

# SSH 物理特別講座（音と音楽の物理）STEAM 指導案

1. 単 元 名 音と音楽の物理～STEAM 教育の視点から～
2. 日 時 令和8年2月13（金）、20（金）
3. 対 象 2年7・10組、8・9組物理選択者
4. 本日の目標
  - ・波の性質（横波・縦波、重ね合わせ、うなり）について理解を深める。
  - ・音の三要素と物理量の関係、および音階（平均律、純正律）の数学的構造を理解する。
  - ・STEAM の観点から Art（音楽）を科学的に捉える視点を持つ。
  - ・管楽器・弦楽器の仕組みを定常波のモデルで理解し、実演を通して科学と芸術（Art）の融合を体感する。

## 3. 展開

### 【第1回】音の性質と音階の数学

過程	学習活動	指導上の留意点
導入	<b>STEAM 教育について</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本校 SSH テーマ「STEAM」の確認。</li> <li>・「Art」をどう理解するか（一般教養、心など）の提示。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ピアノ鍵盤の提示と問いかけ 「なぜ音が高くなるのか？」</li> <li>→ STEAM の視点提示（Art と Science の接続）</li> </ul>
展開1	<b>波の基本性質</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・横波（ウェーブマシン、S波）と縦波（疎密波、P波）の違い。</li> <li>・音は縦波だが、理解のために横波表示を用いる。</li> <li>・空気中の音は縦波であることへの理解</li> </ul>	
展開2	<b>音の三要素とうなり</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高さ（振動数）、大きさ（振幅）、音色（波形）。</li> <li>・可聴領域（20～20,000Hz）と個人差。</li> <li>・重ね合わせの原理とうなりの発生機序。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡単なデモや動画提示</li> <li>・ウェーブマシンによる実演</li> <li>・低周波発信機、オシロスコープ</li> <li>・共鳴音叉</li> </ul>
展開3	<b>音階の構成（数学的アプローチ）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1オクターブは振動数2倍。</li> <li>・平均律：等比数列による12等分（1000Hz～2000Hzの例）。</li> </ul> 転調への対応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・純正調音階：単純な整数比（3:2, 4:3など）による心地よい和音の構成。</li> <li>・和音（三和音など）の響きの違いを、波の重ね合わせとして視覚・聴覚的に確認。</li> <li>・バッハの平均律クラヴィーア曲集第1巻より第1番の実演から和音の進行＝和声を感じる</li> <li>・バッハの2声のインヴェンション第1番の実演から対位法について学ぶ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分散和音の美しさを感じる</li> <li>・どちらの曲もハ長調である</li> </ul>
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音楽と物理の関係整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音の背後にある数学的構造の美しさを感じる</li> </ul>
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音の三要素の理解</li> <li>・波の説明ができる</li> </ul>	

## 【第2回】楽器の仕組みと実演

過程	学習活動	指導上の留意点
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前時の復習</li> </ul>	
展開1	<p><b>管楽器の仕組みと実演</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・開管（両端が腹）と閉管（片端が節・他端が腹）の定常波。</li> <li>・金管楽器の仕組みの説明（バルブ・発音方法）</li> <li>・トランペット・ホルネットの実演による音色の確認。</li> </ul> <p>円錐管と円柱管の違い。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気柱共鳴の実験</li> <li>・実演はしないが木管楽器の仕組みも説明</li> <li>・管の長さの変化が音の変化</li> </ul>
展開2	<p><b>弦楽器の仕組みと実演</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・弦の両端が節となる振動モデル。</li> <li>・チェロの実演による基本振動・倍音の確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・弦の振動モードの理解</li> </ul>
まとめ	<p><b>芸術への昇華</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・J. S. バッハ「無伴奏チェロ組曲 第1番 プレリユード」の実演・鑑賞。</li> <li>・同「第2番」、「第3番」の実演・鑑賞。調整・曲想の違いが人の心にどう訴えるかの問いかけ。</li> <li>・物理学（Science/Math）と芸術（Art）のつながり＝物理現象としての音と、芸術としての音楽の統合の総括。</li> <li>・STEAM 視点 「音楽はどのように科学で説明できるか」</li> </ul>	
評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・楽器の原理説明</li> <li>・観察→理解への接続</li> </ul>	



2026年2月 物理 特別授業

# 音と音楽の物理



## STEAM教育(本校SSHのテーマ)

Science Technology Engineering **Art** Mathematics  
科学 技術 工学 **芸術** 数学

STEMはわかるが、、

**Art** はどう理解する

# 横波と縦波

- 横波... ウェーブマシン、S波
- 縦波... 疎密波、P波
- 空気中を伝わる音は縦波  
わかり易いように横波表示

# 音の三要素

- 音の高さ 振動数 (1秒間に振動する回数)  
人が聞けるのは 20~20000[Hz]  
(個人差が大きい、何[Hz]まで聞こえる?)
- 音の大きさ 振幅 (オシロスコープ)
- 音色 波形の違い (オシロスコープ)

# 重ね合わせの原理

- ・ 山と山が重なると大きな山
- ・ 山と谷が重なると打ち消しあう

(ウェーブマシン)

# うなり

- ・ 振動数のわずかに異なる波が重なると、1秒間に振動数の差の数だけ音が大きくなったり小さくなったりを繰り返す

(共鳴音叉)

# 音階

1オクターブ…振動数が2倍  
音階をつくる (等比数列で12等分)  
どこから始めてもよいから  
 $1000[\text{Hz}] \Rightarrow 2000[\text{Hz}]$



# 平均律音階

1000[Hz]  $\Rightarrow$  2000[Hz]

この間を 12等分する



# 平均律音階

ド = 1000 [Hz] とすると

ド# =  $1000 \times A$

レ =  $1000 \times A \times A = 1000 \times A^2$

レ# =  $1000 \times A \times A \times A = 1000 \times A^3$

...

ド =  $1000 \times A^{12} = 1000 \times 2 = 2000$

より、

$A^{12} = 2$   $A = 12$ 乗根〔2〕 =  ${}^{12}\sqrt{2} = 1.059463$

(Excelで、 $=2^{(1/12)}$  とすればよい)

平均率音階の特徴・・・どの音から始めても均一な音階となる

つまり、転調・移調ができる。

音名	ド	ド#	レ	レ#	ミ	ファ	ファ#	ソ	ソ#	ラ	ラ#	シ	ド
周波数[Hz]	1000	1059.5	1122.5	1189.2	1259.9	1334.8	1414.2	1498.3	1587.4	1681.8	1781.8	1887.7	2000

# 和音 (1)

## ・協和（和）音...振動数の比が簡単な整数比

- (2音の例) 1 : 2 ... 1オクターブ 8度 振動数が2倍  
2 : 3 ... ド : ソ 完全5度 (完全協和)  
3 : 4 ... ド : ファ 完全4度 (完全協和)  
4 : 5 ... ド : ミ 長3度、短6度 (不完全協和)  
5 : 6 ... ド : ミ $\flat$  短3度、長6度 (不完全協和)

- (3音の例) 振動数比は 前ページの平均律音階で考えると  
長調の例 ド : ミ : ソ = 1000 : 1259.9 : 1498.3 [Hz]  
= 1 : 1.2599 : 1.41983  
= 4 : 5.0396 : 5.9932  
 $\doteq$  4 : 5 : 6

- 短調の例 ド : ミ $\flat$  : ソ = 1000 : 1189.2 : 1498.3 [Hz]  
= 1 : 1.1892 : 1.4983  
= 10 : 11.892 : 14.983  
 $\doteq$  10 : 12 : 15

# 和音(2)

- ・不協和音...協和和音以外の音程を含んでいる  
きたない響きというわけではない

8 : 9、9 : 10... 長2度、短7度

15:16、16:17、17:18、18:19、19:20...短2度、長7度

例えば、属七（セブンスコード、ド : ミ : ソ : シ<sup>b</sup>）  
...なくてはならない和音

# 純正律音階

◎長調の例

$$\begin{aligned} \text{ド} : \text{ミ} : \text{ソ} &= 1000 : 1259.9 : 1498.3 \text{ (平均律)} \\ &= 1 : 1.2599 : 1.4983 \\ &= 4 : 5.0396 : 5.9932 \\ &\approx 4 : 5 : 6 \text{ より} \end{aligned}$$

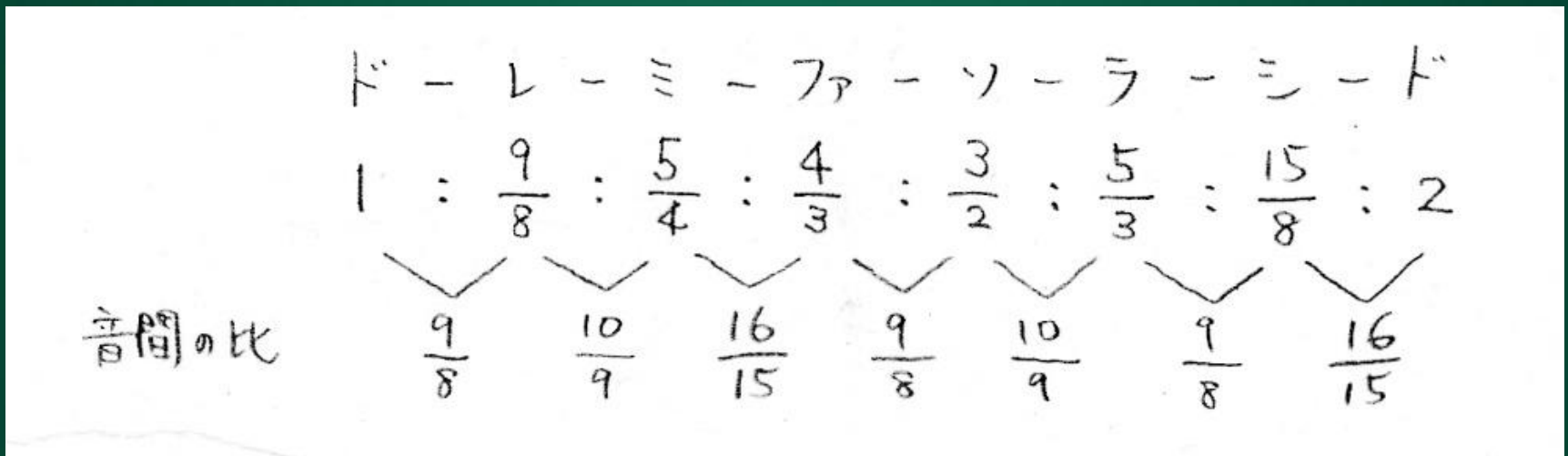
$$\begin{aligned} \text{ド} : \text{ミ} : \text{ソ} &= 4 : 5 : 6 \\ &= 1000 : 1250 : 1500 \text{ [Hz] (純正律)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ソ} : \text{シ} : \text{レ} &= 4 : 5 : 6 \\ &= 1500 : 1875 : 2250 \text{ [Hz]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{レ} : \text{ファ} : \text{ラ} &= 4 : 5 : 6 \\ &= 2250 : 2812.5 : 3375 \text{ [Hz]} \\ &\dots\dots\dots \text{のように調律した音階} \end{aligned}$$

# 純正律音階

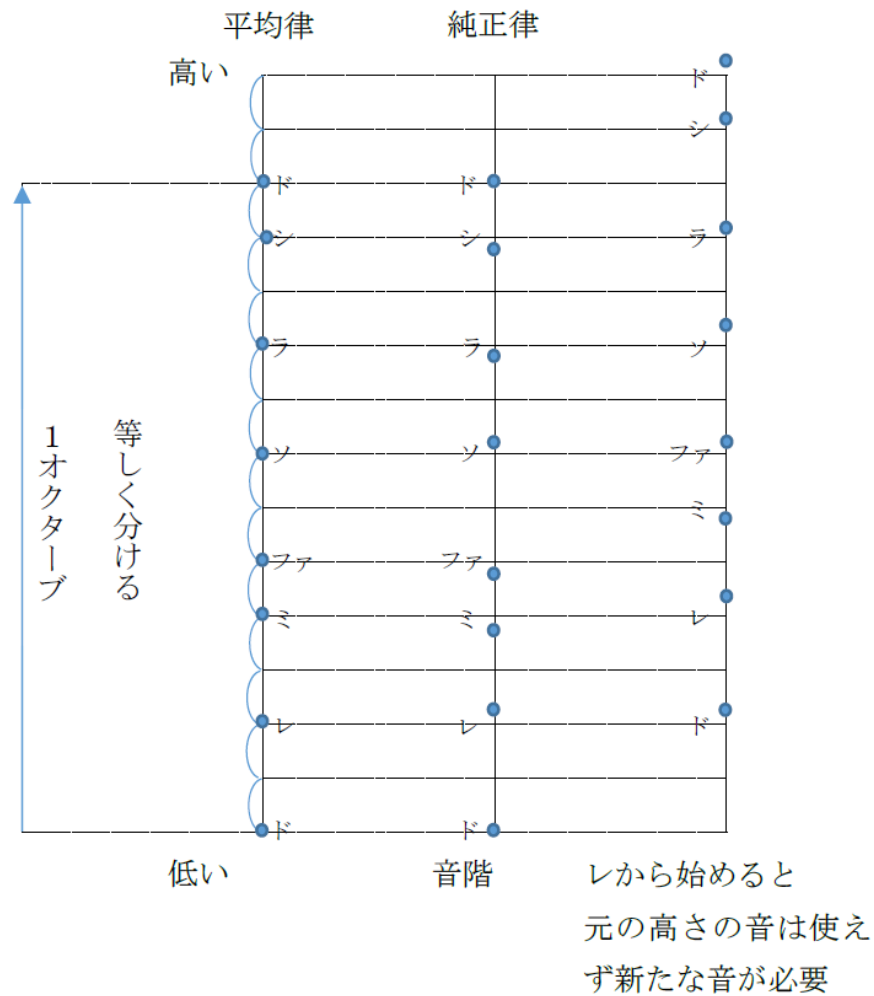
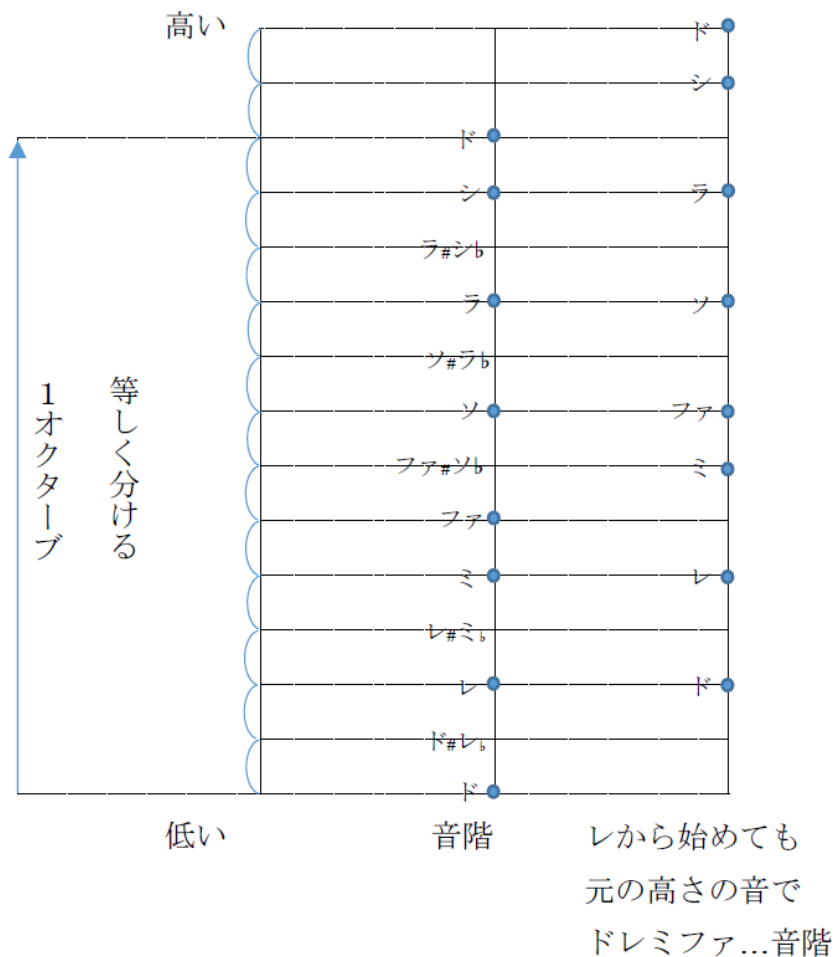
振動数比で



16/15 で表される音間は半音である。  
9/8、10/9 はともに全音であるが、  
9/8 を大全音、10/9 を小全音とよぶ。

# 平均律音階

# 純正律音階



(浜松市 楽器博物館の展示を参考にしました)

# ヨハン・セバスティアン・バッハ作曲

## 平均律クラヴィーア曲集

### 第1巻 第1番 ハ長調 (分散和音)

ドミソ	1000:1260:1498	≐ 4:5:6
ドレラ	1000:1123:1684	≐ 7:8:12
シレソ	944:1123:1498	≐ 5:6:8
ドミソ	1000:1260:1498	≐ 4:5:6
ドミラ	1000:1260:1682	≐ 12:15:20
ドレファ	1000:1123:1335	≐ 15:17:20
シレソ	944:1123:1498	≐ 5:6:8
シドミ	944:1000:1498	≐ 15:16:20
ラドミ	841:1000:1260	≐ 6:7:9
ラレファ	841:1123:1335	≐ 21:28:33
ソシレ	749: 944:1123	≐ 4:5:6

ヨハン・セバスティアン・バッハ作曲

2声のインヴェンション  
第1番 ハ長調

(対位法…複数の旋律を調和を保ちながら同時に奏でる作曲技法)

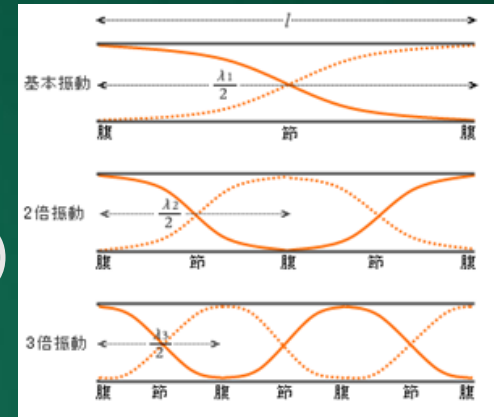
今日はここまで

次回は、管楽器と弦楽器の話

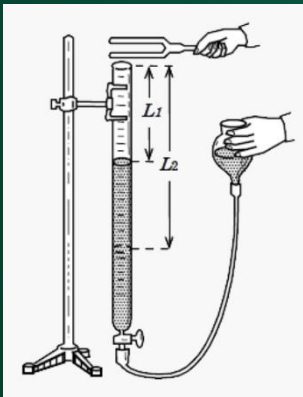
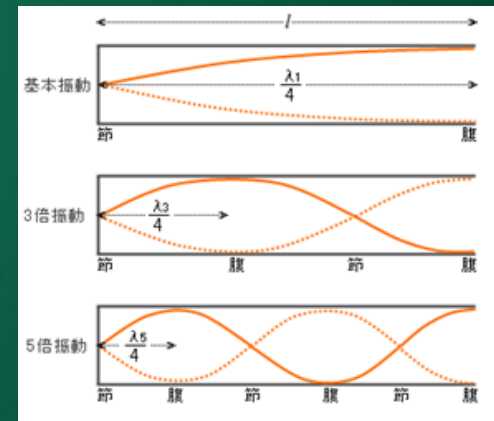
乞う ご期待

# 管楽器の仕組み

**開管**…両端が腹  
あとはフリー  
(クラリネット以外の管楽器)



**閉管**…片端が節で他端が腹  
あとはフリー  
(クラリネット、片側閉 + 円柱)



## 気柱共鳴の実験

トランペット・コルネット独奏

中田喜直作曲

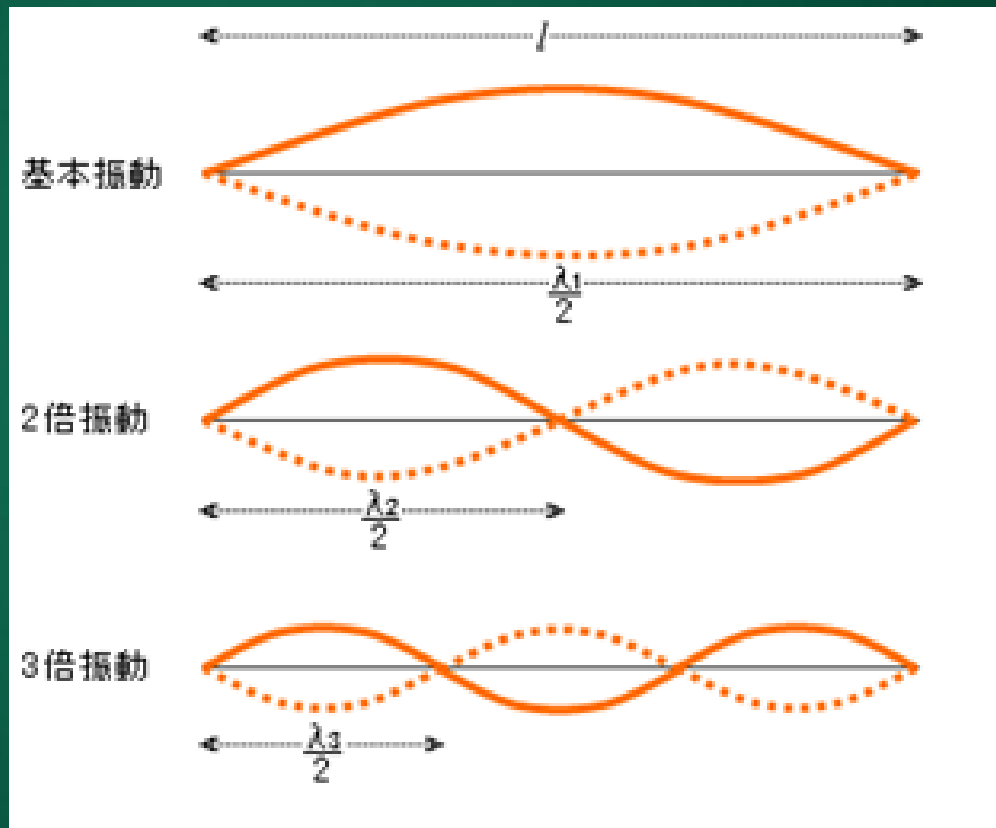
ねむの花

...

# 弦楽器の仕組み

ピアノ、ハープ  
バイオリン  
ギター ...

弦...両端が節  
あとはフリー



ヨハン・セバスティアン・バッハ作曲

無伴奏チェロ組曲  
第1番 ト長調 プレリュード

...



本題に戻って、

## STEAM教育(本校SSHのテーマ)

Science 科学    Technology 技術    Engineering 工学    Art 芸術    Mathematics 数学

Art はどう理解する・・・一般教養、心・・・

おわり