

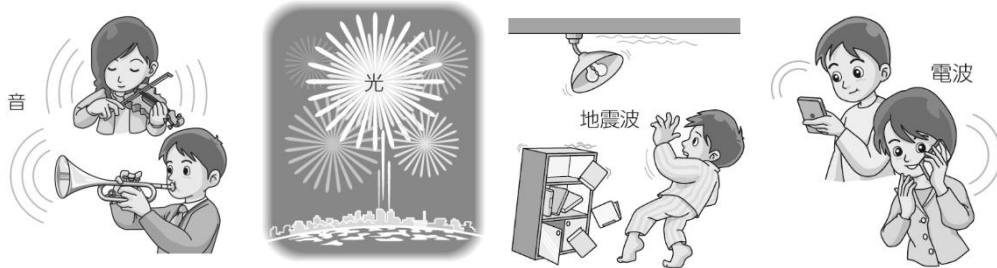
<b>1</b>	<b>波と振動</b>	年 組 番号 ( ) 氏名 ( )
----------	-------------	-------------------

**①波と媒質**

・身のまわりの波

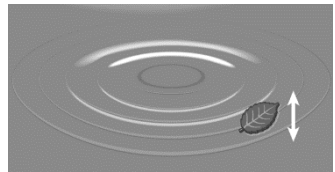
身のまわりには、水面を伝わる波のほかに、さまざまな波がある。

例) 音, 光, 地震波, 電波



**②波を伝える媒質**

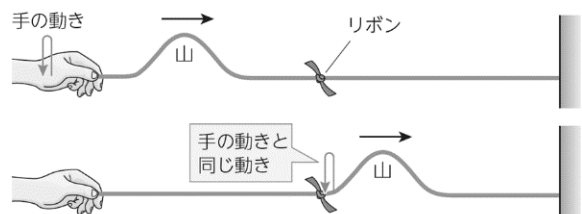
木の葉の浮かぶ水面に小石を投げ込むと、小石の落ちた場所を中心に波紋が広がり、水に浮かぶ木の葉はその場所で上下にゆれて動く。



↓

水の各部分は、その場所で振動を繰り返すが、水そのものが波紋とともに進むことはない。

ひもの一端を手にもち上下に動かすと、ひもは手の動きに応じて山の形になり、この山の形がある速さで伝わっていく。



↓

ひもにつけた目印は、山の通過によって手の動きと (1) ) にゆれ動く。

- ・波 (波動) …物体の一部に生じた振動が、次々と隣の部分に (2) ) 現象。
- ・ (3) ) …最初に振動を始める点。  
例) 小石の落ちた水面, ひもをもった手
- ・ (4) ) …波を伝える物質。  
例) 水, ひも

### ③波のエネルギー

地震波は建物を破壊し、海の波は海岸を浸食する。

↓

波は<sup>(5)</sup> )をもっている。

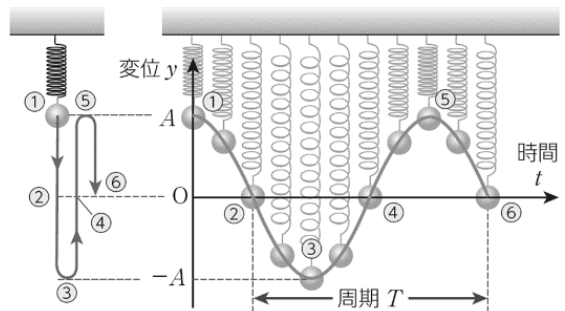
↓

波は、波源の振動のエネルギーが、媒質の振動のエネルギーとなって伝わる現象といえる。

### ④周期的な振動

ばねにつるされたおもりを持ち上げてはなすと、おもりは<sup>(6)</sup> )の位置を中心に、周期的な上下の往復運動を繰り返す。

この往復運動は<sup>(7)</sup> )と呼ばれる最も基本的な振動である。



- ・ 周期 … 1回の振動に要する<sup>(8)</sup> )。
  - ・ 振動数… 1秒間に繰り返す振動の<sup>(9)</sup> )。
- 振動数の単位…ヘルツ(記号 Hz)

振動数 $f$  [Hz] と周期 $T$  [s] の間に成り立つ関係

$$f = \left( \supset^{10} \right) \left( \text{振動数[Hz]} = \frac{1}{\text{周期[s]}} \right)$$

### ⑤波の要素

- ・ 正弦波

波源が単振動を続けて生じる波。正弦波の波形は<sup>(11)</sup> )である。

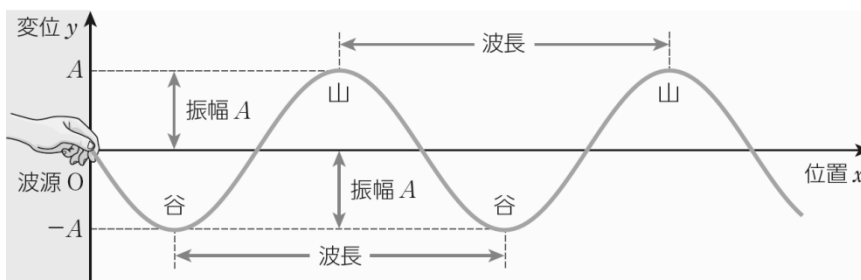
山 … 波形の最も高いところ

谷 … 波形の最も低いところ

振幅…山の高さ(谷の深さ)

波長…同じ振動状態の隣りあう2点間の<sup>(12)</sup> )

(山と山, 谷と谷)

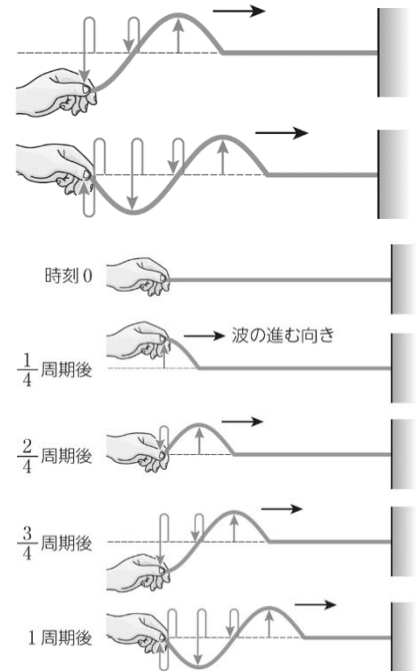


## 2 波の表し方

年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

### ①波の進行と媒質の振動

ひもの右端を固定し、左端を手にもってぴんと張り、手を上下に振動させると、波が(1) 向きに伝わる。



このとき、波形の伝わる速さを(2) という。

波は、周期 $T$  [s] の間に(3) 進む。

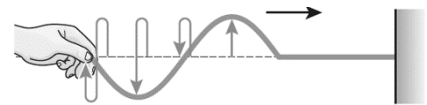
波の速さ $v$  [m/s] は、波長 $\lambda$  [m]、振動数 $f$  [Hz] とすると、

$$v = \frac{\lambda}{T} = (4)$$

$$\left( \text{波の速さ [m/s]} = \frac{\text{波長 [m]}}{\text{周期 [s]}} = \text{振動数 [Hz]} \times \text{波長 [m]} \right)$$

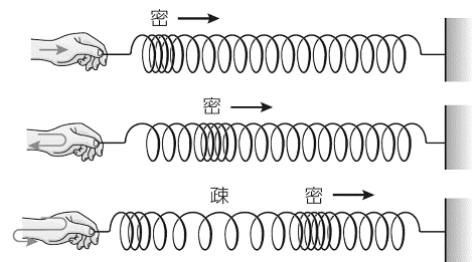
### ②横波

波の進行方向と(5) な方向に媒質が振動する波を、横波という。



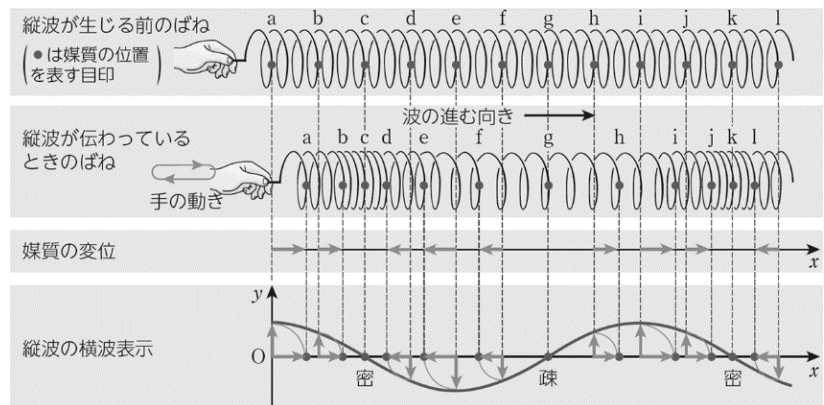
### ③縦波

波の進行方向に媒質が振動する波を縦波 ((6) ) という。



### ④縦波の横波表示

縦波は、進行方向に $x$ 軸、これと垂直な方向に $y$ 軸をとって媒質の変位を示すと、(7) と同じように波形を表示できる。



3 波の重ねあわせ

年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

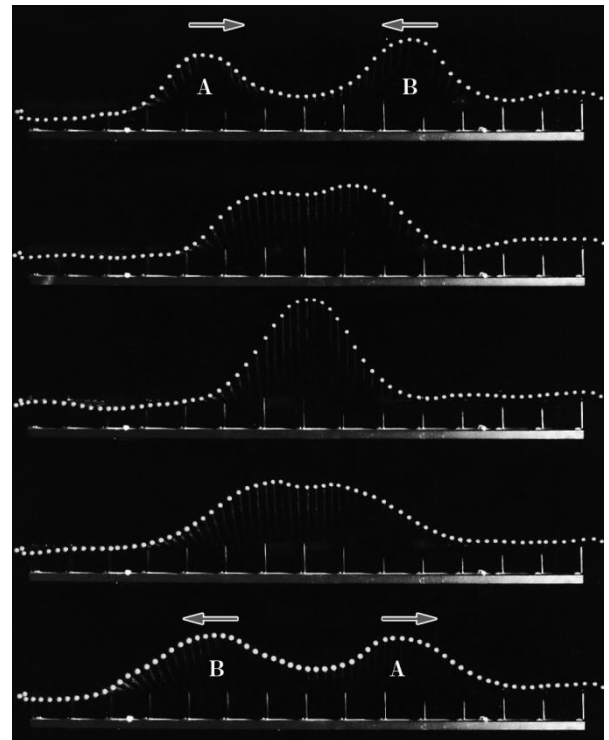
①波の独立性

波動実験器の右端と左端から、孤立した波  
(<sup>1</sup> )を送る。

波の重なりあった波形をつくったのち、それぞれ  
もとの波形で進行する。

・波の独立性

波が他の波の影響を(<sup>2</sup> )伝わる  
性質。



②波の重ねあわせの原理

一般に、波 A と波 B が重なりあった部分の媒質の変位  $y$  は、波 A の変位  $y_A$  と波 B の変位  $y_B$  の  
(<sup>3</sup> )になる。

$$y = (<sup>4</sup> ) \quad ( \text{媒質の変位} = \text{各波の変位の和} )$$

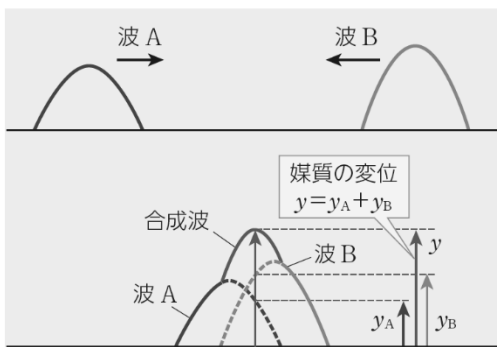
・山と山が重なるとき

より変位の(<sup>5</sup> )合成波ができる。

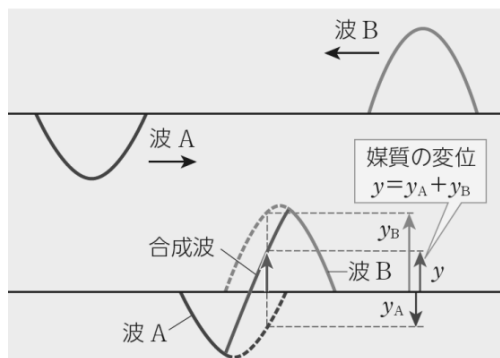
・山と谷が重なるとき

山と谷が(<sup>6</sup> )した合成波ができる。

波の谷の部分の変位は(<sup>7</sup> )の値をもつ。



(a) 山と山の重なり



(b) 山と谷の重なり

4 定常波

年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

①定常波

長いひもを水平に張る。

↓

両端を同じ周期で上下に振動させ、互いに(1) )に進む波をつくる。

↓

大きく振動する部分とほぼ振動しない部分が交互に並び、どちらにも進まない波ができる。

⇒ (2) )

・定常波ができる条件

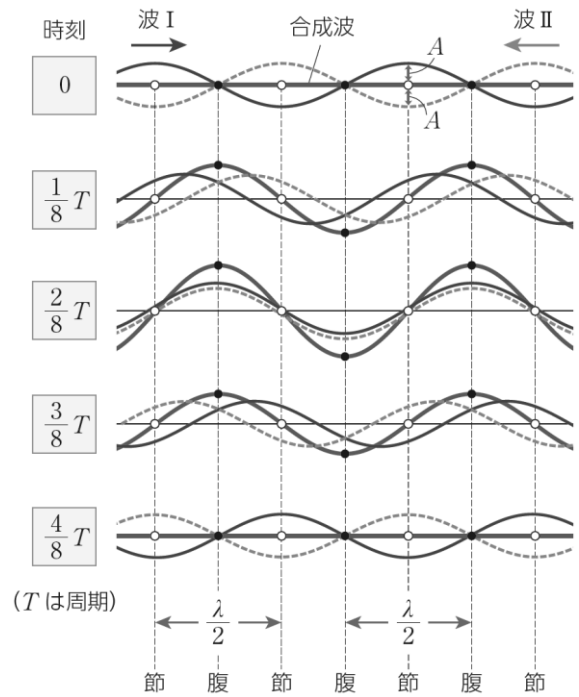
振幅、波長が等しい2つの波が、(3) )  
を、互いに逆向きに(4) )速さで進む。

・節

まったく(5) )点。

・腹

振幅が最も(6) )点。



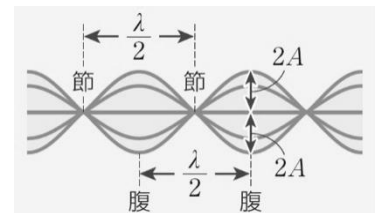
②定常波の特徴

・隣り合う節と節 (または腹と腹) の距離

…もとの波の波長の(7) )

・腹の振幅

…もとの波の振幅の(8) )



**5 波の反射**

年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

**①一直線上を進む波の反射**

波動実験器の一端から山のパルス波を送る。

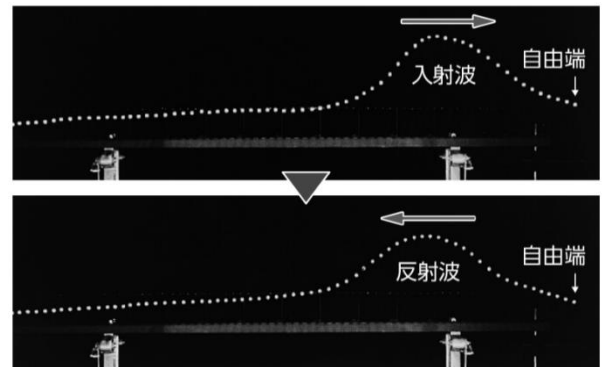
↓

パルス波は他端で反射する。

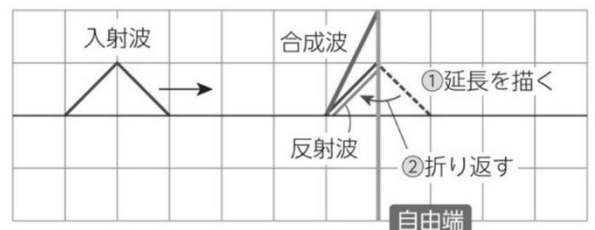
- ・自由端(自由に動く端)の場合  
入射波と<sup>(1)</sup> )がもどる。
- ・固定端(固定されて動かない端)の場合  
入射波と<sup>(2)</sup> )がもどる。

**②自由端における反射**

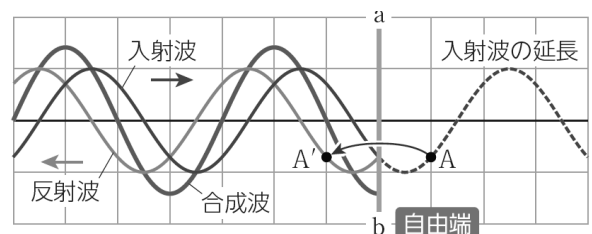
- ・自由端におけるパルス波の反射  
入射波と<sup>(3)</sup> )が反射する。  
(山は<sup>(4)</sup> )として反射する)



- ・反射波の作図  
①反射がおこらないとしたときの、入射波の<sup>(5)</sup> )を描く。  
②入射波の延長を自由端に対して<sup>(6)</sup> )。

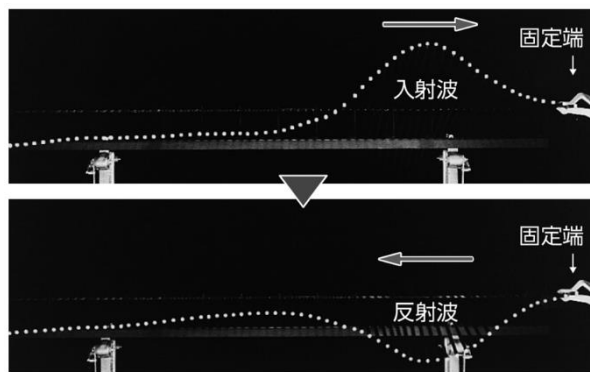


- ・自由端における連続した正弦波の反射  
反射波は、入射波の延長を自由端 ab で折り返したものの。  
合成波は、自由端が<sup>(7)</sup> )となる定常波となる。



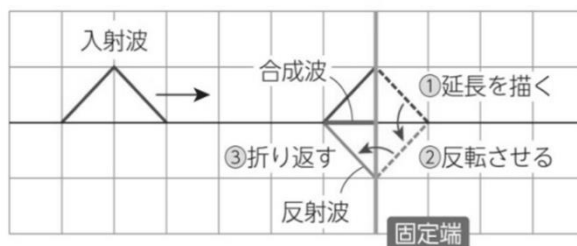
### ③固定端における反射

- 固定端におけるパルス波の反射変位の<sup>(8)</sup> )が反射する。  
(山は<sup>(9)</sup> )として反射)

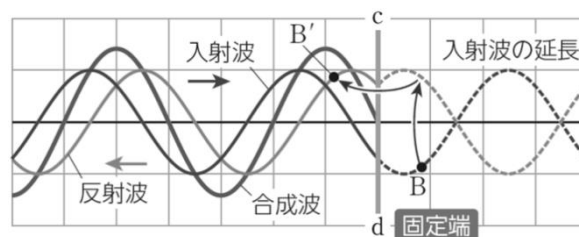


#### ・反射波の作図

- ①反射がおこらないとしたときの、入射波の<sup>(10)</sup> )を描く。
- ②入射波の延長を、上下に<sup>(11)</sup> )させる。
- ③さらに固定端に対して<sup>(12)</sup> )。



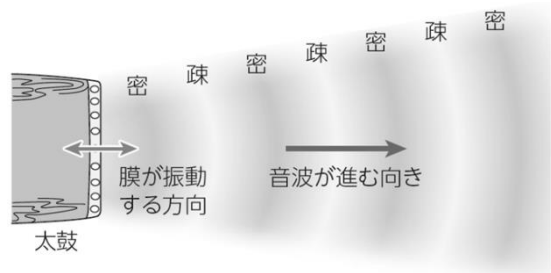
- 固定端における連続した正弦波の反射  
反射波は入射波の延長を<sup>(13)</sup> )させ、さらに固定端 cd で折り返したものの。  
合成波は、固定端が<sup>(14)</sup> )となる定常波となる。



<b>1</b>	<b>音の速さと3要素</b>	年 組 番号 ( ) 氏名 ( )
----------	-----------------	-------------------

**①波としての音**

- ・音波  
 空気の<sup>(1)</sup> ( )に沿った向きに伝わる  
 ( <sup>(2)</sup> )。
- 例：太鼓の振動と音波  
 たたくと膜が振動する。  
 ⇒ 膜に接する空気が振動し、音波として伝わる。



**②音速**

- ・音の伝わる速さは<sup>(3)</sup> ( )によって異なる。
- ・気温0℃のときの音速は、<sup>(4)</sup> ( ) m/s
- ・気温 $t$  [℃] のときの音速 $V$  [m/s] は、  

$$V = ( \sup{(5)} )$$
 (音速 [m/s] = 331.5 [m/s] + 0.6 [m/(s・℃)] × 気温 [℃])

**③ 媒質と音の速さ**

音は空気以外の気体、液体、固体を媒質としても伝わる。また、音速は媒質によって異なる。  
 (一般に、固体 > 液体 > 気体)

媒質		音速(m/s)
気体	ヘリウム(0℃)	970
液体	水(23~27℃)	1500
固体	鉄	5950

媒質のない<sup>(6)</sup> ( )では、音は伝わらない。





2 波としての音の性質

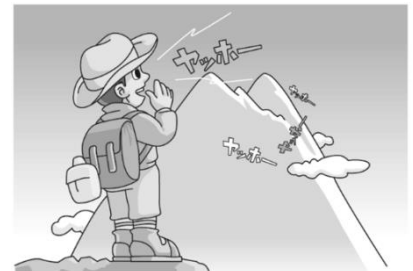
年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

①音の反射

音は異なる( )の境界で反射する。

例：山びこ

空気と山の境界で声が反射してもどってくる。



②うなり

わずかに振動数の異なる2つの音波を重ねあわせたとき、音の  
 大小が( )に繰り返される現象。

同じ振動数のおんさを用意

↓

一方にクリップをつけて、わずかに振動数を( )。

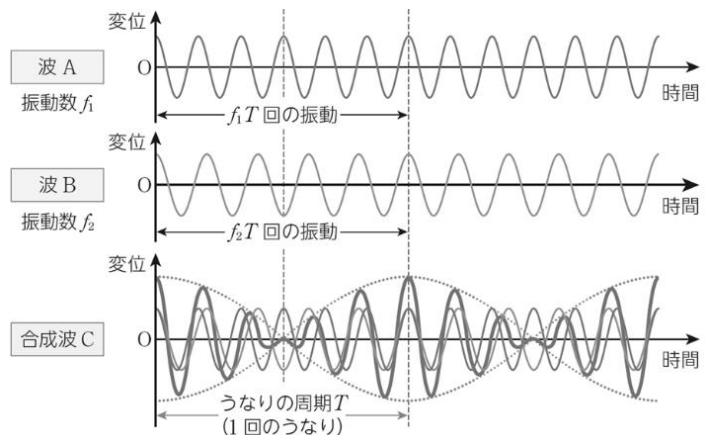
↓

同時に鳴らすと、( )が聞こえる。



③うなりが発生するしくみ

- ・山と山が重なるとき、合成波Cの振幅は( )。
  - ・山と谷が重なるとき、合成波Cの振幅は( )。
- ⇒ 振幅は( )に大小を繰り返す。



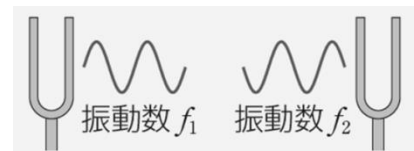
④うなりの振動数

振動数がわずかに異なる2つの波A, 波Bの振動数をそれぞれ $f_1$  [Hz],  
 $f_2$  [Hz] とする。

1秒間あたりのうなりの回数  $f$  は、

$$f = ( )$$

(1秒間あたりのうなりの回数 = 振動数の差の絶対値)



<b>3</b>	<b>弦の固有振動</b>	年 組 番号 ( ) 氏名 ( )
----------	---------------	-------------------

**①物体の固有振動**

・固有振動

自由に振動できる物体はその物体に<sup>(1)</sup> (固有振動数)で振動する。

(例)

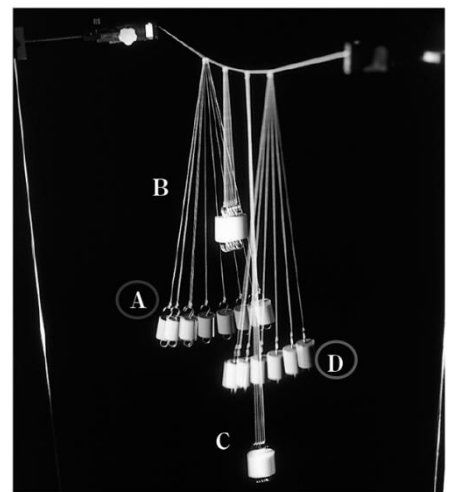
- ・太鼓は、誰がたたいても同じ高さの音で鳴る。
- ・同じ長さの振り子は、いつも同じ周期で振動する。

**②共振(共鳴)**

固有振動数の<sup>(2)</sup> )物体が、相手の<sup>(3)</sup> )を受け取り、しだいに大きく振動する現象。

例：振り子の共振

振り子 A を振ると、やがて、同じ長さの(固有振動数の等しい)振り子<sup>(4)</sup> )のみが大きく振動する。

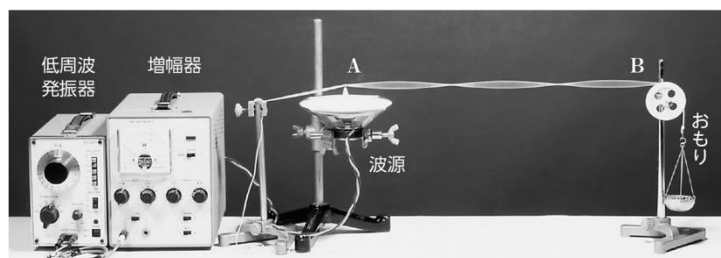


**③弦の固有振動**

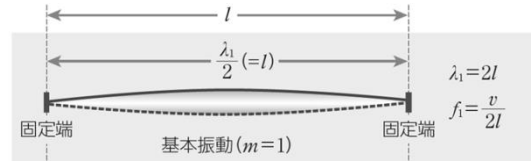
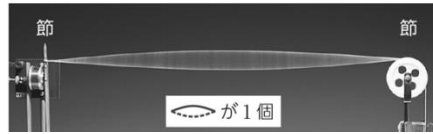
弦の固有振動数と<sup>(5)</sup> )振動数の振動を与えると、弦は共振して<sup>(6)</sup> )が生じる。

与える振動数に応じて、<sup>(7)</sup> )の数が異なる定常波が生じる。

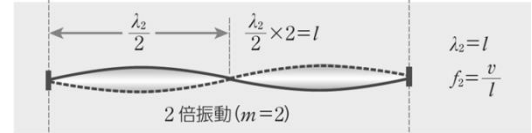
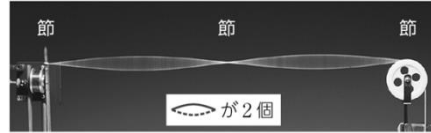
⇒ <sup>(8)</sup> )は1つではない。



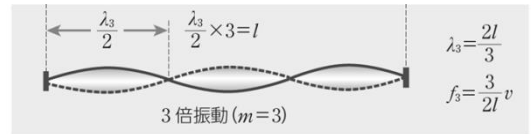
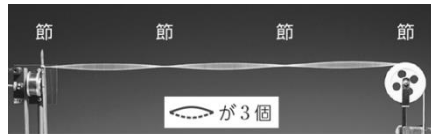
- 基本振動  
( $m = 1$ )



- 2倍振動  
( $m = 2$ )



- 3倍振動  
( $m = 3$ )



#### ④弦の固有振動

- 弦に生じる定常波の波長 $\lambda_m$  [m]

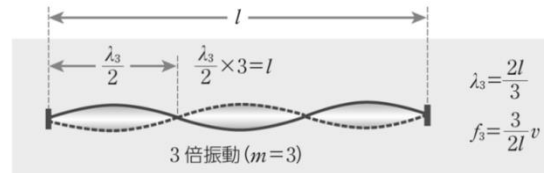
$$\lambda_m = \left( \frac{2l}{m} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

( $l$  [m] : 弦の長さ,  $m$  : 定常波の腹の数)

- 弦の固有振動数 $f_m$  [Hz] ( $v$  [m/s] : 弦を伝わる波の速さ)

$$f_m = \left( \frac{v}{\lambda_m} \right) = \left( \frac{mv}{2l} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\left( \text{弦の固有振動数[Hz]} = \frac{\text{波の速さ[m/s]}}{\text{波長[m]}} = \frac{\text{正の整数}}{2 \times \text{弦の長さ[m]}} \times \text{波の速さ[m/s]} \right)$$



4 気柱の固有振動

年 組 番号 ( ) 氏名 ( )

①気柱の振動

管に息を吹きこむとき、管の長さや吹き込み方によって決まった<sup>(1)</sup> )の音が出る。

↓

管内の空気(気柱)が振動し、<sup>(2)</sup> )が生じている。

例) 管楽器

②閉管と開管

・閉管

管の<sup>(3)</sup> )が閉じているもの。

・開管

管の<sup>(4)</sup> )が開いているもの。

管の種類によって、生じる定常波が異なる。

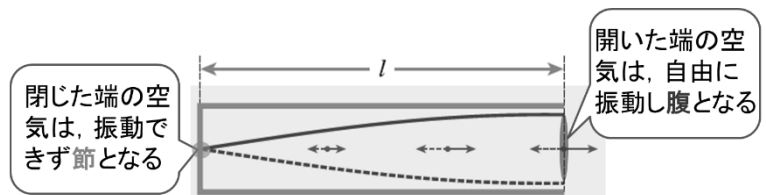
③閉管

・定常波の波長 $\lambda_m$  [m]

$$\lambda_m = \left( \begin{matrix} 5 \\ \end{matrix} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

・定常波の振動数 $f_m$  [Hz] (V [m/s] : 空気中の音速)

$$f_m = \frac{V}{\lambda_m} = \left( \begin{matrix} 6 \\ \end{matrix} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$



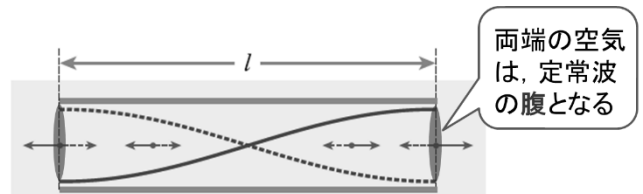
④開管

・定常波の波長 $\lambda_m$  [m]

$$\lambda_m = \left( \begin{matrix} 7 \\ \end{matrix} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

・定常波の振動数 $f_m$  [Hz] (V [m/s] : 空気中の音速)

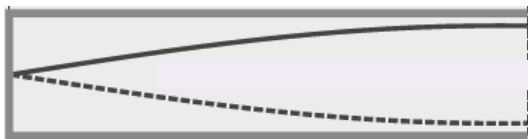
$$f_m = \frac{V}{\lambda_m} = \left( \begin{matrix} 8 \\ \end{matrix} \right) \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$



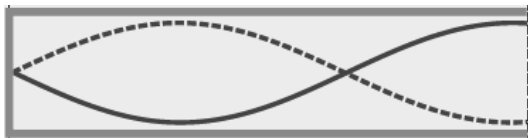
### ⑤気柱の固有振動

(a) 閉管

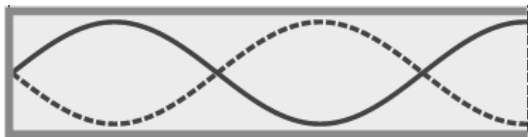
- ・ 基本振動 ( $m = 1$ )



- ・ ( <sup>9</sup> ) 振動 ( $m = 2$ )



- ・ ( <sup>10</sup> ) 振動 ( $m = 3$ )



(b) 開管

- ・ 基本振動 ( $m = 1$ )



- ・ ( <sup>11</sup> ) 振動 ( $m = 2$ )



- ・ ( <sup>12</sup> ) 振動 ( $m = 3$ )

