

平成17年度京都教育大学教育研究改革・改善プロジェクト経費成果報告書

中学校理科実践教育 「音楽を理科しよう」の開発

平成18年3月

研究代表者

理学科 沖花 彰

研究分担者

音楽科 川口 容子

音楽科 大澤 弘之

音楽科 笹野恵理子

目次

§ 1 はじめに

§ 2 現行理科学習の問題点

- (1) 学力実態調査
- (2) 教師と生徒の認識の相違
- (3) 中学生の既存概念調査
- (4) 理科の教科書における音学習の流れ

§ 3 音楽と理科の融合点を探す

- (1) 音楽の教科書に見る理科の内容

§ 4 音楽を理科する教材の例

- (1) 和音はどうしてきれいに聞こえるの
- (2) ティンパニーはなぜ真ん中をたたかないの
- (3) 倍音の学習その1
- (4) 倍音の学習その2
- (5) 小学校の時にあった鍵盤ハーモニカはどうして鳴るの？

§ 5. まとめ

付録：授業プリント

- 1. 音の鳴るしくみを調べよう（音楽室での演習）
- 2. 音の鳴るしくみを調べようーまとめ

§ 1 はじめに

最近の全国調査によると、生徒にとって理科は主要教科の中で「もっとも好きな教科」である一方で、「もっとも社会や生活の役に立たない教科」であると思われる。身の回りのことからや身近なことから結びつけた理科学習が必要である。本プロジェクトでは現行の理科の音学習の問題点を探り、音楽と理科の接点を見いだすことからはじめ、音楽を通して音や振動に関する中学校向けの理科学習教材や授業カリキュラムを開発する。

これまで楽器や身の回りの音を取り入れた理科教材は数多く見受けられるが学校での音楽学習に密着した理科教材や学習カリキュラムはあまり見られない。音に関する理科教材のほとんどは理科の教師による音が鳴ると言う観点だけで開発されたものである。本研究では理科教員が音楽教員と協力して小中学校で学ぶ音楽学習と有機的に関係付けられた理科教材や学習カリキュラムを開発する。実際に小学校で扱う鍵盤ハーモニカやリコーダのしくみ、音楽のもつ音階や音色、響きを含んだ音楽を取り入れた理科学習がこの研究のねらいである。理科と音楽を総合的に学ぶことは理科を役に立つ教科として実感し興味関心や理解の向上に有効であると同時に音楽学習の中にも考える視点を持たせることができる。

本研究では、

1. 現行の音に関する理科学習の問題点の洗い出し
2. 音楽学習で扱う様々な要素と理科学習の関連付け
3. 音楽学習から得た理科学習教材の開発

について研究を行ったので報告する。

§ 2 現行理科学習の問題点

(1) 学力実態調査

まず現在の理科学習の中で音に関する学習にはどんな問題点があるのかを国立教育政策研究所による平成 13 年度及び平成 15 年度小中学校教育課程実施状況調査、及び同平成 14 年度高等学校教育課程実施状況調査をもとに調べた。表 1～3 に各調査から音に関する学習内容をそれぞれ抜き出した。表は左欄から学習内容、生徒が実際に正解した通過率、問題作成者が標準的な学習を受けていればこのくらいの生徒が正解するであろうと予想した設定通過率を示している。また表 1、2 の調査対象者は中学校 1 年生で表 3 は物理 I B 履修済みの高校 3 年生である。生徒の通過率が教師側の予想した設定通過率よりも下回っている項目を太字で示した。表 1、2 より中学生は音の高低と波形との関係が理解しづらいことがわかる。振幅の大小はそのまま音の大きさの大小と結びつき易い。その一方で振動数の大小が波の細かさになること、音の高さに結びつくことが理解しにくいと思われる。さらに高

表 1 平成 13 年度小中学校教育課程実施状況調査

音に関する学習内容	通過率	設定通過率
音の大小によって波形がどう変化するか理解している	61.5%	65%
音の高低によって波形がどう変化するか理解している	45.7	60
音の伝わる速さと光の伝わる速さを関係づけて雷からの距離を推定できる	58.0	65
音はものが振動して発生することを理解している	78.4	60
実験結果から音が空気中を伝わっていくことを考察できる	80.2	60

表2 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査

音に関する学習内容	通過率	設定通過率
音の高低によって波形がどう変化するか理解している	52.4%	60%
音の大小によって波形がどう変化するか理解している	65.7	65
雷の音が光より遅れて聞こえる理由を説明できる	58.3	55
音の到着時間と雷までの距離の関係を理解している	82.7	55
音が伝わる媒体を理解している	77.3	65

表3 平成14年度高等学校教育課程実施状況調査

音に関する学習内容	通過率	設定通過率
気柱の長さとは基本振動数の関係を理解している	81.7	70
開管と閉管による違いを理解し音の高さと関連づけることができる	41.0	60
固定端における反射波の波形について理解している	54.2	60
気柱の共鳴の実験では、共鳴により音が大きく聞こえることを理解している	59.4	65
気柱内の定常波について理解している	50.3	65
気柱の長さから音の波長を求めることができる	29.3	50

校になると定常波の概念が出てくるが理解が非常に悪くなるのがわかる。唯一振動数と気柱の長さの関係は理解できていることから考えると中学校での弦の長さや音の高低についての学習は理解できていると思われる。従って音の高低と振動数を中心にした学習に力を入れる必要がある。また定常波は中学校では明確には学習内容には含まれていないが弦や音叉の振動の様子にふれる中で「ふし」や「はら」として部分的に含まれている。音の高低は音楽の基本であり振動数と密接に関係し、音色には必ず倍音が含まれるが、それはものの振動が基本振動と倍振動からなることに依る。振動数を中心に据えた音学習が重要である。

(2) 教師と生徒の認識の相違

上記のような生徒の実態をどの程度教師は理解認識しているのだろうか。国立教育政策研究所による前述の調査の中で個々の学習単位について教師が考えている生徒にとっての理解のし易さや興味の持ち易さと、生徒自身が感じた分かり易さと興味の持ち易さを比較しているので、中学校及び高等学

表4 教師と生徒の理解度の相違

音に関する学習単位	理解し易い	理解しにくい	理解度
(中) 光と音 (光の反射や屈折、レンズと像、音の性質など)			
H13 生徒	44.4%	31.6%	1.40
H13 教師	18.3	48.9	0.38
H15 生徒	48.5	37.8	1.28
H15 教師	22.3	57.7	0.39
(高) 音波 (音の伝わり方、共鳴・共振など)			
生徒	33.9%	45.2%	0.75
教師	55.3%	18.4%	3.01

表5 教師と生徒の興味度の相違

音に関する学習単元	興味を持ち易い	興味を持ちにくい	興味度
(中) 光と音 (光の反射や屈折, レンズと像, 音の性質など)			
H13 生徒	37.1%	30.1%	1.23
H13 教師	57.5	11.9	4.83
H15 生徒	37.8	41.1	0.92
H15 教師	59.4	17.2	3.45
(高) 音波 (音の伝わり方, 共鳴・共振など)			
生徒	32.2	43.1	0.75
教師	86.7	6.2	14.0

校の音分野に限って表4及び5に示す。表4が理解度に関するもので表の左から学習単元の内容、理解し易いと答えた割合①、理解しにくいと答えた割合②、理解度①/②を表している。中学校は H13 年度及び H15 年度調査での生徒の回答と教師の回答、高等学校は H14 年度調査での生徒と教師の回答である。中学校では音の分野について生徒は理解し易いと思ってるのに対し、教師は生徒にとって理解しづらい分野であると思っている。逆に高等学校は生徒のほうが理解しづらいと思っている。興味が持ち易い内容であるかについては教師は中学校、高等学校ともに非常に生徒が興味を持ち易いと考えているのに対し、生徒のほうは必ずしもそう思っていない。つまり音に関する学習は教師と生徒の間には理解度においても興味度においても認識にかなりの相違が見られる。生徒にとって分かり易い、興味を持ち易い理科教材を作成していく点からも参考にしなければならない調査結果である。

(3) 中学生の既存概念調査

(2) のような相違が見られたことからまず中学生が音についてどのような既存概念を持っているのかを調べることにした。京都教育大学附属京都中学校 33 名 (2 年生 19 名 3 年生 14 名) に対して概念地図法を用いて音に関する既存概念を調べた。全員が理科の音学習は履修済みである。生徒には主概念ラベルとして「音」のみを提示し後は自由につけたして概念地図を完成させるよう指示した。時間は 15 分である。付け足された概念ラベルを表6のように似通ったものごとに分類してまとめた。

表6 生徒が付け足した概念ラベル

分類	ラベル数	1 位想起数	第 1 リンク数	登場回数	第 1 リンクラベルからの結合線の本数
楽器	24	17	36	119	121
音楽	38	5	41	124	50
周りの音	28	12	45	60	110
自然界の音	25	4	14	52	38
体のしくみ	16	0	9	40	18
動物・植物	15	0	10	38	25
理科	13	2	11	28	26
その他	118	1	10	138	26
合計	277	41	176	599	414

表は左からまとめられた分類名、その中に含まれるラベル数、生徒が一番に想起したラベルの数、主概念「音」から直接結合されている（第1リンク）ラベルの数、概念地図の中に登場している数、第1リンクラベルから出ている結合線の本数である。表をみてもわかるように楽器や音楽といった分類に含まれる概念ラベルが多く付け足されている。楽器という分類の中の主な概念ラベルはピアノ、笛・リコーダなどがあり、音楽という分類には音楽の他、歌、楽譜などの概念ラベルがある。その一方で振動や波といった理科の教科書に出てくる概念は非常に少ない。

（４）理科の教科書における音学習の流れ

現行の中学校教科書から音学習についてその流れを抜き出した。

<大日本図書H14年度版の流れ>

1. 音の伝わり方を調べよう

音源の振動が伝わる → 音が聞こえる

2. 音の大きさや高さを調べよう

調べる材料として挙げられているものは、水を入れたビーカーやゴブレット、空き箱に弦を張ったもの、ストロー笛など身近な音を出すものに限られる。

3. 振動数・振幅という概念を導入し弦の定常波を調べる・・・ものコード・オシロスコープ

参考資料に弦楽器コントラバスとバイオリンの弦の長さや音の高さの違いやオーケストラの並びが左から右に行くにつれて演奏される楽器の音が低くなっていることが載せられている

<学校図書H14年度版の流れ>

1. 音はなぜ出るのだろうか 音が出る様子を調べる

鐘の音、(小)太鼓に紙吹雪、虫の声、音叉が音を出す教材として挙げられている。音のでるものを作るや音の高さや大きさを調べるというところでは空き箱に弦を張ったもの、ストロー笛、リコーダ、ギター、スピーカ、草笛などが挙げられている。また音の大小や高低と振動の様子を調べるというところではモノコード・オシロスコープが挙げられている。

参考資料として空き缶トロンボーンが載せられている。

2. 音はどのようにして伝わるのか

<啓林館>

1. 音の発生と伝わり方

水の中に音叉をつける、太鼓に紙吹雪、ものさしをはじく等の様子が挙げられ、ものが振動して音が出ることをしめしている。

2. 音の大きさや高さ

空き箱に弦を張ったもの、モノコード・音叉・オシロスコープ、ストロー笛などが教材として挙げられている。

§ 3 音楽と理科の融合点を探す

（１）音楽の教科書に見る理科の内容

§ 2で述べたように理科における音学習は様々な問題を抱えている。その一方で学習内容は
ものが振動する → 音が出る → 強くたたくと大きい音

弦の長さを変えると音の高低が変わる

といった内容に限られ、我々が毎日耳にする音楽にまでつっこんだ学習はなされていない。もちろん音楽の内容全てを中学校段階から理科学習に導入することは複雑すぎて適当ではないと思われる。しかし理科の中で音楽にふれることができれば、逆に音楽の中で理科にふれることができれば今日理科教育が抱える様々な問題に解決の糸口を与えられると思われる。

そこでまず現行の音楽学習に含まれる理科的要素を教科書から探し出した。使用した教科書は中学生の音楽1、2・3上下、中学生の器楽（教育芸術社）、音楽のおくりもの中学音楽1、2・3上下、中学器楽（教育出版）である。

<1. 発声に関すること>

- ・声帯、のど、姿勢など発声のしくみ
- ・変声期
 - 女子：音色が変わる
 - 男子：声域が低くなる
 - 音色も変わる
- ・呼吸法
 - 横隔膜と腹式呼吸
 - 文楽 太夫の発声 腹式呼吸とオトシ

<2. 音階に関すること>

- ・音名と階名 全音と半音 度 長調と短調（全全半全全全半と全半全全半全全）
- ・日本の音階 陽音階、陰音階、律音階、沖縄の音階

<3. ハーモニー>

- ・和音 主要3和音、属7和音
 - ハ長調の和音 Iの和音のしくみ ド全全ミ半全ソ
 - イ短調の和音 Iの和音のしくみ ラ全半ド全全ミ

<4. 楽器>

- ・打楽器
 - 和太鼓
 - 鉦打太鼓・締太鼓
 - ティンパニー
- ・弦楽器
 - ギターの練習
 - 押さえるのはフレットのすぐ左横：フレッドから駒までで弦の長さが決まる
 - アポヤンド奏法とアルアイレ奏法
 - 箏（こと）
 - 龍角から柱（じ）までを弾く
 - 押し手：張力を変える 強押し、弱押し、後押し
 - 三味線
 - 駒と勘所で弦の長さが決まる
 - サワリ：サワリ山に一の弦がふれる
- ・管楽器
 - リコーダの練習

チューニングとジョイント 演奏中温度が変わってピッチ（音の高さ）が変わる
サムホールとオクターブ 高い音を出す・サムホールの隙間を小さくする
ソプラニーノ、ソプラノ、アルト、テノール、バス、グレートバス、コントラバス
息づかい（滑らかな息づかい）、息が強すぎると音が裏返る

尺八の演奏

息を当てる角度を変える
メリ：あごを引いて吹くと音が下がる
カリ：あごを出して吹くと音が上がる

篠笛の演奏

一本から八本まで：半音ごとに笛の長さが短くなる

鍵盤楽器 チェンバロとピアノ パイプオルガン

<5. 世界の楽器>

邦楽 管楽器：竜笛・ひちりき・しょう
打楽器：かっこ・しょうこ・つり太鼓
弦楽器：楽琵琶・がくそう
アジア 管楽器：ズルナ・バーンスリー・ケーン
弦楽器：ウード・カヤグム
打楽器：トガトン・トガリ・クビン
弦楽器：バラライカ、タンブーラー、チャランゴ
管楽器：シーク、バグパイプ
打楽器：タブラー、シタール、ドラム

以上のように、現行の中学校の音楽学習には多くの理科的な要素が含まれていることが分かる。われわれはこの中から中学生にもわかるような理科教材を開発することにした。これまでに検討した理科教材について報告する。

§ 4 音楽を理科する教材の例

(1) 和音はどうしてきれいに聞こえるの

○音の高低と振動数の学習の発展

振動数の概念が定着していないことを考え、音階と結びつけた学習を考えると効果的である。

○音階と振動

ドレミはどういう風に作られた？

1 オクターブが振動数で倍になること、全音と半音が振動数で倍の開きがあること→12 音平均律
完全5度といった振動数比を元にして作る → 自然純正律

A（ラ）が 440Hz

○和音を見る

これまでの理科学習では正弦波しか見せない。実際の音は複数の正弦波（特定の振動数の波）が合成されてできていることを学習する。

観察学習：

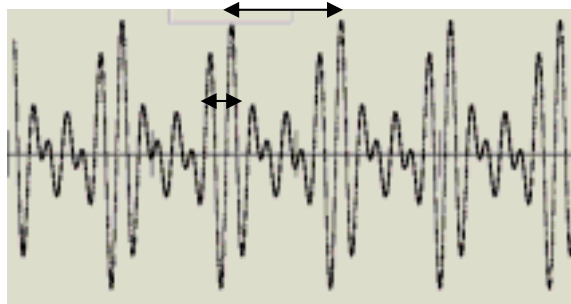
きれいな音とそうでない音は波形に違いがあるのだろうか？

○ハ長調の長3和音は波形が同じで周期が違う。振動数の比が同じ4：5：6

つまりいずれも音色が同じで少しずつ高さが違う。

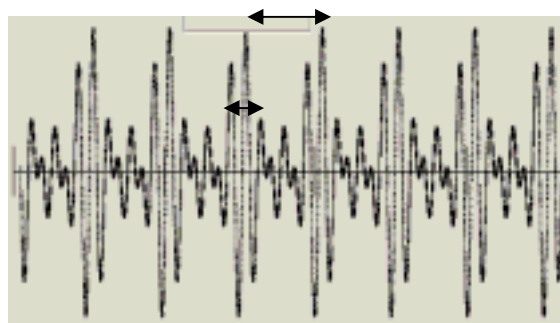
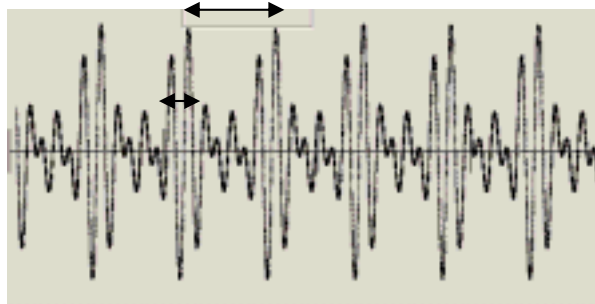
ドミソ 周期約7.5m秒

主なひとかたまりの長さ約2.5m秒



ファラド 周期約6.0m秒

主なひとかたまりの長さ約2.0m秒



ソシレ 周期約5.0m秒

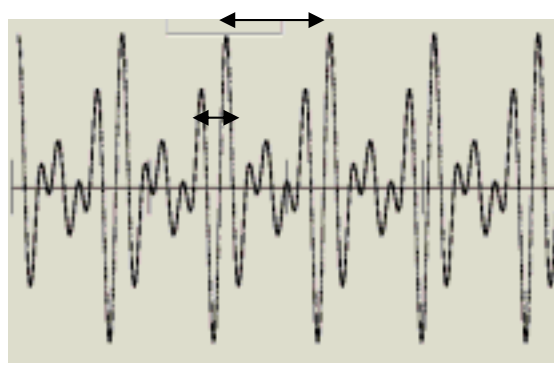
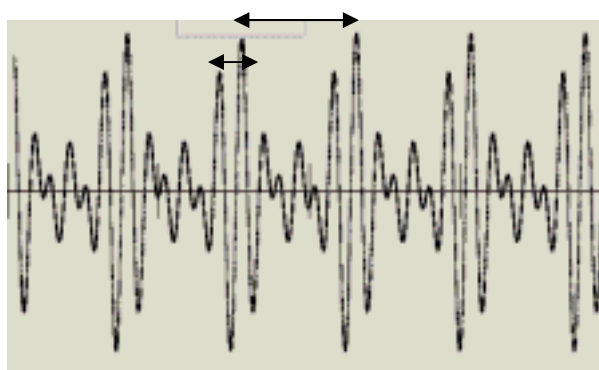
主なひとかたまりの長さ約2.0m秒

○ドミソとソドミは同じ？違う？

波形も周期も似ている 同じような音色で同じような高さで聞こえる。

ドミソ 4：5：6 周期約7.5m秒 主なひとかたまりの長さ約2.5m秒

ソドミ 3：4：5 周期約8.0m秒 主なひとかたまりの長さ約3.0m秒



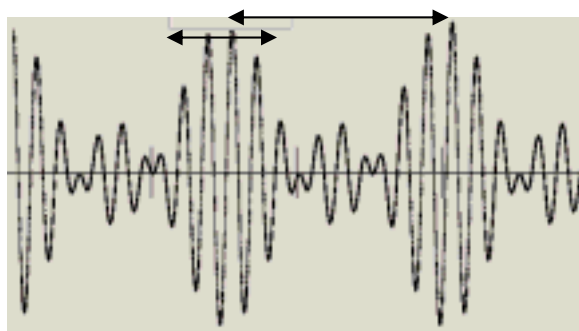
○その他の和音

ドレミ 8：9：10 周期約15.0m秒

主なひとかたまりの長さ約7.0m秒

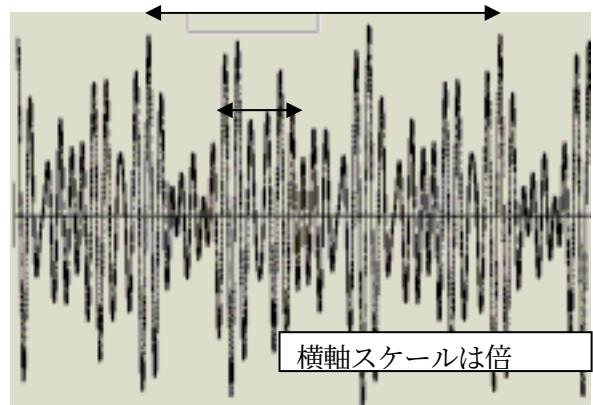
波形は比較的きれい 周期はやや長い

ある程度調和してやや低く聞こえる？



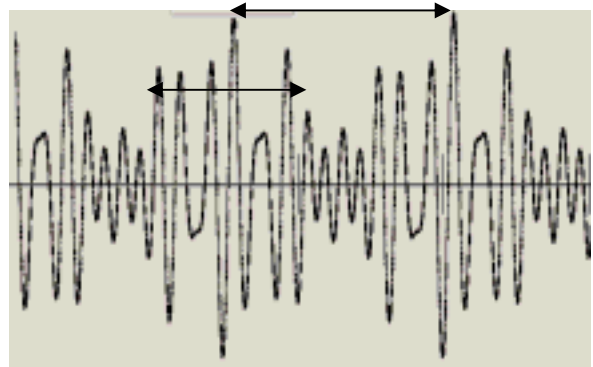
ドレファ 24 : 27 : 32 周期約470m秒

主なひとかたまりの長さ約100m秒
周期が長すぎる ひとつのまとまった音に
聞こえない



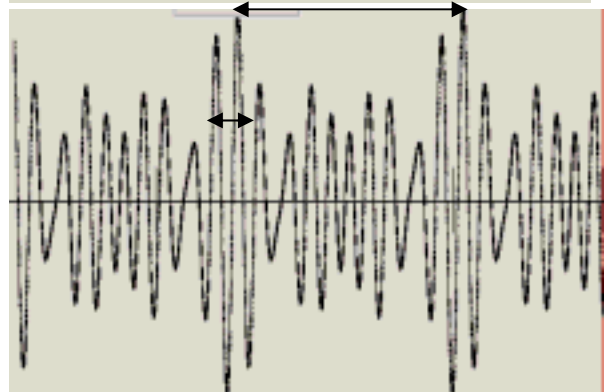
ドレソ 8 : 9 : 12

周期約150m秒
主なひとかたまりの長さ約100m秒
波形にまとまりがない



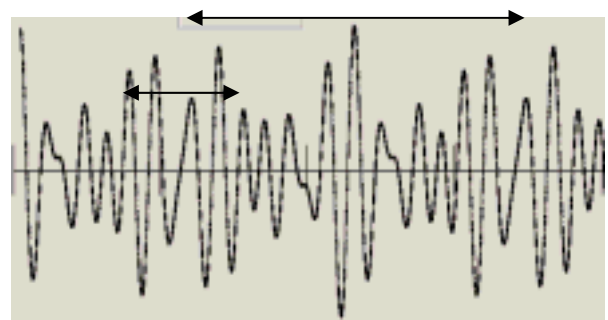
レミソ 9 : 10 : 12

周期約150m秒
主なひとかたまりの長さ約25m秒



○ラドミ 10 : 12 : 15

周期約240m秒
主なひとかたまりの長さ約80m秒



(2) ティンパニーはなぜ真ん中をたたかないの

○基音と倍音、響きのある音

音楽の教科書では大太鼓は真ん中をたたくのにティンパニーは真ん中から2/3のところをたたくと書いてあります。理由は円形状の振動体での定常波と空気の非圧縮性にありますが、実際に皮の上にビーズなどを乗せて振動の様子を見せることでたたく位置と振動の様子の違いを学習することができます。



真ん中から2/3のところをたたいた直後の様子

定常波の学習は中学校では行われませんがものが振動するときよく揺れる「はら」揺れない「ふし」があることは学習する。

固定された点でふしになることを理解したらふしとはらによる振動パターンを考え、倍振動も起こりうることを、実際には基本振動以外に倍振動が起きていること、それが響きのある音を作っていることを示す。



真ん中をたたいた直後の様子

ティンパニーの場合は真ん中をたたくと真ん中のみが大きく振動するが端をたたくと全体が振動する。太鼓の場合は真ん中をたたいても全体が振動する。



太鼓の真ん中をたたいた直後の様子

(3) 倍音の学習その1

ピアノで低いドと1オクターブ高いドを同時にたたくとさらに高いソの弦が共鳴して高いソが聞こえる。(高いソの鍵盤は押さえておき弦が固定されないようにしておく。)

振動数の関係は以下の通り。

低いド

基音	倍音	3倍音	4倍音	5倍音	6倍音
132	264	396	528	660	792

ド

基音	倍音	3倍音
264	528	792

上記のように一つの音がなくても必ずその倍音が鳴っていることを耳で確かめることができる。



ピアノで倍音を確かめよう

(4) 倍音の学習その2

メロディパイプを回していろんな音を出そう。同じ筒の長さなのに筒を回す速さで鳴る音が変わる。速く回せば回すほど倍音が鳴る。耳で聞いたり、オシロスコープで振動数を確認する。

(5) 小学校の時にあった鍵盤ハーモニカはどうして鳴るの？

リード楽器もふしとはらの長さで音階を作る。鍵盤ハーモニカは小学校のとき必ず学習する楽器であるがその原理はほとんどの生徒が知らない。筒を吹くので管楽器のイメージをもつものが多い。使わなくなった鍵盤ハーモニカを持ってこさせて中を分解してその原理を探ると非常に興味を持つ。



鍵盤ハーモニカの中をあけた様子



鍵盤ハーモニカの中のリードをストローで吹いて音を出す実験

§ 5. まとめ

理科学習を音楽学習から探るという観点で研究を行ってきた。その中で音楽は非常に科学的であり理学的であるということであった。授業や教材の種になることがらは非常に多く、生徒のみならず大人も楽しめる理科教材を作ることが十分可能だと考える。テスト的に作成した中学校向けの授業プリントの例を付録に示す。

最後に演奏室の使用に際しお世話になった音楽科の山口博明先生、ビデオの撮影にご協力いただいた高木亜里子氏に感謝する。

付録：授業プリント

1. 音の鳴るしくみを調べよう（音楽室での演習）

名前（）

調べた楽器の名前（）

その楽器の種類

打楽器 弦楽器 管楽器 その他（） 楽器

調べた方法

調べた結果

（どこがどのようになって音が出ているかを書くこと。いくつか違う場所を調べること）

音の強弱をつけるためにはどうするか？（つけられない場合もあります）

音の高低をつけるためにはどうするか？（つけられない場合もあります）

2. 音の鳴るしくみを調べようーまとめ

振動の様子でわかったこと

その1 大きく振動する部分「腹（はら）」と 振動しない部分「節（ふし）」がある

○「ふし」と「はら」についてのまとめ

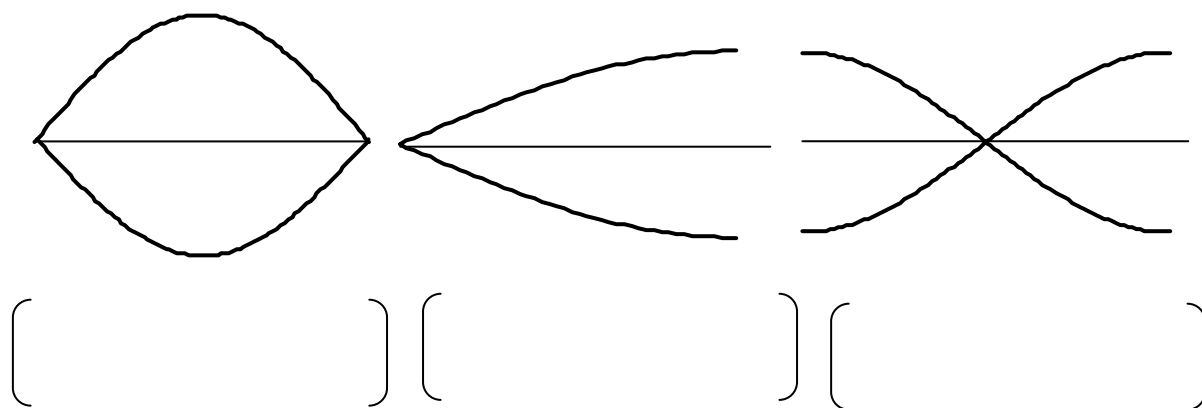
音はいろんなものがゆれて（振動して）鳴っています。そのときよく見るとよく振動する部分（はら）と振動しない部分（ふし）があることが分かります。両端を固定してある弦では両端が「ふし」になります。また底のある筒を吹いて音が鳴るのは、筒の中で空気は底で「ふし」、口の部分が「はら」となるように振動します。さらに底が空いている筒も上手に吹くと鳴りますがあれは底も口の部分も「はら」になっています。

揺れている様子を図に描くと下のようになります。たて軸が振動の大きさ「振幅」（しんぷく）を表します。

①両端が「ふし」

②一端が「ふし」一端が「はら」

③両端が「はら」



上のかっこ内に楽器の名前を書き込んでください

その2 音の大小は振動の大小で決まる

○大きくたたいたりはいったり吹いたりすると振動が大きくなる

→ 聞こえる音が大きくなる

振動を表した図でいうと縦方向の幅—**振幅**が大きくなる

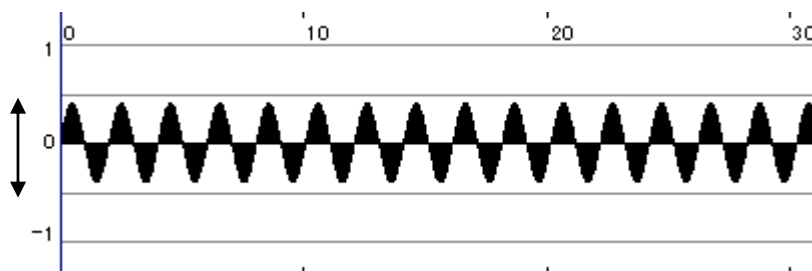
下の図は振動の様子を時間とともに記録したものです。

どちらかを消しましょう

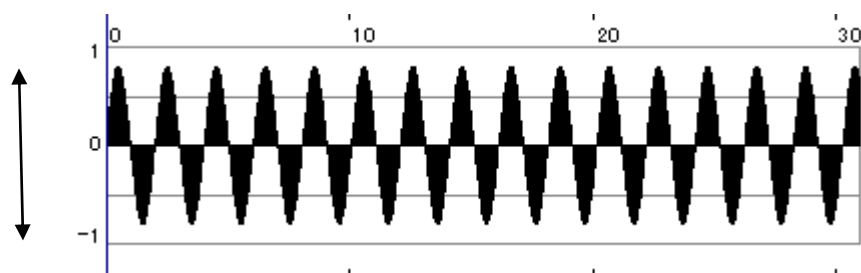
小さな・大きな音

振幅・振動数が小さい・大きい

波のゆれ幅を振幅と言います。



小さな・大きな音
振幅・振動数が小さい・大きい



その3 音の高さは振動するものの状態（張り具合、密度、固さ、材質など）が決まっているとき
振動する部分（節から節まで、節から腹まで）の長さで決まる

○弦の長さを変えたり管の長さを変えると振動の細かさが変わる

→ 聞こえる音が高くなったり低くなったりする

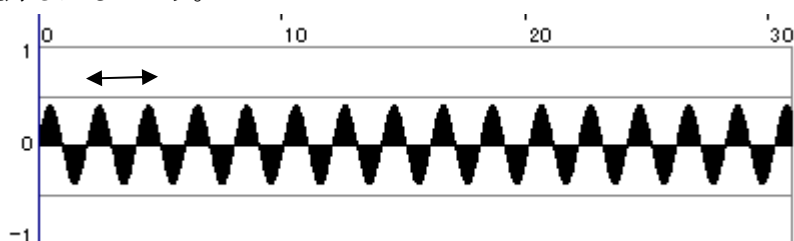
振動を表した図でいうと横方向の繰り返しの回数が変わる

下の図は振動の様子を時間とともに記録したものです。

どちらかを消しましょう

高い・低い音

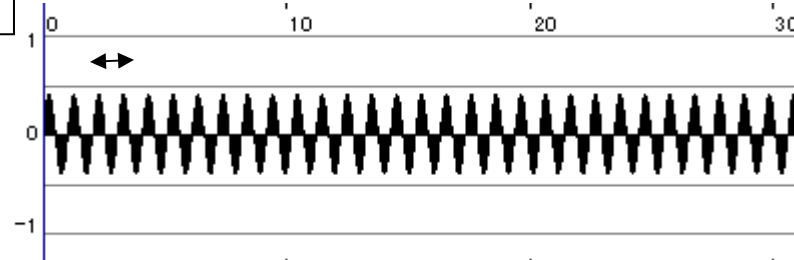
振幅・振動数が小さい・大きい



波の細かさ（一秒間にゆれる回数）を
振動数と言います。

高い・低い音

振幅・振動数が小さい・大きい



音階と振動数

ハ長調（自然純正律）

音階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
振動数比	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
振動数(Hz)	264	297	330	352	396	440	495	528

ギターの弦の長さを測ろう（弦を止めているところ「サドル」までの長さ）

振動のタイプ①

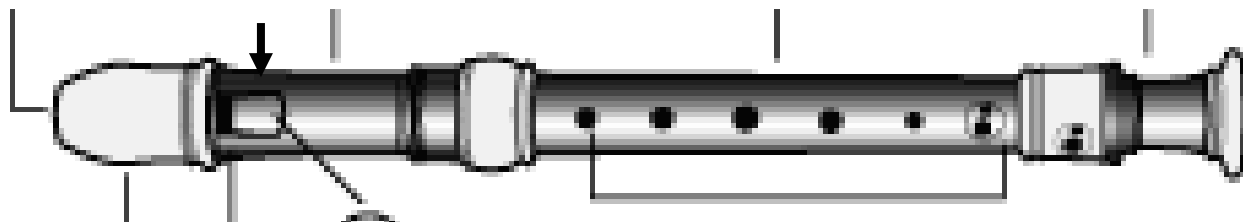
音階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
弦の長さ ()	61cm	54	49	46	41	36	32	31
長さの比	1	(0.89)	(0.80)	(0.75)	(0.67)	(0.59)	(0.52)	(0.51)
振動数比の逆数	1	8/9=0.89	4/5=0.80	3/4=0.75	2/3=0.67	3/5=0.60	8/15=0.53	1/2=0.50

リコーダの穴の位置を測ろう（空気のでるところ「ラビューム」からの長さ）

振動のタイプ③

音階	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ	ド
穴の位置	()	()	()	()	()	()	()	()
長さの比	1	()	()	()	()	()	()	()
振動数比の逆数	1	$8/9=0.89$	$4/5=0.80$	$3/4=0.75$	$2/3=0.67$	$3/5=0.60$	$8/15=0.53$	$1/2=0.50$

もしギターのように振動数の比だけで穴の位置が決まっていたら？



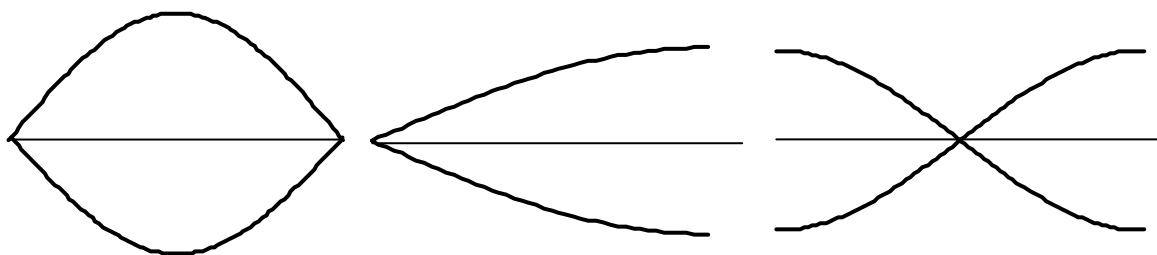
振動の様子つづき

管の中の空気が振動するとき **同じ長さ** **同じ形** でも吹き方で音が違うのはなぜだろう？

やってみよう リコーダを弱く吹く・強く吹く
 メロディーパイプをゆっくり回す・速く回す

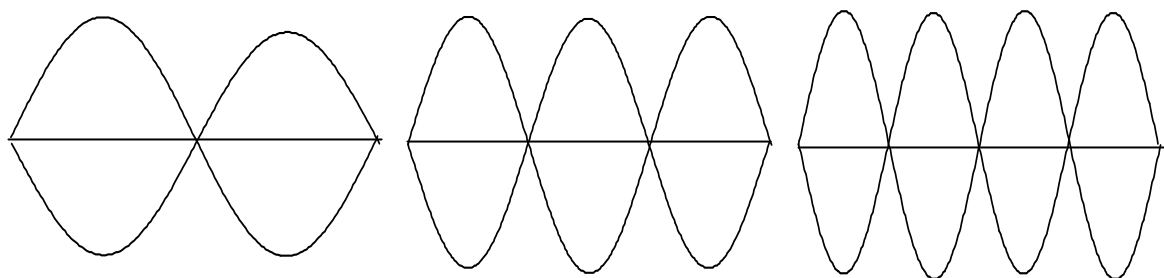
管の中の空気がゆれている様子は口と底が開いているか閉じているかで以下のように3種類あります。

①両端が「ふし」 ②一端が「ふし」一端が「はら」 ③両端が「はら」



ただこれが振動のすべてでしょうか？両端が「ふし」になる振動の様子はまだあります。

①-2 2倍振動 ①-3 3倍振動 ①-4 4倍振動



振動が2倍、3倍と増えて端から端までの長さは変わらないので振動は（細かく・荒く）なります。
つまり振動数が（大きく・小さく）なり、音が（高く・低く）なります。
②、③のような振動も同様です。下に②の2倍振動、③の2倍振動を考えて書いてみよう。



1つの音を鳴らしても上記のような2倍、3倍の振動が重なって起こります。はじめの基本になる振動を基本振動といいその振動による音を基音と言います。同じように2倍振動に対応する音を2倍音、3倍振動と3倍音・・・と続きます。

基音と2倍音では振動数が倍になっています。つまり基音を鳴らしても必ず2倍音、3倍音・・・が鳴っていることになります。（もちろん倍音が同時に鳴る大きさは基音よりずっと小さく倍音が高くなるほど小さくなりますが・・・）

ドミソってどうしてきれいな和音になるの？

さてハ長調の一オクターブ低いドは132Hz（自然純正率）です。これを基音にして鳴る楽器は必ず倍音がなっていますから

基音	倍音	3倍音	4倍音	5倍音	6倍音	7倍音	8倍音
132	264	396	528	660	792	924	1056
低いド	ド	ソ	高いド	高いミ	高いソ	高いラシ	更に高いド

つまり ドミソはどれも2オクターブ低いドの子供なのです！！だから和音になるのです。

ファラドはどうでしょう

基音	倍音	3倍音	4倍音	5倍音	6倍音
176	352	528	704	880	1056
低いファ	ファ	高いド	高いファ	高いラ	さらに高いド

ソシレは

基音	倍音	3倍音	4倍音	5倍音	6倍音
198	396	594	792	990	1188
低いソ	ソ	高いレ	高いソ	高いシ	更に高いレ

このようにそれぞれファやソが基音となった場合ファラド、ソシレがその子供になっているのです。