロスコープ、スペクトルアナライザとしての機能の概要は次のとおりである。

### (ア) オシロスコープとしての機能

オシロスコープとは、電気信号の大きさや波形を観測する装置である。このソフトウェアでは、一般のオシロスコープの機能の他に、一時停止機能を持たせることにした。この機能により、音の波形を画面に固定することができ、探究活動が非常にやりやすくなっている。また、画面をプリントできる機能を持たせたので、プリンタの使い方をしっかり習得させれば、実験結果をその場で残すことができる。図3は、音声「あ」の波形をプリントしたものである。

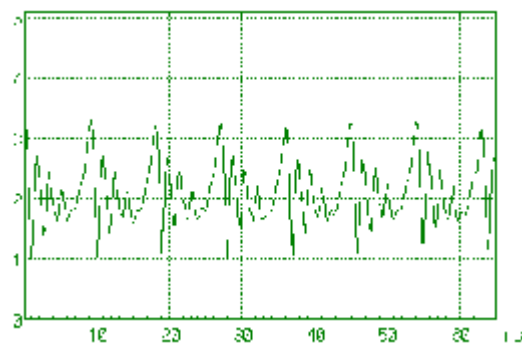


図3 音声「あ」の波形

#### (1) スペクトルアナライザとしての機能

スペクトルアナライザとは、音のスペクトル分布を調べる機器である。作成したソフトウェアでは、オシロスコープでのデータを高速フーリエ変換することで、音に含まれる振動数がすばやく分かるように作られている。そのため、音に関する探究活動をより深く行うことができる。図4は、音声「あ」のスペクトル分布を示したものである。

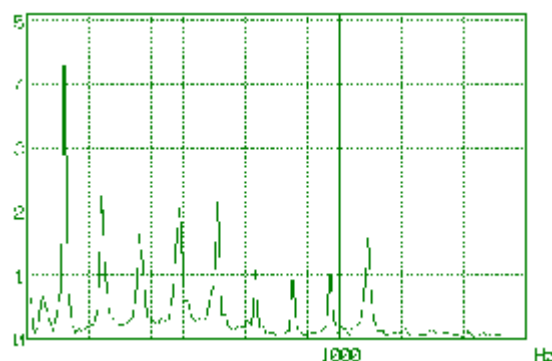


図4 音声「あ」のスペクトル分布

#### 4 研究の仮説

物理 Aにおいて、日常生活と関連の深い教材を取り上げ、主体的な探究活動を行わせれば、物理に対する興味・関心や学習意欲が高まり、科学的な見方や考え方が養われるであろう。

#### 5 検証の視点と方法

検証の視点		方法
視点 1	主体的な探究活動を行ったか。	研究レポート
視点 2	物理に対する興味・関心や学習意欲は高まったか。	事前・事後アンケート，感想文
視点 3	主体的な探究活動を通して，科学的な見方や考え方は養われたか。	事前・事後アンケート，研究レポート，感想文，教師観察

#### 6 検証授業の計画と実施

- (1) 実施期間：平成6年6月2日～6月24日
- (2) 対象：所属校1学年 2クラス80名
- (3) 単元：物理 A「音と耳」
- (4) 指導目標

- ・音の強弱，高低を理解させる。
- ・音に関する探究活動を行うことにより，物理に対する興味・関心や学習意欲を高める。
- ・音に関する探究活動を通して，科学的な見方や考え方を養う。

(5) 指導計画

		学習内容	生徒の学習活動	支援	評価
第一次 1時間	パソコン の操作	・パソコンの 使い方	・音を取り込む活動を行っ て、パソコン、ソフトウェ アの使い方を習得する。	・机間指導を行い、質 問を受ける。	・パソコン、計測器 操作方法の理解
第二次 3時間	音の基本 的事項の 学習	・音の大きさ ・音の高さ ・うなり	・音の大きさと波形の違い の観察 ・音の高さと波形の違いの 観察 ・振動数 ・うなりについての学習	・音の大きさ、高さに ついて、データを分 析、比較しながら実験 できるようにする。 ・音の高さを数値的に 扱えるようにする。	・実験での条件統一 の理解 ・現象の分析力、比 較力、数量化への 力、音の大きさ、高 さについての理解
第三次 3時間	班ごとの テーマ別 探究活動	(第1時) ・テーマ及び 実験計画の決 定	・班ごとに、テーマ及び実 験計画を決定 (テーマ、実験の目的、実 験の方法等の決定) ・予備実験の実施	・探究活動の例として いくつかのテーマを例 示する。	・音に対する関心 ・探究活動への意欲 ・観察、実験の計画
		(第2時) ・観察、実験	・テーマ別実験	・助言は最小限にとど め、生徒の自主的な活 動を見守る。	・音に対する関心 ・探究活動への意欲 ・実験の工夫
		(第3時) ・まとめ	・探究活動のまとめ	・まとめ方の例を示 す。	・探究活動に必要な 能力、態度(研究レ ポートによる)

7 検証授業の結果と分析および考察

(1) 検証の視点1について

主体的な探究活動を行ったか。

表3は、生徒が行った探究活動のテーマである。そして、表6(表7)に、表3の中の探究活動 ~ についての内容を示した。

表3の探究活動の多くは、図1の「問題の発見」から「まとめ」までの全過程を生徒自身の力で行っている。このことから、生徒は主体的な探究活動を行ったと言える。

これは、「音」を素材としたことがいろいろな問題を見つけやすかったことと、開発したパソコン教材により、問題解決の見通しを立てやすかったためと考える。

表3 生徒が行った探究活動のテーマ

- ・声の振動数の範囲(探究活動)
- ・音声の合成(探究活動)
- ・和音の合成と振動数の分析(探究活動)
- ・リコーダーの音の振動数(探究活動)
- ・声の高さの違いによるスペクトルの違い
- ・口を閉じたときと開いたときのスペクトルの違い
- ・母音のスペクトル分析
- ・ラの音の振動数
- ・キーボードの音の振動数
- ・手をたたいたときに出る音の振動数
- ・風の音の振動数

(2) 検証の視点2について

物理に対する興味・関心や学習意欲は高まったか。

検証授業後に、「これまでの授業を受けて、音に対して興味・関心が高まりました」の

質問を行った結果、66.6%の生徒が興味・関心が高まったと回答している。

図5は、検証授業前後での生徒の物理に対する興味・関心の意識変化を4段階評定尺度法の平均値で表したものである。各質問に対して、肯定的な回答が増加している。

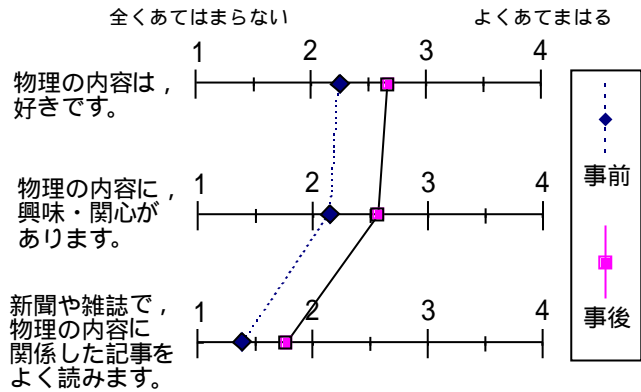


図5 物理に対する興味・関心の意識調査

以上の結果から、音や物理全体に対する興味・関心がわずかながら高まったと考えられる。

さらに、検証授業後に、「これまでの物理の授業は楽しかったです」という質問を行った結果、93.2%の生徒が「楽しかった」と回答をしている。

表4に授業後の生徒の感想文の一部を示す。感想文にも「授業が楽しかった」、「コンピュータを使えて楽しかった」の回答が多く見られたが、単に楽しかっただけではなく、音や物理全体に対して興味・関心の高まったと考えられる回答が多く見られた。

表4 興味・関心に関する感想文

- ・初めて、物理が楽しいと思った。
- ・スピーカーについて、もう少し勉強したい。
- ・音というのは、奥が深いと思った。一度、音になって、空気中を伝わってみたい。
- ・ふだんの生活のなかで、音というものを意識し始めた。
- ・今回は、比較的簡単なテーマだったので、今度は、少し難しいテーマをやりたい。
- ・声は1つの音からできていると思っていたが、たくさんの振動数の音が含まれていて、びっくりした。
- ・人間の脳はどのようにして働いて、音を聞き分けているのか、考えるようになった。
- ・プラスバンドの活動中、他の人と同じ音を出していたとき、変な音に聞こえることがあったけど、あれはうなりだったのか。

図6は、検証授業前後での生徒の物理に対する学習意欲を4段階評定尺度法の平均値で表している。各質問に対して、肯定的な回答が増加している。

このことから、学習に意欲的に取り組もうとする生徒が増えたことが分かる。

また、表5は感想文の一部である。これらの感想文に見られるように、さらに知りたい、理解したいという気持ちが行動に表れ、学習意欲の高まりが見られる。

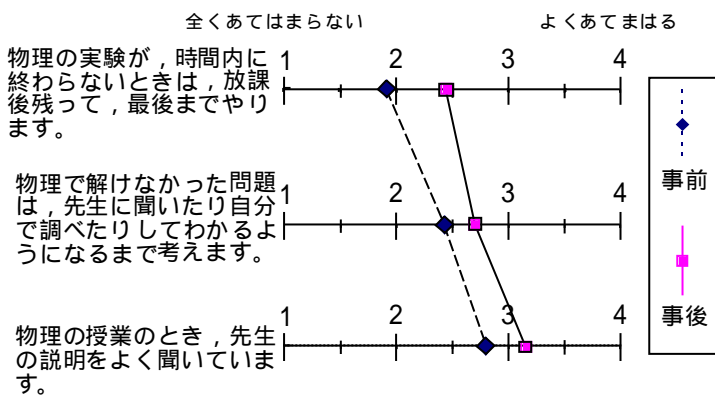


図6 学習意欲に関する意識調査

また、最後の感想文は、今回の授業を通して期待していた生徒の姿を示している。

表5 学習意欲に関する感想文

・家で、音の出ているスピーカーのコーンにさわって、振動するのが実感できた。  
 ・実験で、最初、リコーダーの出せる音の最大、最小の振動数だけを調べようとしたが、おもしろいので、リコーダー全部の音階について、振動数を求めた。  
 ・音階の振動数は、誰が決めたのかと思い、図書館でいろいろな本を読んだが、わからなかった。しかし、いろいろな物理の本を読むうちに、音についてどんどん理解できてきた。

今回の形式の授業展開では、知識を与えることは十分ではないが、意欲的に自分自身で学習することにより、知識面も充実していくことが分かった。

以上のことを総合的に判断すると、物理に対する興味・関心や学習意欲は高まったと言える。

(3) 検証の視点3について

主体的な探究活動を通して、科学的な見方や考え方は養われたか。

「主体的な探究活動を通して、科学的な見方や考え方が養われたか」は、研究の基本的な考え方に従って、次のように考え、3つの視点で考察する。

主体的な「音」に関する探究活動を通して、科学的に探究する能力・態度を身に付けることができ、音の大きさ、高さを科学的な見方や考え方に基づいて理解できる。

ア 探究活動において、科学的な能力は身に付いたか。

表6は、探究活動～を通して発揮することが期待される科学的な能力である。そして、表7に、各探究活動～を通して発揮した能力について示した。このように、生徒は様々な科学的な能力を発揮しながら探究活動を行っている。これらの能力は、既に形成されていた能力を探究活動の場面に応じて応用したものであったり、新しく習得したりした能力である。科学的な能力は、活用することで伸びていくものである。今回、探究活動の場を設定し、これらの能力を発揮できたことから、科学的な能力は育ったと言える。

表6 探究活動において発揮することが期待される能力

探究活動	内容	発揮することが期待される能力						
		観察力	分析力	類推力	比較力	創造力	帰納的推理力	文献調査能力
人の声の出る振動数の範囲を調べる研究	波形、スペクトルの観察	低い音、高い音の分析			低い音と高い音の比較	実験の工夫等		考察での文献調査



	数台の発振器を使い音声の合成を行う研究	スペクトルの観察	音声の違いの分析		音声と合成した音声のスペクトルの比較	実験の工夫等		考察での文献調査
	リコーダーでドミソの和音を合成し、波形を観察し、振動数を測定する研究	波形、スペクトルの観察	一つの音と和音の分析	うなりからの類推	他の和音との比較	実験の工夫等		考察での文献調査
	リコーダー全部の音の振動数を求める研究	波形、スペクトルの観察	音階の分析			実験の工夫等	全音と半音での振動数の変化	考察での文献調査

表7 探究活動において発揮された科学的な能力

	探究活動の内容	能力	内容
探究活動	人間の声が出せる振動数の範囲を調べる研究	分析力	音声に含まれる振動数について分析した結果、発生している振動数が一定間隔になっていることに気づいた。
		比較力	高い「あ」と低い「あ」のスペクトル分析をして、音に含まれる振動数の間隔が、高い声では200Hz、低い声では100Hzであることを数値的に出して比較した。
探究活動	数台の発振器を使い、音声の合成を行う研究	創造力	教師が例示しない新しいテーマを考えた。
		類推力	2音のうなりと音声のスペクトル分析をみて、数台の発振器で音声合成できると考えた。
		分析力	母音に何Hzの振動数の音が含まれているのか、分析した。
		比較力	合成した音声と自分の音声を比較しながら実験を進めた。
探究活動	リコーダーでド・ミ・ソの和音を作り、オシロスコープで波形を観察し、スペクトルアナライザで振動数を測定する研究	創造力	教師が例示しない新しいテーマを考えた。
		類推力	一斉授業では2音のうなりしか行っていないが、和音を2音のうなりの波形から類推し、和音がうなりであることに気づいていた。
		分析力	スペクトルアナライザでド、レ、ミの1つの音だけの振動数を測定した後、この和音の振動数を測定した。
探究活動	リコーダー全部の音階について、振動数を求める研究	創造力	教師が例示しない新しいテーマを考えた。
		分析力	リコーダーの出せる音の全部の振動数を調べ、振動数の変化が全音と半音で、異なっていることに気づいた。そして、全音と半音における振動数の変化の平均を求めた。
		文献調査能力	求めた全音と半音における振動数の変化の平均を文献と比較して考察した。

イ 探究活動を通して、科学的な態度は身に付いたか。

図7は、検証授業前後での生徒の科学的態度に関する意識を4段階評価尺度法の平均値で表している。各質問は、表2の科学的態度の～の項目にそれぞれ対応している。これらの質問に対して肯定的な回答をした生徒が増加しており、科学的態度に関する意識の高まりが見られる。

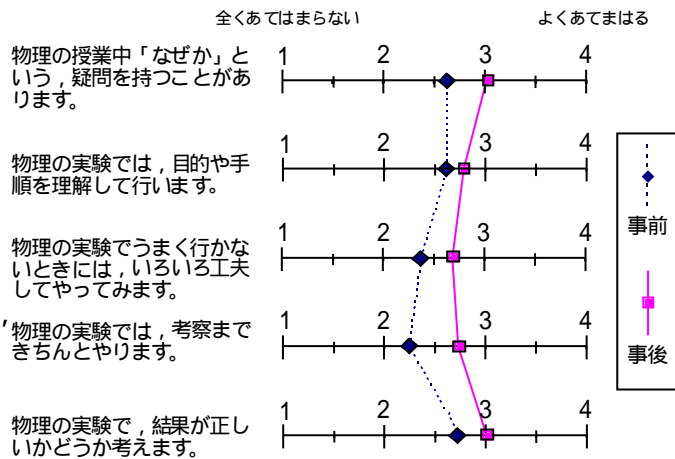


図7 科学的な態度に関する意識調査

また、表8は研究レポート・授業後の感想文の一部である。表9は、探究活動中に見られた生徒の態度を記している。

これらの回答および態度は、図7の質問項目と同様、表2に示した科学的態度の各項目と対応している。これらの態度は、教師が特別な指示をすることなく現れたものである。

表8 研究レポート・授業後の感想文に見られる科学的な態度

- ・ 何度か同じ実験をして、結果が同じであるか調べた。
- ・ 今回の実験は、結果を出して終わり、という感じなので、次に実験するときは、結果を予想して、実験に望みたい。
- ・ もう少し、時間をかけてより深く調べたい。
- ・ 人の声を聞くと、何Hzくらいかなと考えることがある。
- ・ 自分でテーマを決めて、実験を行い、結論を出せてよかった。
- ・ 最後にレポートにまとめるのに意味があると思う。
- ・ 音の別の現象(ドップラー効果)についてもっと知りたい。

以上のことを総合的に判断すると、主体的な探究活動を行うことにより、科学的態度は育ったと言える。

表9 探究活動中に見られた科学的な態度

- ・ 数値で比較しようとしていた。
- ・ 得られたデータの差とか比を求めようとしていた。
- ・ 何度か同じ実験をやり、再現性をみようとしていた。
- ・ 出来なかった実験を放課後残ってやっていた。
- ・ 研究レポートに色づけを行い、見やすいように工夫していた。

ウ 音の大きさ、高さを科学的な見方や考え方に基づいて理解したか。

図8は、音に関して、「音の大きさについて、何がわかりましたか(何を知っていますか)」、「音の高さについて、何がわかりましたか(何を知っていますか)」の2項目について、検証授業の前(1回目)、第一次の第2時(2回目)、探究活動の前(3回目)、検証授業の後(4回目)に実施した記述のアンケートの結果である。回答を図8のようなA, B, C, D, Eに分類した。

回数を重ねるごとに、どちらの設問についても感覚的にとらえた回答（C）が減少し、物理的にとらえて正解の回答（A）が増加している。このことは、科学的な見方や考え方に基づいて音の大きさ、高さを理解したと言える。

	回答の分類	回答の例
—▲—	A 物理的にとらえて回答し正解の生徒	音の高さは、振動数に比例する。
- - -◆- - -	B 物理的にとらえて回答し不正解の生徒	音の大きさは、振動数に比例する。
- - -✱- - -	C 感覚的にとらえて回答した生徒	音が大きいと、耳によく聞こえる。
- - -◇- - -	D 不正解の生徒	意味の不明な回答。
- - -■- - -	E 無回答の生徒	

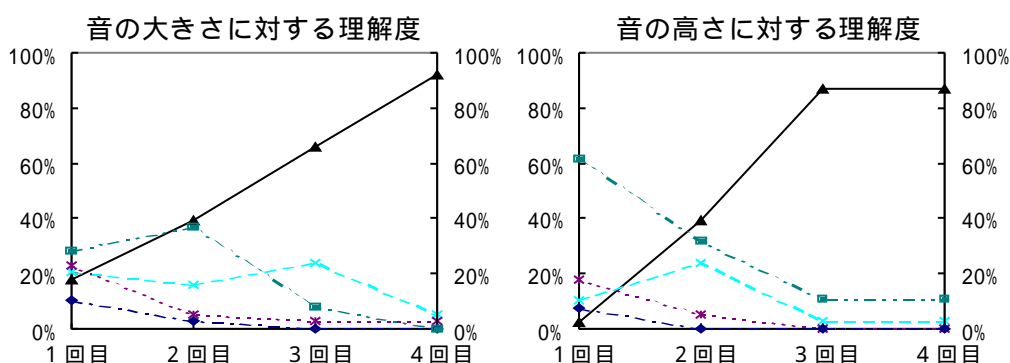


図8 音の大きさ・高さに対する理解

以上のア、イ、ウから、主体的な探究活動を通して、科学的な見方や考え方は養われたと言える。

## 8 研究のまとめと今後の課題

### (1) 研究のまとめ

これまでの探究活動は、こちらでテーマを決めて行う形式が多かった。今回、生徒自身にテーマを決めさせ、パソコンを活用した主体的な探究活動を取り入れることにより、物理に対する興味・関心や学習意欲が高まり、科学的な見方や考え方が養われることが、明らかになった。

### (2) 今後の課題

ア 今回の形式の探究活動に対して、「何をやっていいのかわからない」という不安を持ったアンケート回答があった。これは、今まで与えられたテーマの実験が多かったためと考える。これらの回答については、自分たちでテーマを見つける探究活動を何度か繰り返していくうちに問題意識も表れ、解決されていくと考える。

イ 研究レポートでは、データの考察にグラフを使った生徒がほとんど見られなかった。グラフを用いた考察を行わせる指導が、今後必要となる。

ウ 生徒の感想文に、他の班の行ったことを知りたいという文章が見られた。今回、生徒の行った探究活動の発表会を開くことができなかったため、今後の探究活動では、発表会

を取り入れていく計画を立てたい。

おわりに

今回、生徒自身にテーマを決めさせて探究活動を行わせたが、生徒が生き生きと実験を行っている姿を見たり、自分でテーマを決める実験をまたやりたいという感想文が多く見たりして、その重要性をひしひしと感じた。また、パソコンを使うことにより、難しいイメージのある物理の授業を楽しみながら出来ることもわかった。今後、いっそう探究活動の内容について研究し、生徒に科学的な見方や考え方がより身に付く授業展開を研究していきたい。

主な参考文献

- (1) 文部省 「指導計画の作成と学習指導の工夫 - Aを付した科目の指導 - 」  
東洋館出版社 1992年
- (2) 広島県立教育センター 「自然をさぐる - 科学研究のすすめ - 」 1992年