

中学校技術科における波・音を題材とした授業の開発

宮本賢治*, 松尾辰哉**

(キーワード:ものづくり教育, 中学校, 技術科教育, 波・音, 教科間連携)

1. はじめに

中学校理科では身近な物理現象について実験や観察を通して学習する。一方中学校技術科では一般的に理科で学ぶ原理や法則などの科学的な知識を踏まえて計画, 設計し, 身体的な技能や工具などを用いて具体的な物を創造するといったものづくりが行われている。つまり, 技術科では理科で学んだ内容をより深く活用できるような授業構想が必要だと考える。

図1は日本産業技術教育学会が提唱している技術教育のとらえ方を表した図である。ものづくりにおいては創造の動機がまず初めにあり, そこから科学的な知識や数学の知識などを用いて設計, 計画を立てる。そして身体的な技能や工具などを用い, 製作, または育成を行う。そしてその成果を評価し, また新たな創造につなげる。各過程においては常に評価と修正を行う。今回は, この図において特に赤で囲んだ範囲である設計・計画, 製作から評価を対象とし, 理科で学ぶ科学的な知識や技能を使ってもものづくりや技術科教育を行うことで教科間の連携を図った。具体的には中学校学習指導要領²⁾における下記の部分において, 教科間連携を図った。

- 中学校学習指導要領 (平成20年)
- 技術・家庭科 (技術分野)
 - >B エネルギー変換に関する技術
 - >エネルギー変換に関する技術を利用した製作品の設計・製作を通して, 製作品の組立て・調整や, 電気回路の配線・点検ができるようにする。

• 理科

- >第1分野 (1) 身近な物理現象
- >観察・実験を通して, 身近な物理現象を日常生活や社会と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う。

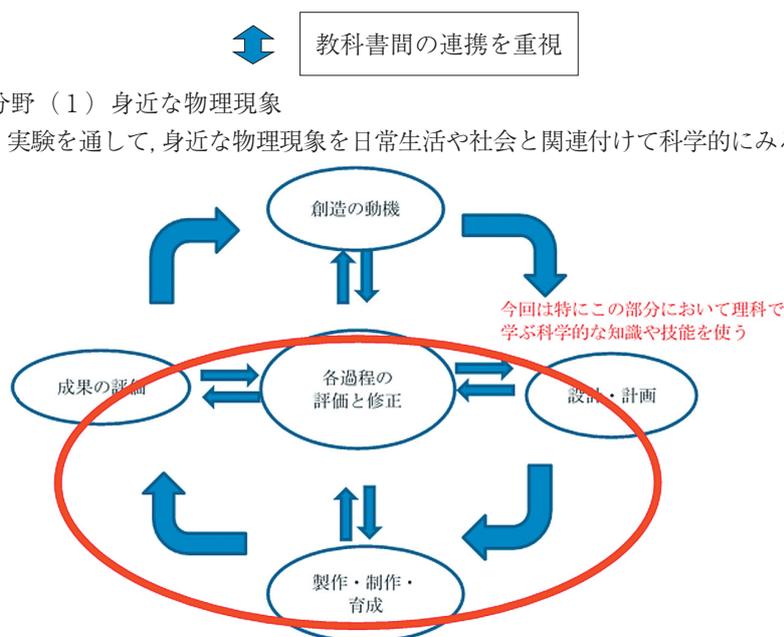


図1 技術教育のとらえ方¹⁾

*鳴門教育大学 生活・健康系コース (技術・工業・情報)

**京田辺市立田辺中学校

本研究では特に身近な物理現象の1つとして音（波）を題材にし、理科での学習内容を踏まえた上で中学校技術科へ適用した授業を開発し、実践することを目的とした。身近な物理現象のなかで、音が波であるということはイメージしにくい、わかりにくいと考えられるため、この題材を取り上げた。

2. 教材で用いた電子回路について

2.1 コンデンサマイク

コンデンサマイクは、コンデンサが電気を蓄える性質を利用して作られたマイクロフォンの一種である。空気の振動によって電極板の間隔が変化することによって、電圧の変化を生じさせ、それを電気信号として取り出すことによって動作する。今回の授業で用いたコンデンサマイクの動作回路³⁾を図2に示す。また、生徒たちののはんだ付け用基板の写真を図3に示す。基板はEAGLE⁴⁾を用いて回路図、パターン図を作成した後、ORIGINALMIND社のKitMill CIP100を用いてパターン図から基板を加工した。どこにどの部品をつけたらよいのか、基板にはプリントしておらず、分かりにくかったため、極性のあるコンデンサマイク、コンデンサの向きを基板に書き込んだ。また基板にはんだ付けをした後の全体の様子を図4に示す。

2.2 ミニ・パワーアンプ

後述するように、コンデンサマイクを作成した後に、生徒たちは動作確認をする。その際にオシロスコープとミニ・パワーアンプを使用した。マイクは音を電気信号に変えるものであるということは1時間目の学習で触れており、電気信号が変わっていればオシロスコープで波形を見ることができるといことから、コンデンサマイクが正常に動いているか確認できる。しかし、原理的な話だけではマイクが正常に動いているかどうかを生徒たちが理解するには難しい。生徒たちのこれまでの生活経験から考えると、マイクに入力した音がスピーカーから

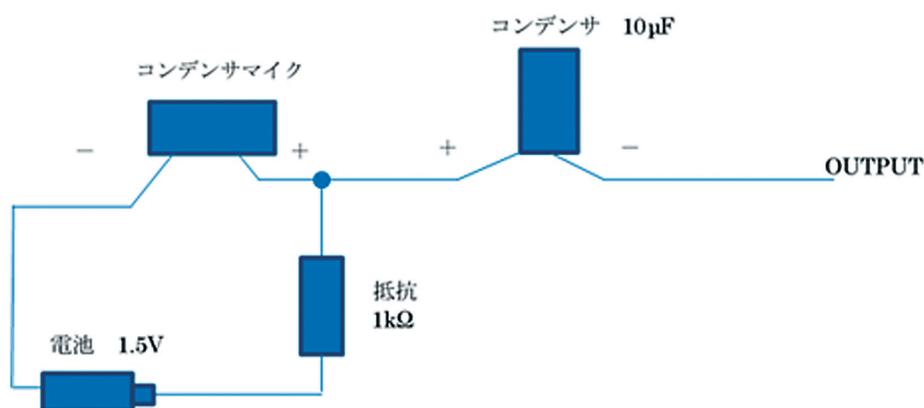


図2 コンデンサマイクの動作回路図

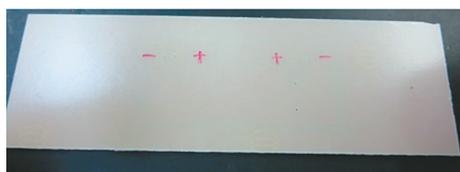
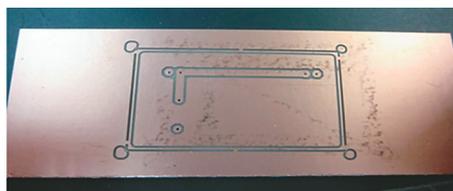


図3 生徒たちののはんだ付け用の基板



図4 はんだ付け後のコンデンサマイク動作回路

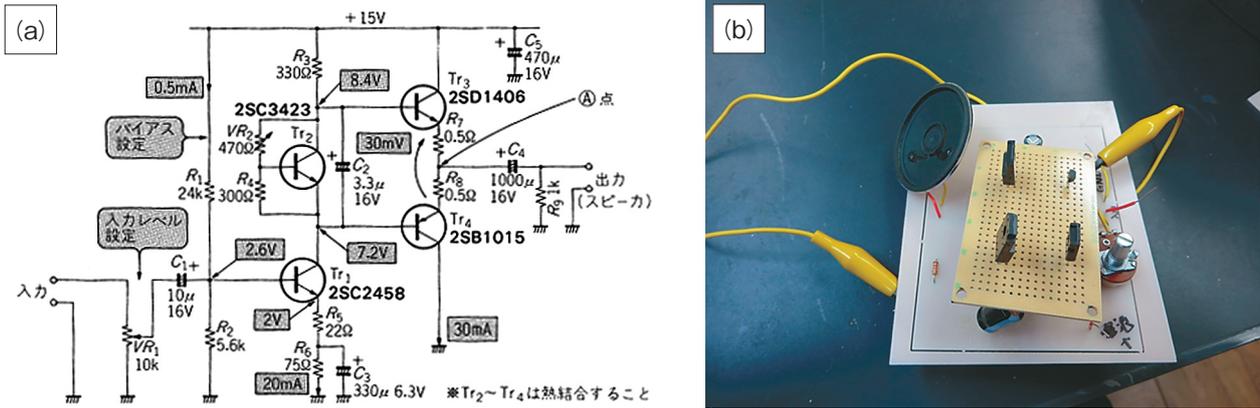


図5 本研究で用いたミニ・パワーアンプの (a) 回路図⁵⁾と (b) 全体の様子

聞こえるということが、一番マイクが正常に動いていることを実感できると考え、オシロスコープでの動作確認に加えてマイクに入力した音を聞くという形の動作確認を導入した。

しかし、コンデンサマイクだけでは数10mVしか出力されないので、人の耳で聞こえるくらいの大きさに増幅する必要がある。そのため、トランジスタの増幅作用をもちいたミニ・パワーアンプ⁵⁾、⁶⁾を導入して10倍程度に増幅し、実際に聞こえるようにすることで動作確認をした。全体の回路構成としては、入力信号をエミッタ接地増幅回路で電圧増幅し、エミッタ接地のコレクタに挿入したバイアス回路でエミッタ・フォロワのベース・バイアス電圧を発生させ、プッシュプル・エミッタ・フォロワで電流増幅するという回路である。図5は本研究で用いたミニ・パワーアンプの (a) 回路図と (b) 全体の様子である。

3. 授業実践について

3.1 学習指導案

今回の授業実践の対象生徒は鳴門教育大学附属中学校2年生18名(男子15名、女子3名)で、授業ではんだ付けを行うのは初めての生徒たちである。学習指導案以下に示す。

題材：音と技術

- (1) 音、波の関係とコンデンサマイクの原理…………… 1時間
- (2) はんだ付けの練習とコンデンサマイクの製作………… 2時間
- (3) 動作確認と電気信号の増幅…………… 1時間
- (4) 音を制御する技術…………… 1時間

(1) 1時間目

本時の目標

- (1) 音と波の関係を理解する。
- (2) マイクの原理を知る。

1時間目の指導計画を表1に示す。

板書計画

図6、図7に示すように、コンデンサマイクの構造や原理を説明するためのプレゼンテーション資料を用意した。

(2) 2時間目

本時の目標

- (1) はんだ付けのやり方を理解することが出来る。
- (2) はんだ付けをしてLEDを点灯させることが出来る。

表1 1時間目の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点	評価
10分	発振器 プザー オシロスコープ プレゼンテーション	1 音の性質と波との関係について学ぶ。	○ オシロスコープで波を視覚的に示し、音の性質と波との関係がイメージできるようにする。	・ 音と波の関係を理解できたか。 ・ マイクの原理を知ることができたか。
10分	発振器 オシロスコープ	2 発振器を使って音の性質を体験する。	○ 音の大小、高低と波形との関係に注意を促す。 ○ 音と波を体験的に理解させる。	
25分	マイク オシロスコープ プレゼンテーション	3 マイクの原理を知る。	○ 声を使って、音から電気信号に変わっていることを示す。	
5分		4 授業を振り返る。	○ 1時間の内容を確認させる。	

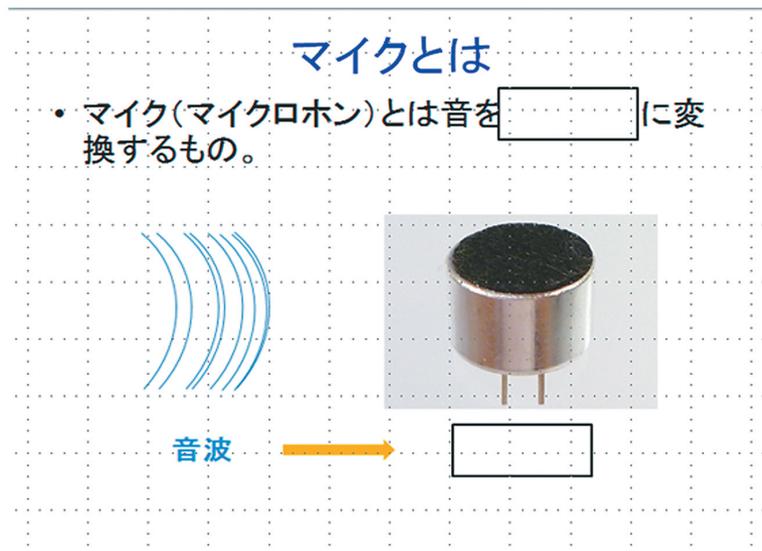


図6 マイクの説明用プレゼンテーション

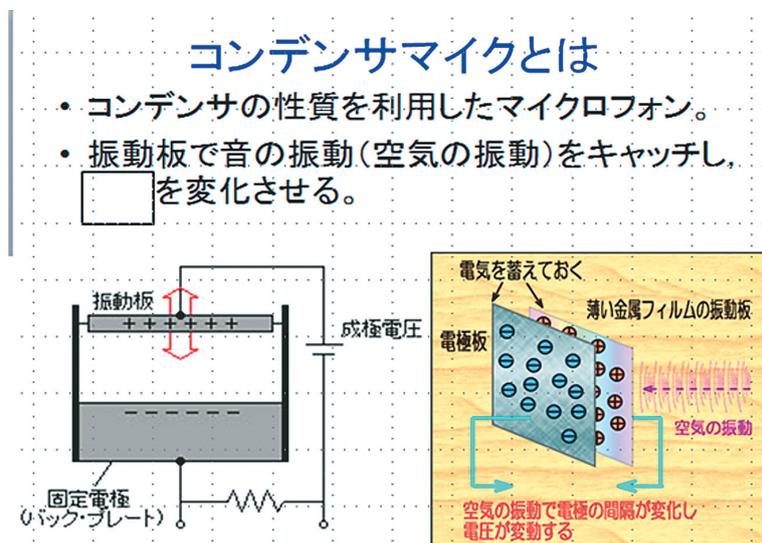


図7 コンデンサマイクの原理の説明用プレゼンテーション⁷⁸⁾

2時間目の指導計画を表2に示す。

表2 2時間目の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点	評価
5分	スクリーン 実物投影機 コンデンサマイク	1 はんだ付けの必要性を知る。	○ コンデンサマイクの基板から、製作にはんだ付けが必要であることを意識させる。	・ はんだ付けのやり方を理解することが出来たか。 ・ はんだ付けをしてLEDを点灯させることが出来たか。
3分	LED 基板	2 はんだ付けの練習で作るものを知る。	○ LEDの点灯を見せることで、作りたいという意識を持たせる。	
20分	スクリーン プレゼンテーション はんだごて はんだ 実物投影機	3 はんだ付けのやり方を知る。	○ やけどに注意するよう促す。 ○ 基板をしっかりとあためてからはんだを流し込むことを意識させる。 ○ 演示で注意点を示す。 ○ LEDの極性に注意させる。 ○ はんだごてで基板をしっかりと温めてからはんだを流し込ませる。	
22分	基板 はんだごて	4 はんだ付けの練習をする。		

板書計画

まず図8に示すように、はんだ付けとは何かについての説明し、次に図9に示すように、はんだ付けの仕方を動画にて示すようなプレゼンテーション資料を用意した。

はんだ付け

- ・ の一種
- ・ 「はんだ」と呼ばれる金属を熱で溶かし、金属同士をくっつけて、 が流れるようにする。

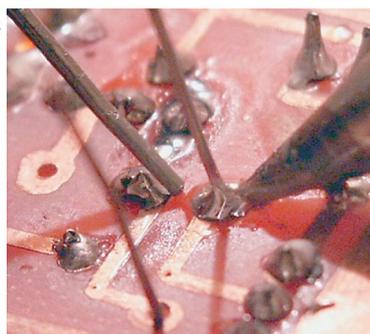


図8 はんだ付けの説明用プレゼンテーション⁹⁾



図9 はんだ付けの仕方の説明用動画

(3) 3時間目

本時の目標

コンデンサマイクの導通回路を完成させる。

3時間目の指導計画を表3に示す。

表3 3時間目の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点	評価
5分	スクリーン プレゼンテーション コンデンサマイク	1 コンデンサマイクの 確認をする。	○ 前時の資料からコンデンサマイクがどういったものだったかを思い出させる。	
5分	スクリーン プレゼンテーション	2 回路図の確認をする。	○ コンデンサマイク、コンデンサの極性に注意させる。 ○ 背の低いものから取り付けるよう促す。	
10分	スクリーン プレゼンテーション 実物投影機	3 作業の順番を確認する。	○ 必ず基板の表側（はんだを付けない側）から部品を取り付け、極性を確認することを徹底させる。	
20分	基板 はんだごて	4 コンデンサマイクを 製作する。	○ 基板をしっかりあたためてからはんだを流し込むことを意識させる。	
10分		5 片づけと振り返りをする。		

(4) 4時間目

本時の目標

(1) コンデンサマイクの動作確認をする。

(2) アンプの役割を知る。

4時間目の指導計画を表4に示す。

表4 4時間目の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点	評価
5分	スクリーン プレゼンテーション コンデンサマイク	1 コンデンサマイクの確認をする。	○ はんだ付けがすべてできているか、はんだが取れていないか確認させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンデンサマイクの動作確認ができたか。 ・ アンプの役割を知ることができたか。
10分	スクリーン プレゼンテーション	2 オシロスコープの使い方を知る。	○ 入力, 出力を確認させる。	
20分	オシロスコープ 電池 コンデンサマイク	3 動作確認をする。	○ グループで動作確認をさせる。	
10分	ミニ・パワーアンプ コンデンサマイク オシロスコープ	4 ミニ・パワーアンプについて知る。	○ ミニ・パワーアンプがないと聞き取れる音量にならないことを意識させる。	
5分		5 コンデンサマイク, オシロスコープ, ミニ・パワーアンプを接続する。	○ 極性に注意させる。	

(5) 5時間目

本時の目標

- (1) 音を制御する技術があることを知る。
- (2) 変化させた音と波の関係を知る。

5時間目の指導計画を表5に示す。

表5 5時間目の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点	評価
15分	コンデンサマイク ミニ・パワーアンプ オシロスコープ	1 ミニ・パワーアンプを使った動作確認をする。	○ 入力, 出力の波形を確認させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 音を制御する技術があることを知れたか。 ・ 変化させた音と波の関係を知ることができたか。
5分	プレゼンテーション	2 音を制御する技術について知る。	○ 動画を見せて, イメージを持たせる。	
10分	プレゼンテーション	3 代表的な波形を見る。	○ 動画を見て, 波形と波との関係を確認させる。	
10分		4 まとめる。		
10分		5 片づけとアンケートをする。		

板書計画

5時間目では音を制御する技術の一例としてエフェクターを取り上げた。図10, 図11はディストーションと呼ばれるエフェクター¹⁰⁾の紹介動画の一部である。ディストーションは音響信号を意図的に増幅回路で増幅し, 過大入力させることで, 音をひずませるエフェクターである。

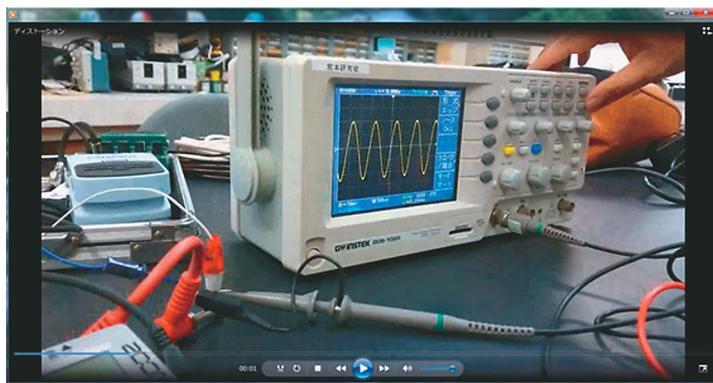


図10 ディストーションオフにおける波形



図11 ディストーションオンにおける波形

3.2 授業実践の様子

(i) 2時間目のはんだ付けの練習の様子, (ii) 3時間目のコンデンサマイク動作回路の製作の様子, (iii) 4時間目のオシロスコープによるコンデンサマイクの動作確認の様子をそれぞれ図12～図14に示す。

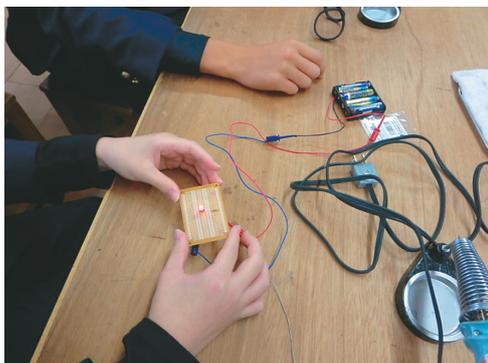


図12 はんだ付けの練習の様子（2時間目）



図13 コンデンサマイク動作回路の製作の様子（3時間目）

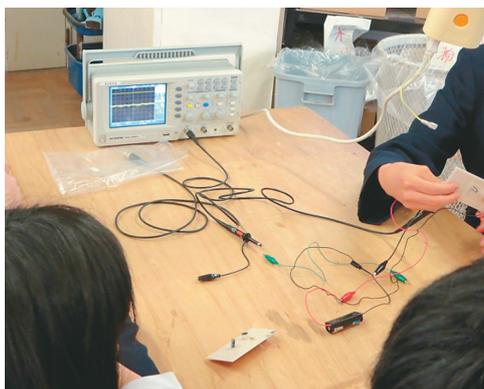


図14 オシロスコープによるコンデンサマイクの動作確認の様子（4時間目）

4. 授業の評価

4.1 評価方法

5時間目の授業終了後に、アンケート調査を実施して、授業の評価を行った。アンケートの内容は以下の通りである。

- 1 今までにはんだ付けを行って回路を完成させたことがありますか？
①はい ②いいえ
<「①はい」を答えた方のみ回答してください。>
1-1 どのような回路を作成しましたか？
()
- 2 音と波の関係を理解することができましたか？
①できた ②どちらかと言えばできた ③あまりできなかった ④できなかった
2-1 わかりやすかった、またはわかりにくかった理由を教えてください。
()
- 3 マイクの原理を知ることができましたか？
①できた ②どちらかと言えばできた ③あまりできなかった ④できなかった
3-1 わかりやすかった、またはわかりにくかった理由を教えてください。
()
- 4 アンプの役割を理解することができましたか？
①できた ②どちらかと言えばできた ③あまりできなかった ④できなかった
4-1 わかりやすかった、またはわかりにくかった理由を教えてください。
()
- 5 音を制御する技術があることがわかりましたか？
①わかった ②どちらかと言えばわかった ③あまりわからなかった
④わからなかった
5-1 わかりやすかった、またはわかりにくかった理由を教えてください。
()
- 6 音（波）を視覚的に見えるようにすることでイメージがしやすくなりましたか？
①そう思う ②どちらかと言えばそう思う ③どちらかと言えばそう思わない
④そう思わない
- 7 今回の授業を通して、音（波）や技術科の学習について興味を持ちましたか？
①そう思う ②どちらかと言えばそう思う ③どちらかと言えばそう思わない
④そう思わない
- 8 今回の授業について、思ったことを書いてください。

4.2 評価結果

アンケート調査結果を図15～図21に示す。問1の集計結果から、2/3の生徒は今回、初めてはんだ付けを行ったことが分かる。問2、問3については、「①できた」または「②どちらかと言えばできた」という肯定的な回答が85%以上であった。その理由として、「実験をしたから」、「実際に作って動かしたから」、「図があったので」等を挙げている。

問2、問3については、「①できた」または「②どちらかと言えばできた」という肯定的な回答が過半数以上であるが、問4については、「③あまりできなかった」という否定的な回答が約30%であった。分かりにくかった理由として、「時間が少なかったから」や「全体的に難しい」、「難しい言葉があった」が挙げられる。生徒たちの理科での予備知識が、波に関しては既習していたが、電気についてはまだ少なかったことから基本的な原理の説明も含めたこともあり、全体的に時間が短いと感じる生徒が少なくないと考えられる。

問5～問7についても問1、問2と同様に、「①できた」または「②どちらかと言えばできた」という肯定的な回答が90%以上であった。全体を総括すると、実際にマイクのはんだ付けを行い、作ったものを使って音と波形の観察を行ったため、興味関心を抱いた生徒が多かった。また、教材・教具を視覚的にわかりやすく工夫するこ

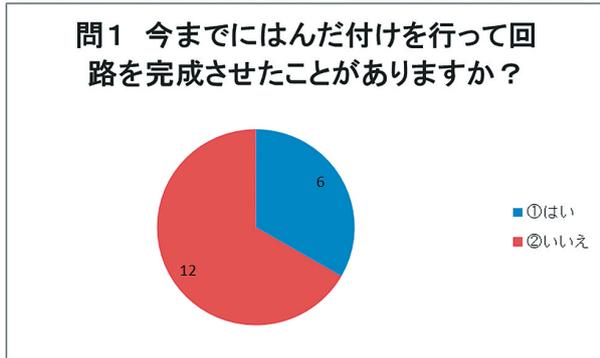


図15 アンケート調査の問1の集計結果

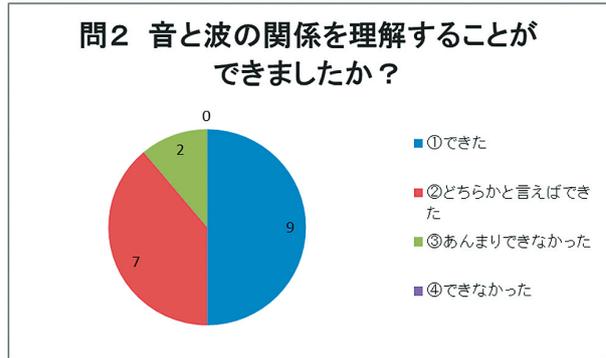


図16 アンケート調査の問2の集計結果

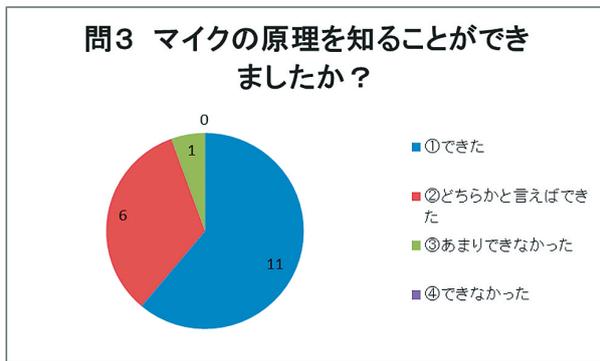


図17 アンケート調査の問3の集計結果

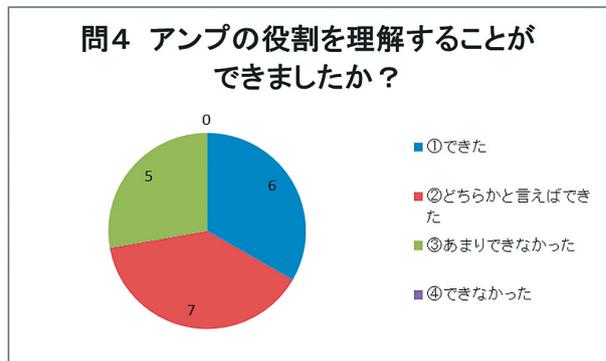


図18 アンケート調査の問4の集計結果

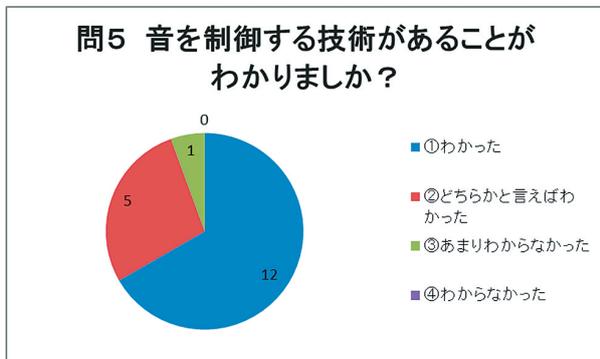


図19 アンケート調査の問5の集計結果

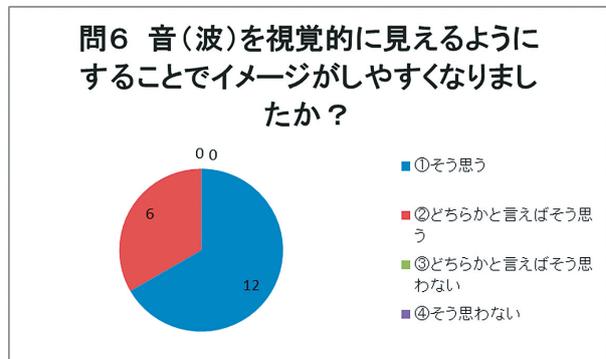


図20 アンケート調査の問6の集計結果

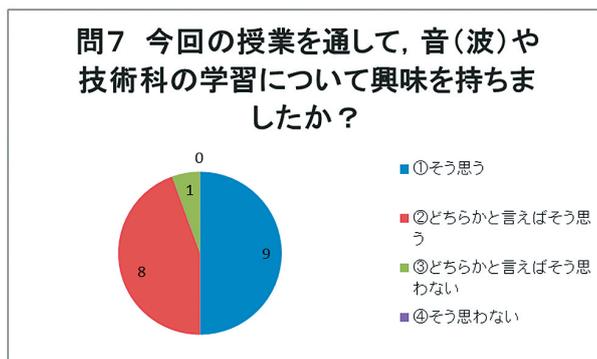


図21 アンケート調査の問7の集計結果

とで、イメージがしやすくなり、理解につながることを確認した。

5. まとめと今後の予定

本研究の成果についてまとめると以下の通りである。

- 1) 波・音を題材にして、理科と技術科の教科間連携を目的とした授業の指導案を立案し、実践することができた。
- 2) 授業で扱う教材を開発した。
- 3) アンケートの結果から、本研究で開発した授業が、波・音を用いた技術について、生徒の興味・関心を高くし、理解を深めることに効果的であることが分かった。

また授業実践を通して以下の課題点も見つかっており、今後、改善を図る予定である。

課題①：はんだ付けのしにくさ

本研究で使ったコンデンサマイクの動作基板は、基板加工機で作成し、生徒たちが実際にはんだ付けをしたが、はんだ付けがやりにくい場面があった。原因としては穴の径が小さかったことやはんだ付けをする部分の金属部分が狭かったこと、フラックスを塗布していなかったことがあげられると考える。

課題②：授業時数の不足

今回の授業実践では、授業時数は5時間しかなく、その中ではんだ付けや動作確認、音を制御する技術を学習したために、時間が短くて十分に作成、実験ができなかった生徒もいた。中にははんだ付けをしたことがある生徒もいたが、全体としては授業ではんだ付けをしたことのない生徒がほとんどであり、はんだ付けが何かを知らない生徒もいた。また、理科で波については既に学習済みであったが、電気に関する内容の授業がまだ行われていなかったために、基礎的な部分の説明も必要であり、どうしても時間が足りなかった。ミニ・パワーアンプについても、今回は製作したものを持って行ったが、今後は生徒たちがミニ・パワーアンプも作成し、実験するようになりたい。

参考文献

- 1) 長井 映雄, 菊池 章, 日本産業技術教育学会誌, 第57巻, 第4号, 2015, pp. 205-212
- 2) 「中学校学習指導要領」 文部科学省 平成20年度告示
- 3) コンデンサマイク C9767 データシート DB Products Limited
- 4) 後閑哲也: 電子工作の素, 技術評論社, 2009, pp. 192-206
- 5) 鈴木雅臣: トランジスタ回路の設計, CQ 出版社, 2009, pp. 91-110
- 6) 直木大和: 「ものづくり教育に向けたオーディオ用ミニ・パワーアンプの回路製作」 平成25年度 卒業論文
- 7) <http://www.geocities.co.jp/Hollywood-Studio/1086/term/mic/mic.html> 最終閲覧日 2016/01/20
- 8) <http://our-house.jp/amp/index.htm> 最終閲覧日2016/01/20
- 9) <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%81%AF%E3%82%93%E3%81%A0%E4%BB%98%E3%81%91> 最終閲覧日2016/01/20
- 10) 原裕也: 「音響機器の製作におけるものづくり教育への適用の検討について」 平成23年度 卒業論文

Development of the Industrial Arts Education Class about Wave and Sound

MIYAMOTO Kenji* and MATSUSHIMA Tatsuya**

We develop the industrial arts education class about wave and sound, which strength the cooperative study between the subject of science and technology at the junior high school. An outline of the developed class is as follows: In the first lesson, the students observe the amplitude and the frequency with the oscilloscopes and learn the principle of condenser microphone. In the second and third lesson, they learn the soldering method, and manufacture the operation circuit of condenser microphone. In the fourth lesson, the wave form from the operation circuit of condenser microphone manufactured by each student is verified with the oscilloscopes. Moreover, by connecting the operation circuit of condenser microphone with the mini-amplifier whose gain is about 10, the sound as an output is also verified. Finally, in the fifth lesson, the technology and device which control the sound such as an effect unit is explained.

The class was successfully carried out among 18 junior high school students, and received generally favorable feedbacks from the school students. From the assessment with the questionnaire investigation, it is indicated that the developed class can be utilized for cooperative study between the subject of science and technology at the junior high school.

*Technology and Information Education, Naruto University of Education

**Tanabe junior high school