

# 中高生の音の実験いろいろ

## —触って作って楽しもう—

Science Experiments with Sound for Junior High School and  
Senior High School Students with Visual Impairments

筑波大学附属視覚特別支援学校  
平野 祐希子

中学校・高等学校理科物理分野では、音を扱う内容がいくつかある。そのうち、中学校理科・盲学校で開講の多い「物理基礎」「科学と人間生活」、一部「物理」の授業で使える実験を紹介する。内容は「音の伝わり方」「音の三要素」を中心としたものと、弦や気柱の定常波・波を表す基本的な量の関係式「 $v=f\lambda$ 」などの確認を兼ねた実践である。

### 1 概要

#### 0. はじめに

筆者が県立高校から盲学校へ赴任して4年が過ぎた。JASEB 大会では毎回発表の機会をいただき、実践をまとめることができている。しかし、今までは挑戦したいことに挑戦するばかりで、自分の発表は多くの盲学校で開講されていない「物理」の範囲が中心であった。発表の意義は、聞いてくださった先生方に実践していただき、色々とご指摘をいただいてブラッシュアップすることにもあると思う。そのために、たくさんの先生方が実践できる実験をテーマとしたいと考えた。2022年度は運良く、私の教員人生で初めて、多くの盲学校で開講されている「科学と人間生活」の担当となることができた。そこで、今年は中学校理科物理分野、高等学校物理基礎、科学と人間生活の内容で、いくつかの実験を紹介したい。どんな授業もそうだと思うが、紹介するのはあくまで、今年度の個性あふれる本校生徒のために準備したものである。一つひとつの実験は単純なので、生徒のニーズに合わせてアレンジしていただき、より良いものを作るためのたたき台としていただけたら幸いである。

#### 1. 資料全体の構成について

本発表では、中学・高等学校での様々な科目の音の分野において、比較的簡単に準備できる実験を中心に紹介する。中学校で学んだ事項を高校で学びなおすこともあるため、本発表では科目・学年ごとに紹介するのではなく、内容ごとに紹介し、資料の中でその内容がどの学年で/どの科目で扱われているのかに触れることにする。

#### 2. 盲学校での音の授業が重要である理由

中学校理科や科学と人間生活の教科書の物理分野において、波はまず光の学習から入っている。これは、一般的には光は強弱の他にも色の情報があり、生活における応

用範囲がとても広いこと、グラフィカルな実験や資料を用いて楽しく学べるために、導入としても「とっつきやすい」こともあると思う。盲学校ではその「とっつきやすさ」が無いので、波としてはよりシンプルである音から導入するべきであると考えている。科学と人間生活には音の記述はほとんどないが、光を波として理解するには、音を導入で扱うことはとても効果的だと思う。

しかしながら、導入に適切＝授業が簡単とは言えない。一般的には、音の授業においても、視覚がかなり重要な要素となる実験が多く行われ、何でもかんでも触れればわかる、というもののばかりではないのが現実である。例えば音を聞くと、音源の振動が空気の波として伝わるが、振動は一般的には触れば減衰してしまうのだから、視覚を用いずに観察するには工夫が必要である。

以上の観点から、私は多くの場合、波の導入を音の範囲で行い、楽しく実験することで物理を好きになってもらうことを目指している。そのための工夫を紹介したい。

## 2 音の伝わり方

### 1. 学年・科目

- ・ 中学校 1 年「光と音 音の性質」
- ・ 物理基礎「波 波の性質 音と振動」

### 2. 教具の準備

- ・ モノコード (図 1)
- ・ 低周波発振器
- ・ さわれるスピーカー (図 2)

※電子部品店<sup>1</sup>で販売されている、振動するコーン部分に触れるようにカバーが外してあり、

端子がむき出しのものを、板に接着剤で固定してある。導線をスピーカー本体の端子と、板にボール盤であけた穴に固定したターミナルにはんだ付けし、バナナプラグをさすだけで接続できるようにした。生徒自身が回路を作る際にも簡単に接続できるようにするためである。こうすると、例えば高校「物理」で生徒自身がスピーカーを含む回路を組んで実験する際にも使いやすくて便利である。

※※この準備をする時間もなければ、スピーカーを買ったままの状態、むき出しの端子にミノムシクリップで接続するだけでも、この実験を行うには充分である。

- ・ 振動スピーカー (図 3)

※実験用ではなく、一般的に会議用などで用いられるもので充分である。「振動スピーカー」で検索するとたくさんヒットする。

### 3. 実験方法



図 1 モノコード



図 2 さわれるスピーカー



図 3 振動スピーカー

<sup>1</sup> 例えば、秋月電子通商(<https://akizukidenshi.com/catalog/>)。対面店舗も通販もある。

モノコードを弾いて音を出す。モノコードに触れると振動が減衰し、音が聞こえなくなる。また、低周波発振器をスピーカーに接続し、音を出すとスピーカーのコーン部分が振動するので、触って確認できる(図4)。図4のように、2個のスピーカーを並列接続しておくと、数人が同時に実験することができる。一度に1人しか実験ができないと、最初に触った生徒が結果を黙っていなければならない時間が長くなるので、できるだけ一度に数人が実験できるようにしたいものである。さらに、声を出しながらのどに触れると、のどが細かく振動していることがわかる。これらのことより、「音源は振動している」ことが確認できる。スピーカーだけの特別な現象にとらえさせないためにも、何種類かの音源で振動を確認することが大切である。低周波発振器が用意できなければ、他の音源でもよい。予備実験を繰り返し、触ってわかりやすい音源を見つけることが重要である。

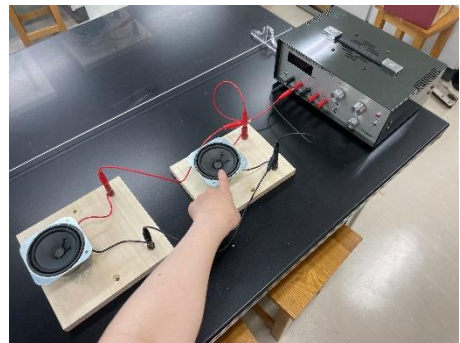


図4 スピーカーを触る様子

また、振動スピーカーで音楽を流し、実験機の端に置く。すると、反対側の端でも、机に耳をつけると机を伝わる音を聞くことができる。空気中、水中、固体中それぞれ1つずつくらいは、伝わる音を聞かせたいものである。

### 3 音の三要素

#### 1. 学年・科目

- ・中学校1年「光と音 音の性質」
- ・物理基礎「波 波の性質 音と振動」

#### 2. 教具の準備

- ・モノコードまたは弦の定常波の実験器(図5)
- ・低周波発振器
- ・さわれるスピーカー

#### 3. 実験方法

##### (1) 振幅と音の大きさ

モノコードを用いて、大きな音・小さな音を出すように指示する。すると、大きく弾く・小さく弾くと違いをつけてくれるので、何が違ったかを説明させる。対話の中で弦に注目させ、弦の端と中心をそれぞれそっと触って弦の振動の様子を確認する。その後、プリント(図6)を用いて弦の振動の形を再確認し、振幅とはどこのことを説明する。

弦の定常波の実験器があると、触るだ



図5 弦の定常波の実験器

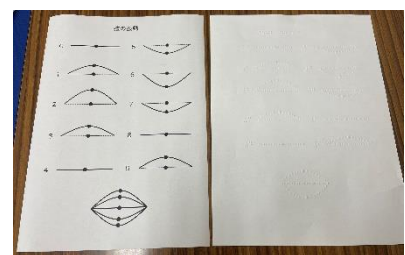


図6 弦の振動のプリント



図7 弦の基本振動の観察  
※弦を強調している

けで減衰することが少なくなるので、振動中の弦の形を確認しやすい。基本振動を起こしたうえで、図7のように軽く指でつまむようにすると、定常波の腹のところでは指をある程度開いても指に当たり、節では指を閉じるようにしないと指に当たらないことがわかる。

## (2) 振動数と音の高さ

低周波発振器に触れるスピーカーに接続し、生徒が触れている状態で振動数から小さいものからゆっくりと上げていく(2-3. 図4)。このとき、「振動数」の説明はせず、「音が高くなっていくと、何が変わるか」を問いかける。すると、「振動が細かくなっていく」ということがどこかで出てくるので、そこから振動数の説明につなげる。低周波発振器が用意できなければ、スマートフォンにファンクションジェネレータ<sup>2</sup>のアプリをインストールし、振動スピーカーに接続して音を出し、振動している部分に触れることでも確認ができる。1秒間に何回振動するか、という意味は、1 Hzでメトロノームを鳴らしながら、1秒間に1回、2回、3回……と等間隔で手をたたき、このリズムで往復するのが1 Hz、2 Hz、3 Hz……だよ、と教えていく。1秒間に10回も手をたたくことは出来ないことから、音源はとても細かく振動しているということに想像を膨らませる。ヒトは20～20000 Hzまで聞こえると言われているので、どこまで聞こえるかみんなで試してみるのも楽しい。

## 4 弦の定常波・気柱の定常波・波を表す基本的な量の関係式「 $v=f\lambda$ 」の確認

### 1. 学年・科目

- ・中学校1年「光と音 音の性質」
- ・物理基礎「波 波の性質 音と振動」
- ・科学と人間生活「光や熱の科学 光の性質とその利用」

### 2. 教具の準備

- ・弦の定常波の実験器
- ・ストロー
- ・はさみ
- ・セロハンテープ
- ・色々な形・大きさのワイングラス・グラス

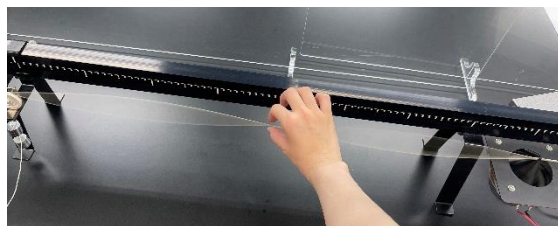


図8 弦の2倍振動の節の観察

### 3. 実験方法

#### (1) 弦の定常波

3-3. (1) 図7のように、軽く指でつまむようにし、腹のところでは指をある程度開いても指に当たり、節では指を閉じるようにしないと指に当たらないことから、腹

---

<sup>2</sup> 決めた振動数の音を出せるもの。iPhone では例えば、「Audio Function Generator」(<https://apps.apple.com/us/app/audio-function-generator/id768229610>)など

と節とは何かを確認することができる。また、もう片方の手で柱の部分に触りながら、弦のどの位置に節があるかを確認していくと、2 倍振動(図 8)、3 倍振動の違い、音の違い(1 オクターブずれる)なども確認することができる<sup>3</sup>。この実験器は、バイブレータと定滑車で代用したり、100 均の素材で代用したりという例<sup>4</sup>もあるので、触ってわかる安価なものを作っていただけたらぜひ発表してもらいたい。

実際の弦楽器に近いものとして、モノコードやギターも触らせるようにしている。ギターの音の高さの調整はどのように行うか聞くと、弦の張りの調整・左手で弦を押さえる位置の調整と意見が出る。ギターを弾ける生徒がいれば、実際にやらせてみるとよい。波を表す基本的な量の関係式「 $v = f\lambda$ 」より、弦の張りで弦を伝わる波の速度  $v$ 、押さえる位置で波長  $\lambda$  を調整し、振動数  $f$  を変えることで高さを調整していることを確認する。

## (2) 気柱の定常波

まず、ストローに息を吹き入れてみる(図 9 左の生徒)と、音が鳴ることがわかる。一般的なストロー笛の実践のように切り込みを入れるなどしなくても、十分に音が聞こえる。次に、ストローを半分に切ると、1 オクターブ高い音が出る(倍振動)。ただ吹くだけであれば開管であるが、息を吹き入れる側と反対側を指でふさいで吹き入れる(図 9 右の生徒)と、閉管になるので 1 オクターブ低い音が出る。ここから、気柱にできる振動の図などを導入し、ストローの中で起きていることを確認する。フルートは開管、クラリネットは閉管なので、同じ長さでも音の高さが違ってくことなど、実際の管楽器について話してみるのもよい。

次に、ストローを少しずつ短く切って吹く、切って吹く、と繰り返していると段々音が高くなる。高校生であれば、ストローの中の波の様子と、 $v = f\lambda$  より、波長  $\lambda$  が小さくなるにつれて振動数  $f$  が大きくなっていく、ということを確認で

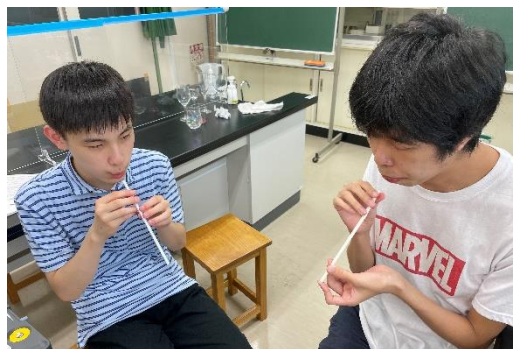


図 9 ストローに息を吹き込む様子



図 10 音階ストロー

<sup>3</sup> 音を出すことが目的の機械ではないため、音は小さい上に、厳密に言えばバイブレータ部分は節にはなっていないので、正確な 2 倍・3 倍振動とはもちろん言えない。ただ、素人がちょっと聞く分には十分 1 オクターブずつの違いに聞こえる。本校の音楽科の生徒だと、微妙な違いが分かってしまうらしいが……。

<sup>4</sup> 例えば、「ダイソーの 300 円スピーカーで定常波の実験ができた！ | 科学のネタ帳 <https://phys-edu.net/wp/?p=33663>」など



きるとよい。ストローの長さを少しずつ変えたものを作成し、セロハンテープでつないで音階になるようにつなげる(図 10)と楽しい。音楽科の生徒は、半音ずつ違うものを作成していた。私は 1 度ずつが限界である。

「科学と人間生活」の波の分野では主に光が扱われているが、盲学校では光は感光器などを使って間接的に観察することがほとんどである。「科学と人間生活」に限った話ではないが、まずは、直接観察できる音を扱って波の基本的性質を理解した上で、光を扱うことにしている。

### (3) おまけ「グラスハーブ」

(2) ではストロー内の気柱の共鳴を利用しているが、気柱ができるものと言えば、試験管に息を吹き入れることでも楽器を作ることができる。水の量で気柱の長さを調整できるのでこれも簡単である。「特別なものだから楽器ができるわけではなく、波の性質を利用すれば色々なものが楽器になる」ことを示すには、少なくとも 2 種類以上のものを使って楽器を作りたいものである。今年度は高校 3 年生で実験に慣れていることもあって、同じ時間に何種類も作ることができた。

さらにもう 1 種類、挑戦してみたのは「グラスハーブ」である。図 11 のように、ワイングラスにある程度水を入れ、きれいに洗った指でグラスのふちをこするようになでると、きれいな音が出る。100 均のもので十分である。これは気柱の共鳴ではなく、グラスと水の部分自体が振動して音が出るため、試験管とは逆に水を増やすほど音が低くなる。また、ひとつひとつのグラスの音域も狭いので、音階を作るにはいろいろな種類のワイングラスが必要である<sup>5</sup>。ワイングラス以外でも音は鳴るのだが、脚を押さえながら鳴らすので、やはりワイングラスのように脚が長いものの方が、押さえることによる振動の減衰を防げるのか、良く響く。



図 11 ワイングラスで音を鳴らしている様子

## 5 おわりに

今年度の発表では、今年度行った基本的な音の実験をできる限りたくさん紹介した。教科書の内容の理解に役立てるだけであれば簡単だが、音の鳴り方についての根本的な仕組みまで扱うと難しいものも多い。これらは高校物理で扱うものではないが、話の中で少し触れることで、特に理工系を目指す生徒や、音楽大学を目指す生徒の目の色が変わる場面もあった。例えば、高校物理まででは主に基本振動のみを扱うが、どうして同じ弦を弾いたり、同じ管に息を吹き入れたりしても違う高さの音が出ることがあるのか。楽器によってどうして音色が変わるのか。余裕があれば、少しだ

---

<sup>5</sup> YouTube 等で、「グラスハーブ」と検索すると、たくさんのグラスを並べて音階を作り、曲を演奏している動画がたくさん見つかる。

けこれらのことにも触れ、さらに興味を持てるようにしている……が、何より、実験が楽しければ、自分の中の知識がつながっていけば、さらに知りたくなることは間違いない。これからも楽しい実験をたくさん取り入れていきたい。