

物理 I A の授業実践報告

数学科・理科教諭 大澤 幾子

1. はじめに

本校では、3年間で理科を6単位履修する。第1学年で、物理 I Aを2単位、第2・3学年で、生物 I Bを4単位の合計6単位である。本校の第1学年で、物理 I Aを履修する目的の1つに、音についての学習をすることがある。音については、音楽理論の授業で使用している「新しい音楽通論（菊本哲也著、全音楽譜出版）」の「序章 音と音楽」の中に、その性質についての記述が数ページあるが、物理的な裏づけやいろいろな楽器の構造については、あまり触れられてはいない。そこで、それを補う意味で、音についての基本的な性質や楽器の特性などを、物理 I Aの授業で学習する。

2. 物理 I Aの授業計画

2002年度使用教科書：東京書籍「物理の世界〔I A〕」

第 I 編 みちあふれる光と音

1章 見えること 光

2章 音を楽しむ 音

教科書の第 I 編の波動の内容にそって、次のような授業計画を立てた。

1章 光

1節 バナナが黄色に見えるわけ

- (1) 光の3原色……………光と色
- (2) 太陽光と電磁波……………波長

2節 レンズは光を曲げる

- (1) 屈折率を求める……………レンズのはたらき
- (2) 眼の構造と物が見えるしくみ……………めがねのはたらき

3節 鏡がつくる像

- (1) 平面鏡……………鏡のはたらき
- (2) 凹面鏡と凸面鏡……………実像と虚像

2章 音

1節 音を感じとろう

- (1) 音をつくる……………振動と音
- (2) 音を伝える……………音の伝搬, 縦波

2 節 楽器の構造を考えよう

- (1) ド, レ, ミを決めるもの……………音の高さ
- (2) 弦にできる波……………定常波
- (3) 管楽器の音……………気柱共鳴

3 節 合奏しよう

- (1) 音の高さをそろえる……………うなり
- (2) バラエティに富んだ音……………音色
- (3) 合奏に適した部屋……………音響効果

4 節 身の回りの音

- (1) 音を曲げる……………音の屈折
- (2) 音の高さを変える……………ドップラー効果

3. 授業実践

1 章 光

1 章では、波動についての基本知識を理解するために、横波について考える。光については、中学校では、光の反射や屈折、全反射、凸レンズについて学習しているが、波の性質としての反射、屈折、干渉、回折をまとめた形では、学習していない。

そこで、波を身近に感じることができるよう、太陽光や電磁波の横波について扱うことにする。

1 節 バナナが黄色に見えるわけ

(1) 光の3原色

授業の始めに「どうしてバナナは黄色に見えるか。」と質問すると、「黄色い色がついているから.」, 「黄色い色を出しているから.」, 「バナナは黄色だと思っているから.」等々、いろいろな答えが返ってくる。どの答えにも共通しているのは、物の色が本来決まっていて、その色を私たちが眼で感じて見ていると思っているのである。そこで、教科書の口絵にある太陽光、水銀灯、ナトリウム灯の下で見た物の写真を見せると、物の色とは、決まっているものではないことに気がつくのである。この例を提示すると、特殊な明かりでなくても、家の中にある蛍光灯と白熱電球の下で、食べ物や洋服、顔の色などが異なって見えることを思い出す生徒もいる。また、高速道路などでトンネルに入ると、顔や洋服の色が変わって見えた経験は、どの生徒も体験していることである。

光についての1時間目の授業では、

- ・物の色は、光源によって違って見えること。
- ・物体の自然な色とは、太陽光に照らされた色であること。

を学習する。

では、「どうして物の色は、光源によって違って見えるのか。」を考える前に、「太陽光は何色か。」と問うと、生徒によって思い浮かべる情景が異なるのか、「白」, 「赤」, 「青」, 「黄」, 「水

色]、「紫]、「無色」など様々な答えが返ってくる。ここで、様々な色の答えを引き出せると、その後の光の散乱の実験に、実感が持てるようになる。

3原色 (RGB) については、赤、緑、青であることを知っている生徒は多いが、この3色の光の重ね合わせ方でいろいろな色を作ることができることを意外に知らない。

「人の目の網膜は、3つの異なった視神経を所有している。すなわち、それらは刺激を受けるとき、1組は赤色を感じ、他の1組は緑色に、そして第3の1組は青色に感じる。元来、各色感性の視神経は、別個にそれぞれの色光に感じるものであるが、これら3種の色光の刺激を混合して1つにまとめて感受するために、自然物ならびに人工物の色彩の種類は、無限にたくさんあるように感じるのである。」⁽¹⁾

生物学的な構造は、この学習のメインではないので、この3原色によって、いろいろな色を作り出せることを理解させる。

(2) 太陽光と電磁波

色の違いを決めているものは何かというと、それが波長なのである。太陽からやってくる光は、多くの色の光を含んでおり、三角プリズムに通すとスペクトルを観察することができる。また、回折格子の代わりに不要になったCDを使って、簡易分光器を作って見ても観察できる。簡易分光器の作り方は、次のホームページを参考にした。

<http://www.sunfield.ne.jp/~oshima/omosirospec.html>

スペクトルの観察は、波の回折、干渉、屈折を説明するためにはよい実験であるが、回折や干渉を数式を用いて理解するのは難しいので、作図をすることで現象を説明している。

身近なスペクトルを見る現象としては、虹があるが、雨粒がプリズムの役割をしていることはとても面白い現象であり、光の波長の違いが虹の帯を形成していることはとてもわかりやすいようである。赤が上側、紫が下側であることも右の図からもよく理解してもらえる。また、虹を上空から見ると、円形に見えることもとても不思議なことであるので、一度は見てみたいと思わせる現象である。

さらに、空が青く見えるのも、夕焼けが赤く見えるのも、太陽光が生み出す自然現象であるが、そのメカニズムを波長の違いで説明できることが、生徒にとっては新しい発見であり、普段は意識しない太陽光への興味にも繋がっていくことになる。

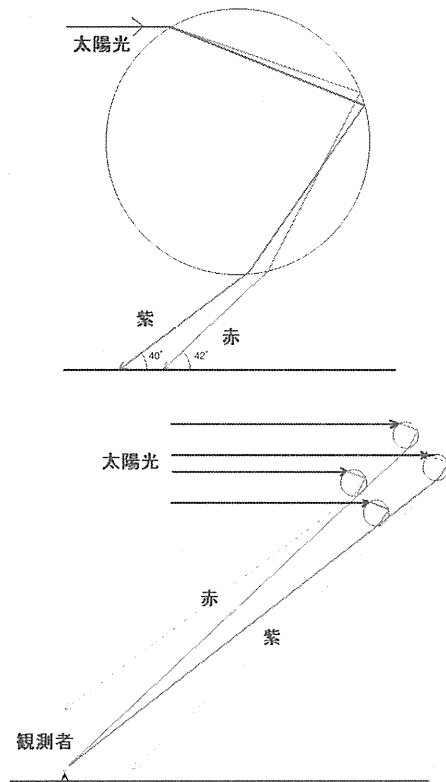


図 1-1 虹の見え方

図 1-2 は、波の干渉を説明するためのものであるが、2つの波源 A, B から同位相の波が出ている。実線は波の山、点線は波の谷とする。弱め合っているところを赤、強め合っている

ところを黒として、干渉縞が作図できる。さらに、同心円のシートを2枚利用すると、右の図のような干渉縞を見ることができる。波源の距離を変えることで、干渉縞がどのように変化するのが容易にわかる。

シャボン玉や水面に広がった油の膜に光が当たると、きれいな色が観察できる。

これも光の干渉によるものである。薄膜に光が当たると屈折と反射が起きる。膜の表面で反射する光と膜の裏側で反射した光が、膜の表面で重なり、干渉が生じる。2つの光の波長のずれや、角度の異なる光の入射などによって、弱め合ったり、強め合うので、複雑な縞模様ができるのである。

その他にも、CDの表面に虹色の縞が観察できることも、ディスクの表面の凹凸による光の干渉であり、身近な例として面白い。

2節 レンズは光を曲げる

3節 鏡がつくる像

は、中学校でも扱われている直進、反射、屈折など光を光線として扱う幾何光学的な分野なので、本稿では、報告しないことにする。

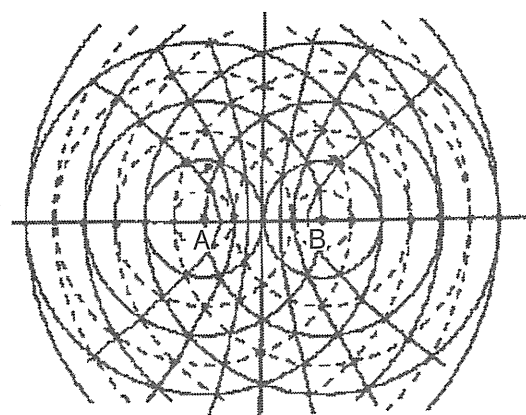


図1-2 波の干渉 (生徒作図)

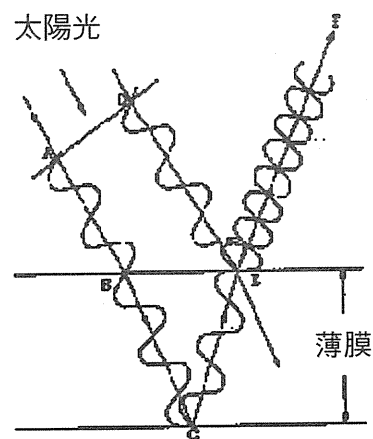


図1-3 薄膜による光の干渉⁽²⁾

2章 音

ピアノの音、ヴァイオリンの音、フルートの音、箏の音等々、生徒は、さまざまな種類の楽器の音を毎日耳にしている。しかし、同じ曲を演奏してもピアノとヴァイオリンの音は、区別がつくだけでなく、聞く人にもさまざまな違った印象を与える。

音を作り出している生徒たちが、音とはなんだろうかと考えていくのが、この章の内容である。

楽器の音を理解することを目標に、音の性質、音の出る仕組み、音の聞こえ方などについて学んでいくことにする。

1節 音を感じとろう

この節では、振動と音の関係について考えていく。音を出しているものは、振動していることを、おんさや糸電話など、簡単に音を出せる媒体に触れてみることで実感する。直接触れてみるだけでなく、おんさは、ハンマーで叩いた直後に水の中に入れると、驚くほど水しぶきをあげる。おんさの振動によって、水面に波が生じるからである。単純な実験ではあるが、生徒は結構何度でもやってくれる。この単純な実験が、楽器もどこが振動して、その振動がどのように音を生み出しているのか改めて考えるきっかけを与えることになる。

そこで、音の伝搬とは何か。発音体が振動することによって、発音体が接している空気を振

動させ、それが波になって空気中に伝わり耳に届く現象である。音を感じる空気の波、つまり音波は、どのように空気を伝わるのであろうか。光とは違うのであろうか。生徒は、毎日当たり前と思っている現象なので、答えに困ってしまう。ここで、波には横波と縦波があり、横波と縦波では、媒質の振動方向が異なることをほとんどの生徒が知ることになる。

(1) 音波

波と言うと、横波を考えるのが普通であるが、音波は、縦波である。

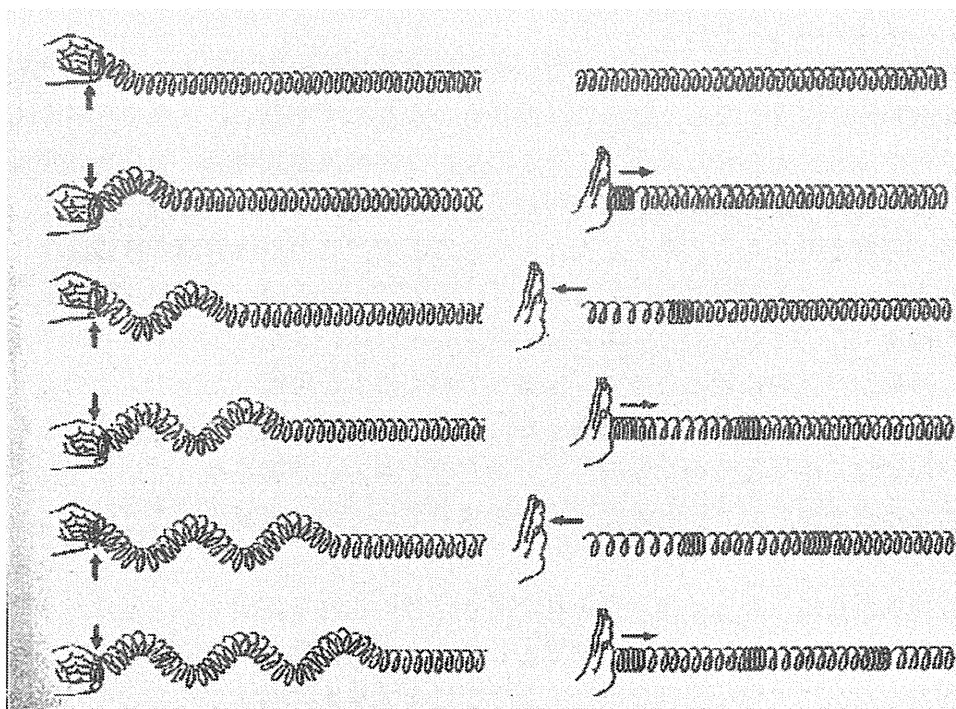


図 2-1⁽³⁾ つるまきばねによる横波

縦波

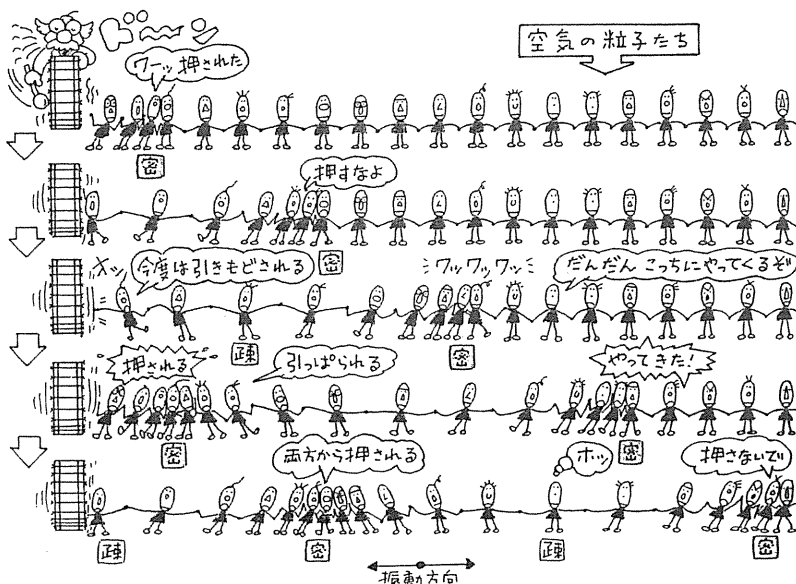


図 2-2⁽⁴⁾ 音の伝搬

図2-1のような、つまきばねを使った実験により、縦波の疎密の様子が目に見える。縦波と横波の違いが、波の進行方向と媒質の振動方向の違いにあることや、手が行う仕事が、波のエネルギーとなって伝わっていくことを実感できる。さらに、図2-2は、空気の粒子が、どのように振動しているかをイラストにしたものである。粒子を人間に見立てると、サッカーの試合の応援などで見かけるウエーブ(横波)と、音波の振動の縦波との違いがわかるようになる。

縦波の特徴は、波の進行方向と媒質の振動方向が平行であり、それによって、媒質が圧縮された密の部分と、希薄化した疎の部分とが次々と伝わっていくことである。生徒には、縦波と言うよりも疎密波と言うほうがわかりやすいようだ。

ここで、縦波を横波で表現する方法であるが、横軸に位置、縦軸に変位、つまり静止位置からどのくらいずれたかを表すことにしている。縦波を横波で表現することで、各点の位置と波の全体像がわかりやすくなる。さらに、波長もわかりやすくなる。波長を理解することは、この後で学習する音の高さにも関係してくるので、この横波の表現は、しっかり理解させるようにしている。この横波の表現は、疎密の様子が見えにくくなるという点があるが、横波を見ながら縦波に再度変換しようとする操作をすることで、この点は解消できる。

(2) 耳の構造

物体の振動が空気の振動となって、伝搬していくことを理解した上で、その振動をどのように私たちは音として感じているのだろうか。高校の生物の授業をまだ受けていないので、耳の構造については、中学校で少し学習しているだけである。音楽をやっている生徒にとって、耳は、大切な器官であり、耳がどのように音を感じているのか理解することはとても大切なことである。

空気の振動として伝わってきた音を耳で聞き、音の内容を識別する。耳は、平衡感覚をつかさどる器官でもあるが、ここでは、聴覚としての、大事な働きだけに注目する。図2-3は、音を識別するために大切な役割を果たす部分だけを大まかに図示したものである。

耳介、外耳道を伝わってきた音は、中耳の入り口にある鼓膜を振動させる。鼓膜の振動は、耳小骨の槌骨、砧骨、鐙骨に順に拡大され、内耳へと伝えられる。内耳では、リンパ液で満たされた蝸牛の前庭階の基底膜を振動させ、ここで、音の高さを分析する。蝸牛を伝わった振動は先端に向かって進み、神経を刺激して信号を発生する。この信号が聴神経を通して脳にある聴覚中枢に届いて音を感じる。

音の振動は、空気を振動させ、外耳の鼓膜、さらに中耳の耳小骨、つまり固体に伝わり、蝸牛のリンパ液、つまり液体を経て、音として認識される。この伝導は「空気伝導」と言われる。

しかし、耳をふさいで外からの音を遮断しても、完全に無音状態にはできない。

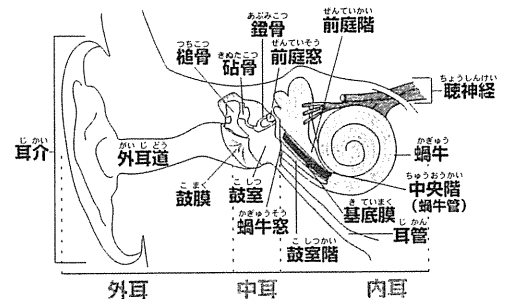


図2-3⁽⁵⁾ 耳の構造

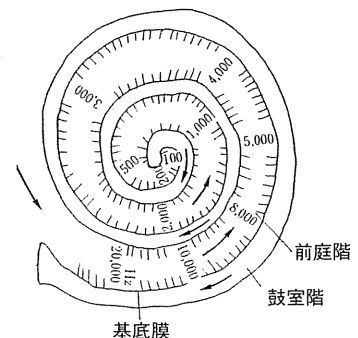


図2-4⁽⁶⁾ 蝸牛内での振動の受信場所

それは、「骨伝導音」が聞こえるためである。オーディオテープで録音した自分の声は、自分で聞いている声と違って聞こえる。これも骨伝導音に関係している。自分でしゃべった場合、その声は、他人の声を聞くときと同様に口から出た音波のうち、自分の耳に入っていく成分と、声のもとである声帯や喉の振動が、骨を伝わって鼓膜や聴神経に届く成分がある。この2つの成分は、音源や音の伝わり方が違うので、同じ声でも違って聞こえるのである。この骨伝導を利用した機器が、開発されている。例えば、骨伝導イヤホンマイクと言われるもので、補聴器では相手の声を聞き取る際は音を振動に変換し、頭蓋骨、耳骨に振動として伝え、その振動を鼓膜音として感じることで伝えられる。また、同様にして自分の話し声を相手に伝える際にも耳骨、頭蓋骨の振動をイヤホンマイクがキャッチし、音声に変換し伝えられる。この原理を利用した電話なども開発されている。

私たちの身の回りには音が溢れているが、その音は、空気の振動を、骨やその他の固体や液体の振動に姿を変えて、伝搬していくという性質を持っていることを、生徒に理解させたい。

2節 楽器の構造を考えよう

生徒の使っている楽器は、弦楽器、管楽器、打楽器のような分け方をする。物理では、別の分類方法として、音の出る仕組みで分ける方法が考えられる。

楽器	{	膜鳴楽器	……………ティンパニ、鼓、太鼓
		体鳴楽器	有音程楽器 ……………マリンバ、鉄琴、木琴
			無音程楽器 ……………シンバル、カスタネット
		気鳴楽器	……………フルート、クラリネット、ホルン
弦鳴楽器	{	撥弦楽器 ……………ハープ、三味線、箏	
		擦弦楽器 ……………ヴァイオリン、ヴィオラ、チェロ	
		打弦楽器 ……………ピアノ、クラビコード	

いずれの楽器も振動する部分と、その振動を聞こえるように大きな空気振動に変える共鳴部分からできており、音の高さを変えることができる楽器は、音の高さを変えるのにさまざまな工夫がなされている。

(1) ド、レ、ミを決めるもの

音楽をしている生徒たちは、音の高さについては、日常から注意を払っているもので、音の高さを決めるものが振動数であり、人の可聴域が約20~20000Hzであることはよく知っている。

振動数が大きいほど音の高さが高くなり、オーケストラなどで音合わせをする際に基準として用いられているのが、442Hzの高さであることも理解している。

音は、縦波であり、空気の密と疎の部分が繰り返されて伝わる。この1秒間あたりの繰り返しの回数を振動数といい、単位としてHz（ヘルツ）を用いる。そして、光と同様に、波長と振動数との関係を考えることが、重要になってくる。振動数、波長、音波の速さの間には、次の関係が成り立つ。

$$v = f \lambda \quad v: \text{音速の速さ (m/s)}, f: \text{振動数 (Hz)}, \lambda: \text{波長 (m)}$$

音の高さを体で感じる事ができる生徒も、前ページの式を意識する場面が少ないのか、振動数と波長が反比例の関係になっていることをすぐに理解できない。単位も Hz と $1/s$ が同じであることが結びつかないようで、公式を意味も考えずに暗記している生徒が多い。

(2) 弦にできる波

弦鳴楽器には、すべて弦が張ってあり、それを振動させて音を出している。張ってある弦の中央をはじくと、弦の振動が波となって左右に広がる。このとき、弦の両端は、固定されているので、入射波と反射波とが重なり合う。つまきばねで横波をつくった場合 (図 2-1) と異なり、両端が固定されている固定端の反射では、下記の図 2-5 のように、入射波と反射波が重なってできる合成波は左右には進まず、大きく振動する部分 (腹という) と、まったく振動しない部分 (節という) ができる。このような波を定常波という。

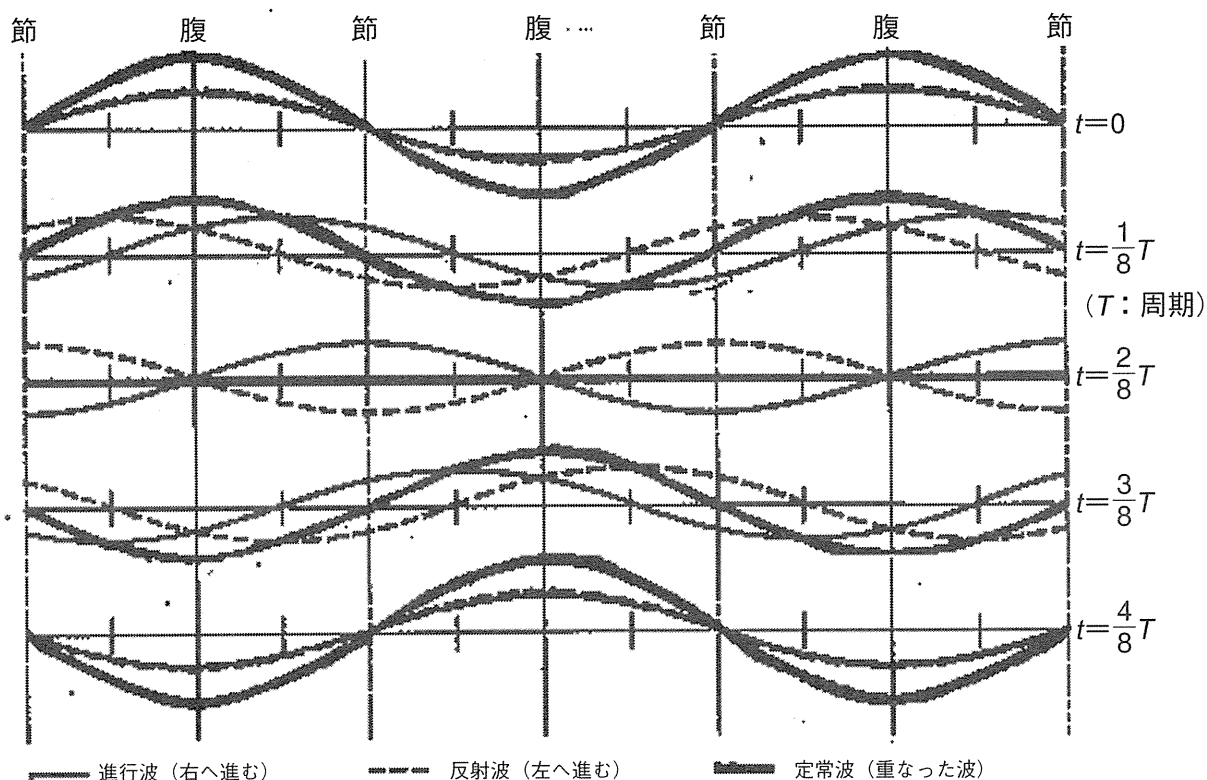


図 2-5 定常波のできかた

弦を振動させたときの振動数は、弦の長さ、張り方の強弱 (張力)、弦の単位長さあたりの質量 (線密度) の 3 つ要素で決まる。この振動数を固有振動数というが、弦鳴楽器を扱っている生徒は、感覚的にこの要素を知って音の高さを変えている。邦楽の箏では、演奏しながら左手で弦を押さえ、張力を変えて音の高さを変えることなど、経験的に知っているわけである。

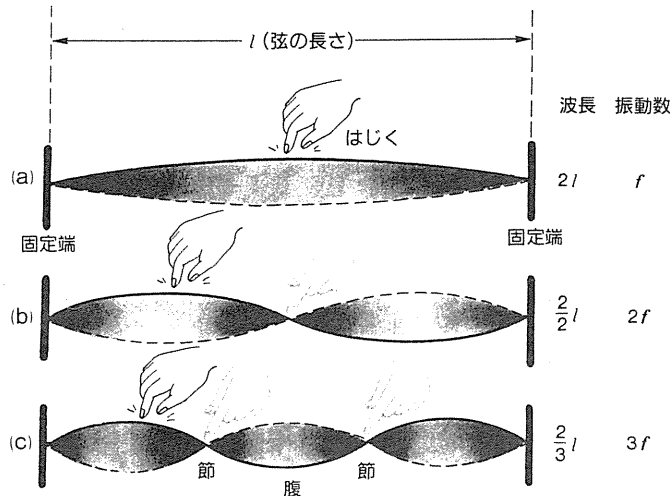


図 2-6⁽⁷⁾ 弦の定常波

弦の中央 (b) や、 $1/3$ のところ (c) を指で軽く押さえて、弦をはじくと、上の図 2-6 のように振動する。(a) の振動が基本振動で、そのとき出る音を基本音という。(b) を 2 倍振動、(c) を 3 倍振動といい、それぞれ振動数が基本音の 2 倍、3 倍の倍音ができる。一般的には、基本音がもっとも強く、音の高さを決めている。

弦鳴楽器が、大きな音を出せる原理をヴァイオリンを例にとると、「弦の振動が弦を支える駒を通して、表板に伝えられる。表板と裏板との間にある魂柱が、表板の振動を裏板に伝える。表板と裏板が振動することによって共鳴胴全体が共鳴し、内部で発生する強い音が f 字孔から出て行く。」⁽⁸⁾ 強い音を出すには、振動するものだけでなく、その振動と共鳴する物体があって、その物体から空気中へ音が伝わる必要がある。ヴァイオリンの場合も、共鳴胴がいろいろな固有振動数をもつことで複雑な音を出すことができるようになっている。

(3) 管楽器の音

気鳴楽器と言われている木管、金管楽器やオルガンなどは、管の中の気体（気柱）を振動させることによって音を発生する。弦鳴楽器と違って、気鳴楽器は管そのものが振動しているのではない。ビンなどを吹いて音を出すときも、息の吹き方で音の出かたや高さが違ってくる。つまり、息によって、管の中の空気を振動させて音を作っている。

弦鳴楽器は弦の長さを変えることで音の高さを変えることができたが、気鳴楽器の場合も管の長さを変えることで音の高さを変えることができる。

では、気鳴楽器の場合、管の中の空気をどのように振動させて音を作っているのだろうか。弦と違って、目に見えない空気の振動を理解することは難しく、管楽器の生徒も、自分たちの楽器の音が出る仕組みをあまり知らないことが多い。

そこで、気柱の長さの違いにより、管内にできる定常波が違うことを、おんさとの共鳴を通して確かめる実験をした。気柱共鳴装置を用いて、管内で共鳴が起こることを実際に耳で確かめ、おんさに共鳴する管の長さを求めてみる。(実験書別紙)

実験をする前に、管の定常波については説明せずに、おんさの音の高さも未知のまま実験を行った。他の班との距離が近かったことや、水の高さの調節速度を一定にできないなど、共鳴

点を探すのに苦労している班もあったが、結果的には、実際のおんさの高さに近い値を計算で求めることができた。この実験結果をもとに、管の定常波について説明をし、さらに、気鳴楽器の音の出る仕組みについて考えていくことにした。



気柱共鳴実験 1



気柱共鳴実験 2

管の種類には、開管と閉管があり、その気柱の中で、定常波ができていることは、生徒たちには新しい発見のようである。クントの実験をビデオで見ると、気柱の中の定常波の様子がよくわかる。さらに、インターネットのホームページに、開管と閉管の定常波の様子をアニメーションで見せているものがある (<http://www.bekkoame.ne.jp/~kitamura/javasoft/tube1.htm>)。これらを利用し、さらに、気柱の中の定常波を弦の場合と同じように横波で表現して、節や腹をわかりやすく表現する。

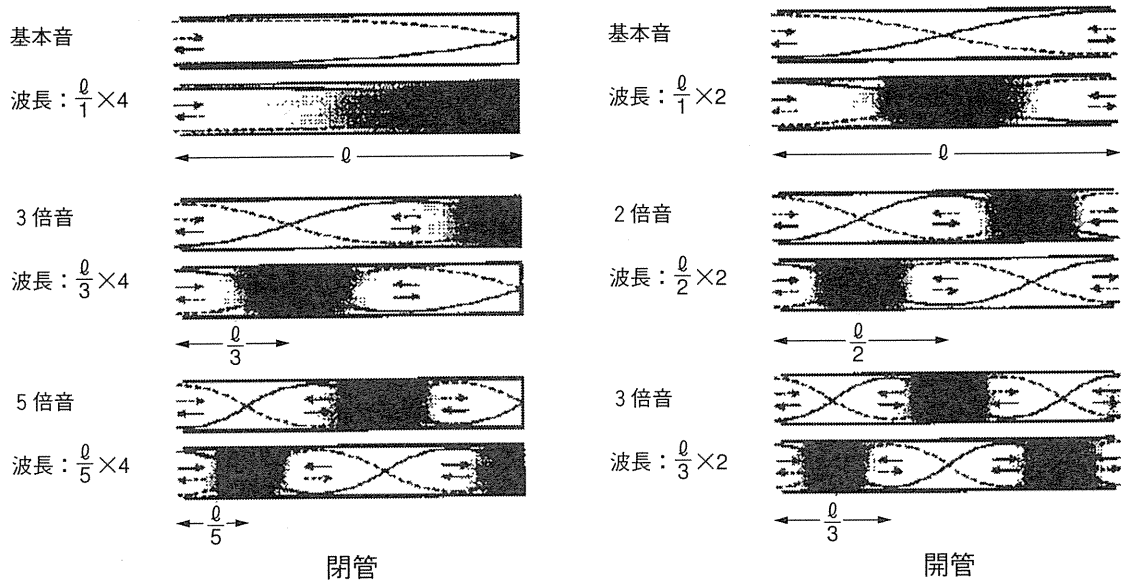


図 2-7⁽⁹⁾ 開管と閉管の定常波

気柱の中の定常波を理解すると共に、開管と閉管の違いを考えなくてはならないので、気鳴楽器の場合は、生徒にはとても難しい学習である。

では、自分たちの楽器がどちらの管なのかということであるが、クラリネット以外は、開管であることはとても不思議なようである。同じリード楽器であるオーボエやサクスが開管

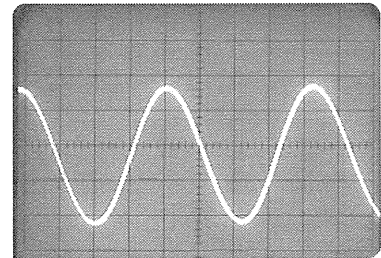
で、クラリネットだけが閉管であること。その理由が管の形状にあることなど初めて聞くことばかりで、気鳴楽器の生徒以外は、さらに、理解することが多くなり、難しさを感じているようである。

3節 合奏しよう

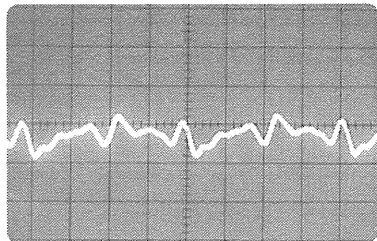
この節では、楽器の特性がわかった上で、実際に楽器を演奏したときに起きる現象について考えることになる。

そこで、オシロスコープを利用して、うなりや音色について考えることにする。とくに、音色については、その場で、それぞれの楽器の波形を実際に見ることで、違いを理解することにした。それぞれの楽器に、ラの音を出してもらって、その波形を観察した。

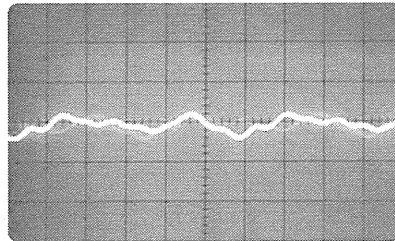
オシロスコープで、おんさの440Hzの波形を観察する。この波形を見ると、おんさが純音を出していることがよくわかる。



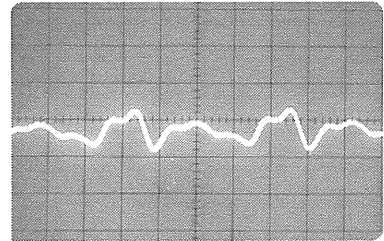
おんさ 440Hz



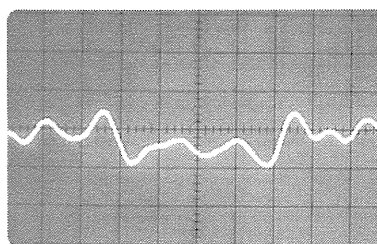
ヴァイオリン



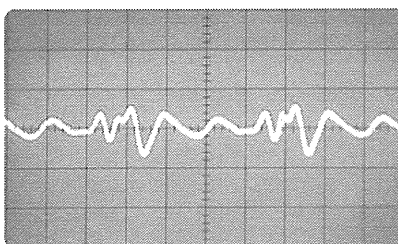
チェロ



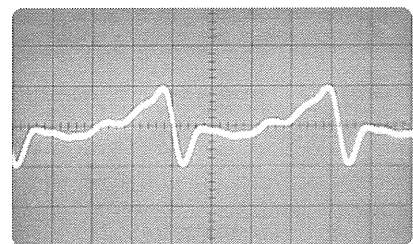
フルート



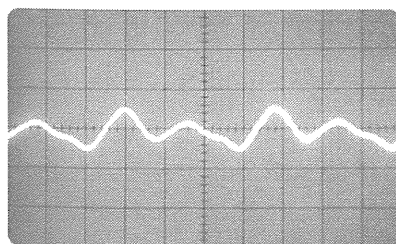
クラリネット



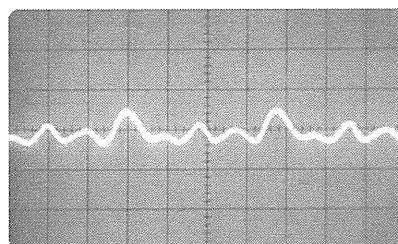
オーボエ



トランペット



尺八



箏

すべての楽器の波形は取れなかったが、楽器による波形の違いがすぐに観察できて、それぞれの波形を見た生徒の反応は、とてもよかった。

それぞれの楽器の音色の違いが、倍音の含まれ方の違いであることが理解できるように、機

械的に倍音を合成したものと比較する。

基本音の振幅100
に対して、

2倍音	80
3倍音	60
4倍音	40
5倍音	20
6倍音	10

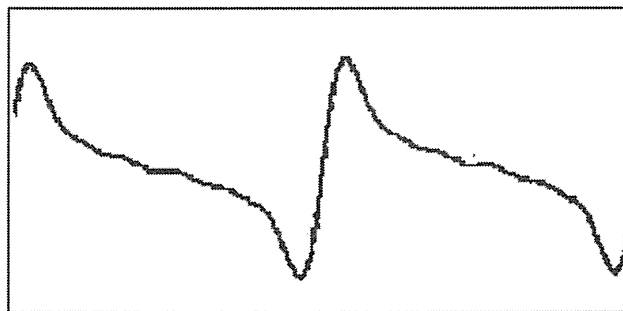


図2-8 倍音の合成

の割合で、合成した波である。

人が音色を意識するのは、倍音を含む楽器の音を聞いたときである。倍音の含まれる割合で、同じ振動数でも違う音色を感じる。時間と共に、倍音の含まれる割合が変わるので、音の印象が変わることもある。どの位の倍音を含んでいるかは、スペクトルアナライザーを用いると分析できるが、学校にはないので、授業では、分析をしているビデオを見ている。

4. 最後に

2章の音については、この後、音響効果や音の屈折、ドップラー効果について授業を行う。本稿では報告しないが、ホールの残響時間や救急車などで体験するドップラー効果などに、生徒は関心を示す。

生徒たちが一番関心のある音について、毎年、授業を行いながら、新しい話題や事柄をどのように盛り込んだらよいのか、試行錯誤している。来年度から新しい教育課程になり、扱う内容も変わってくる。

旧課程の物理 I Aの授業は、今年度で最後であるが、授業を通して、音に深く関わっている生徒たちに、音の不思議さ、奥深さを知ってもらえれば、うれしい限りである。

最後に、生徒の感想を一言：

「音についての実験をしたことが印象に残っています。実験結果には誤差が出てしまったけれど、授業でただ聞いているだけなのと違って、実験したことで、より理解を深めることができたんじゃないかと思います」(男子生徒)

「音については、慣れ親しんでいる楽器がたくさん出てきたので、すーと頭に入った。オクターブの振動数の違いとか、違う視点から楽器を見つめられて楽しかった。波の基本振動とか倍音とかはややこしかった。」(女子生徒)

「ヴァイオリンは聴いていても弾いていても、とてもきれいな音がするのに、オシロスコープで波を見たら、結構ぐちゃぐちゃでびっくりしました。フルートは音の通りにきれいな波でした。」(女子生徒)

「光も音も本当のことなのか、この世で起こっていることなのかという気持ちを抑えられない。本当にそのことは誰か見たのかなという世界なのである。しかし、僕は、これからそういった目に見えないものを扱っていく人間にならなければならない。やはり、音楽はむずかしいのだな。」(男子生徒)

5. 参考文献

- | | | |
|-------------|-------------------|------------|
| (1) 東京書籍 | 指導資料物理の世界〔I A〕解説編 | P. 27 |
| (2) 放送大学教材 | 物理の世界 阿部龍蔵 | P. 73 |
| (3) (1)と同じ | | P. 37 |
| (4) 啓林館 | 高等学校物理 I A 改訂版 | P. 20 |
| (5) ナツメ社 | 図解雑学音のしくみ | P.143 |
| (6) (2)と同じ | | P. 94 |
| (7) 東京書籍 | 物理の世界〔I A〕 | P. 32 |
| (8) (4)と同じ | | P. 28 |
| (9) (4)と同じ | | P. 28 |
| その他, 参考文献 | | |
| ・日本実業出版社 | 音の科学ふしぎ事典 | 唐澤誠 |
| ・音楽之友社 | 管弦楽法 上巻, 下巻 | 伊福部昭 |
| ・音楽之友社 | 木管楽器とその歴史 | アンソニー・ベインズ |
| ・講談社ブルーバックス | 楽器の科学 | 橋本尚 |
| ・全音楽譜出版社 | 新しい音楽通論 | 菊本哲也 |

物理実験 気柱にできる定常波とおんさの共鳴

レポート提出者 (No.) () () 班) 氏名

実験日 年 月 限

目的 気柱の長さの差により、管内にできる定常波が違ふことを、おんさとの共鳴を通して確かめてみよう。

準備 気柱共鳴装置、おんさ（振動数が未知のもの）1本、おんさ用のつち、観測用シール

実験

- ① 気柱共鳴装置の長いガラス管内の空気の温度 t 〔°C〕を測定する。
- ② 水だめを上下させ、ガラス管内の水があふれない程度にしておく。
- ③ おんさをつちでたたき、静かに管の口に近づける。水だめを下げてガラス管の水面を降下させ、おんさに共鳴する気柱の長さ l_1 を求める。
- ④ さらに水だめを降下させ、次に共鳴するときの気柱の長さ l_2 を求める。
- ⑤ さらに水だめを降下させ、次に共鳴するときの気柱の長さ l_3 を求める。

測定 表1

気温 t (°C)	
音速 v (m/s)	

表2

共鳴点	l_1 (cm)	l_2 (cm)	l_3 (cm)
1 回目			
2 回目			
3 回目			
平均			

考察

- (1) (気柱の長さ l_2 - 気柱の長さ l_1) = L を求める。

L = (cm) = (m)

- (2) (気柱の長さ l_2 - 気柱の長さ l_1) と (気柱の長さ l_3 - 気柱の長さ l_2) の値を比較する。

気柱の長さ l_2 - 気柱の長さ l_1 =
 気柱の長さ l_3 - 気柱の長さ l_2 =

- (3) 気柱の定常波の波長 λ を求める。

λ =

- (4) おんさの振動数 f を求める。

f =

発展

(気柱の長さ l_2 - 気柱の長さ l_1) / 2 = 気柱の長さ l_1 にならないのはなぜか。

