

# -小型スピーカーをつくらう-

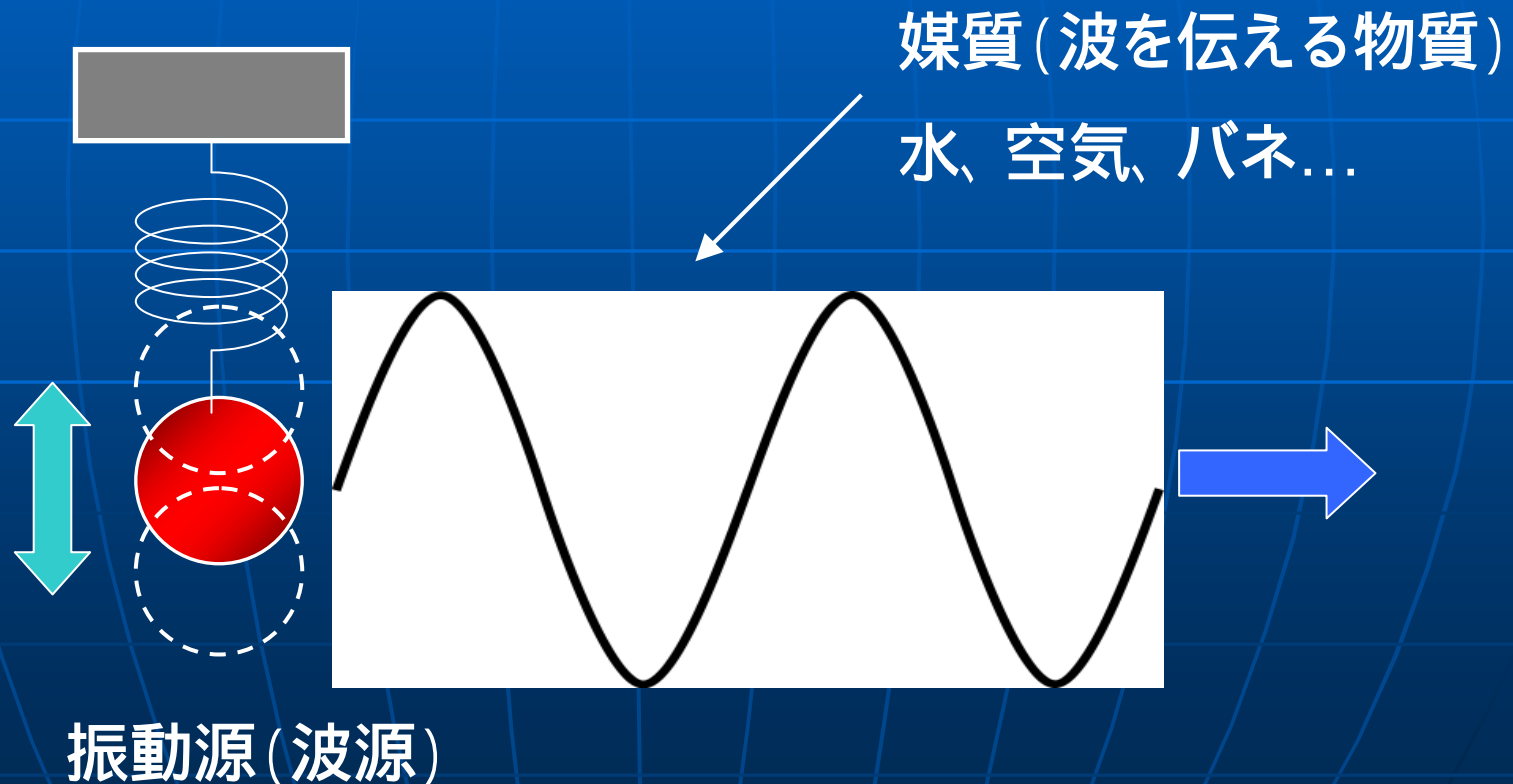
音波の性質を  
調べてみよう!

2010年7月28日 香川大学 工学部

10:00 ~ 13:00

# “波”とは何？

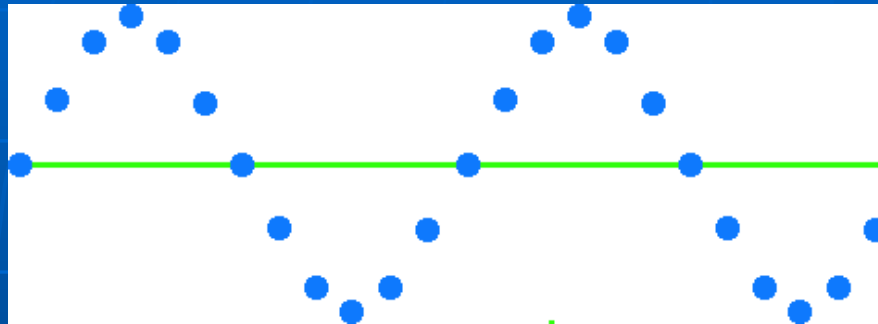
- ある場所で発生した振動が、周囲に伝わっていく現象を“波”と呼びます。



# 横波 と 縦波

## 横波

---



媒質の揺れる方向が、波の進む向きと直角である波

例： 水面を伝わる波

建物の揺れ

## 縦波

---



媒質の揺れる方向が、波の進む向きと同じである波

例： 音波

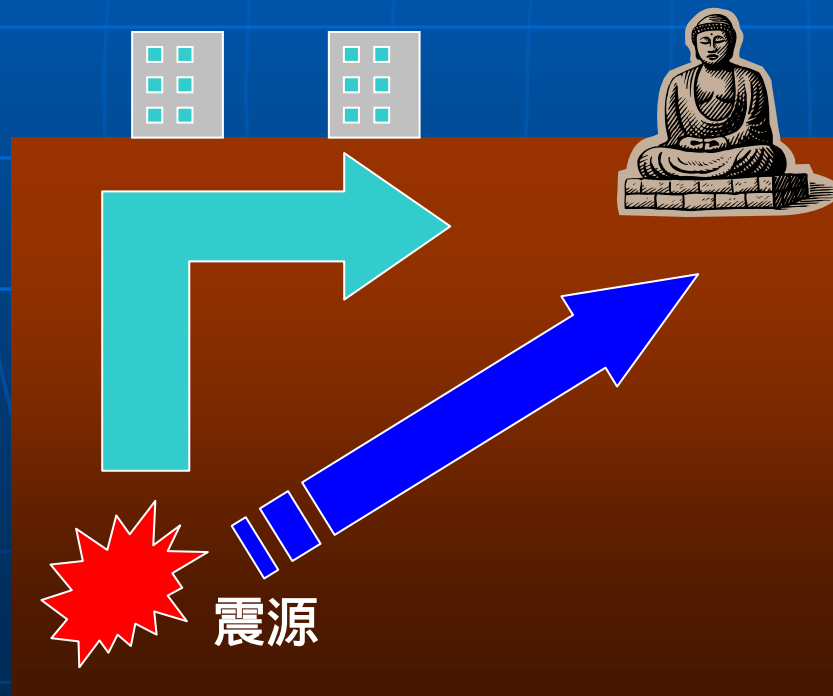
# 地震 と 横波・縦波

## S波（横波）

地表を伝わってくる波で、速度が遅い。だけど揺れが大きい！  
速度：3～4km/h

## P波（縦波）

地中（岩盤）を伝わってくる波で、速度が早い。揺れは小さい  
速度：5～7km/h



先に到達する「P波」を全国の地震計で先に捉えることで、後から来る「S波」の到達時間及び予想震度を計算することができます。

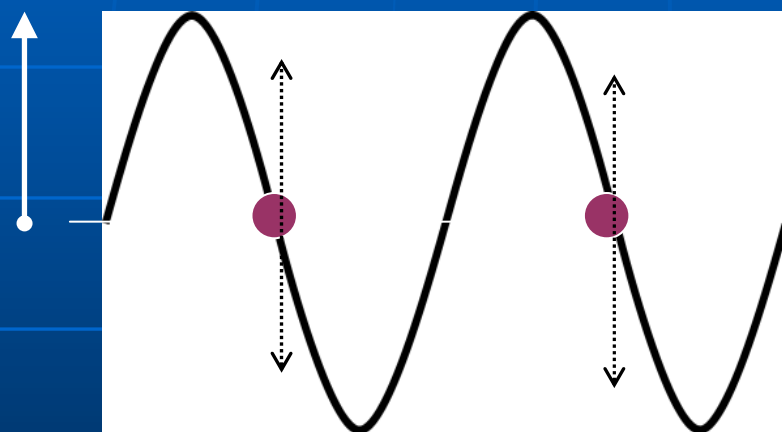
そのシステムが  
気象庁の緊急地震速報です

# “波”あらかわす用語

振動数(または周波数)

ある一点にある媒質が1秒間に往復運動する回数。

振幅(波の高さ)



速度

媒質中を波が伝わる速さ

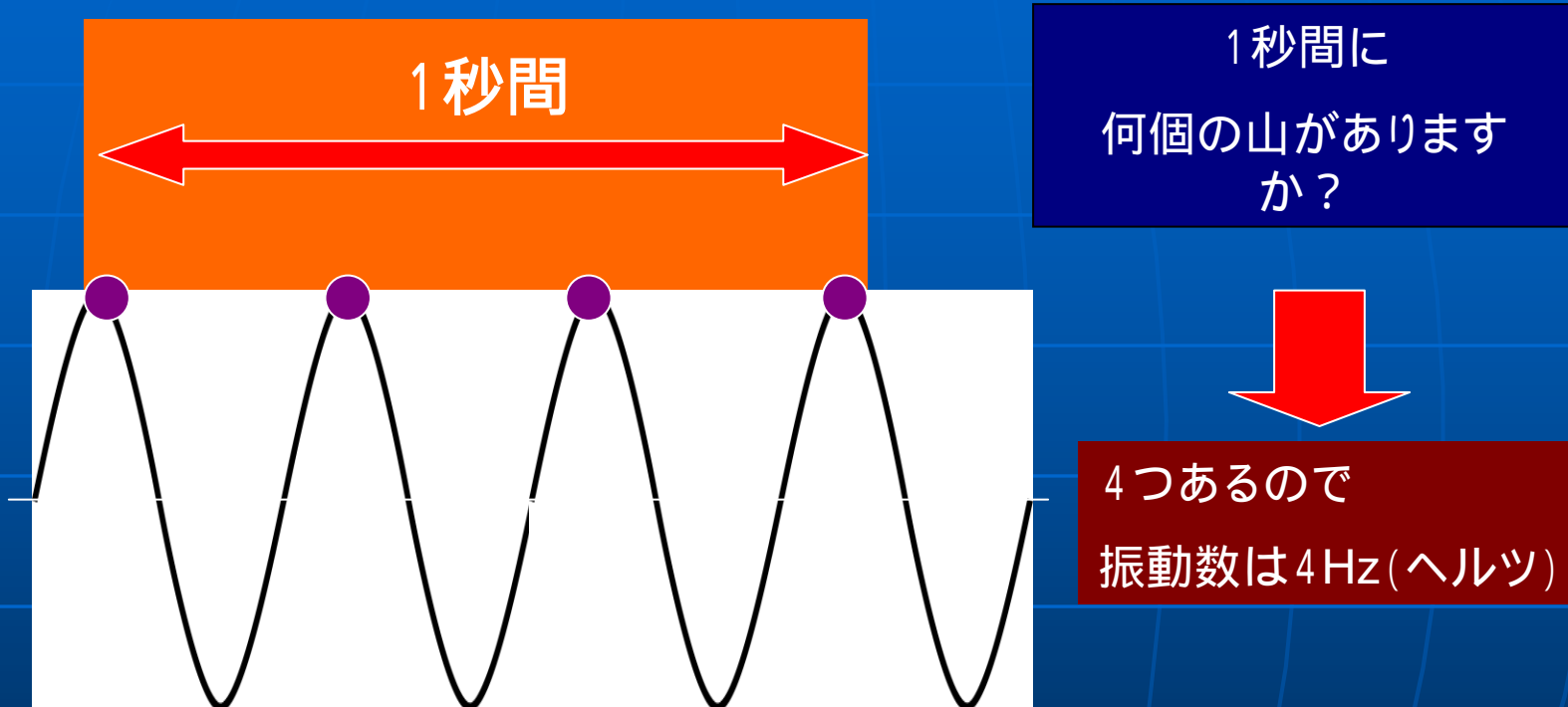
波長

波のくり返し1つ分の長さ

周期

波を1つくり返すのに必要な時間

# 振動数 (周波数)



振動数

記号

$f$

単位

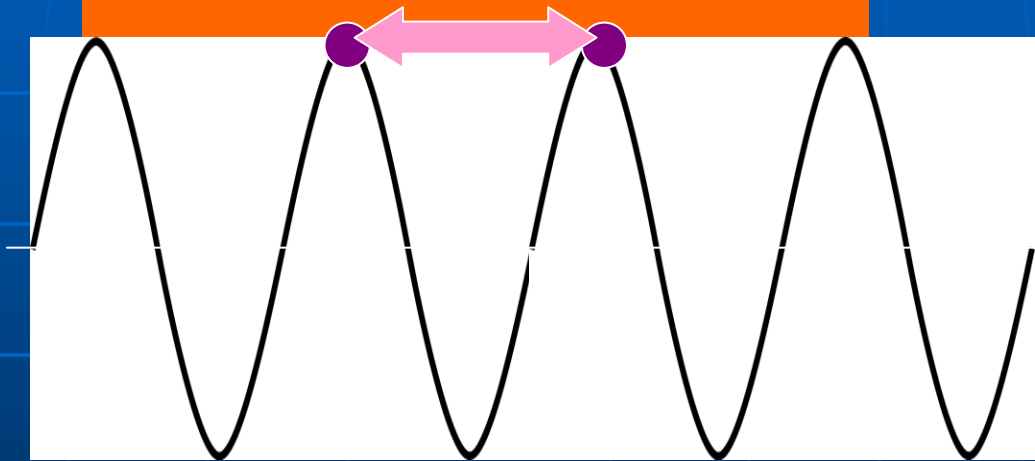
Hz

ヘルツ

# 周期

山と山の時間は？

山から山までの経過した  
時間は何秒でしょう？

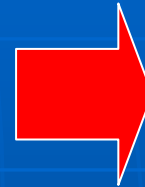


例えば...1秒だったら  
周期は 1秒

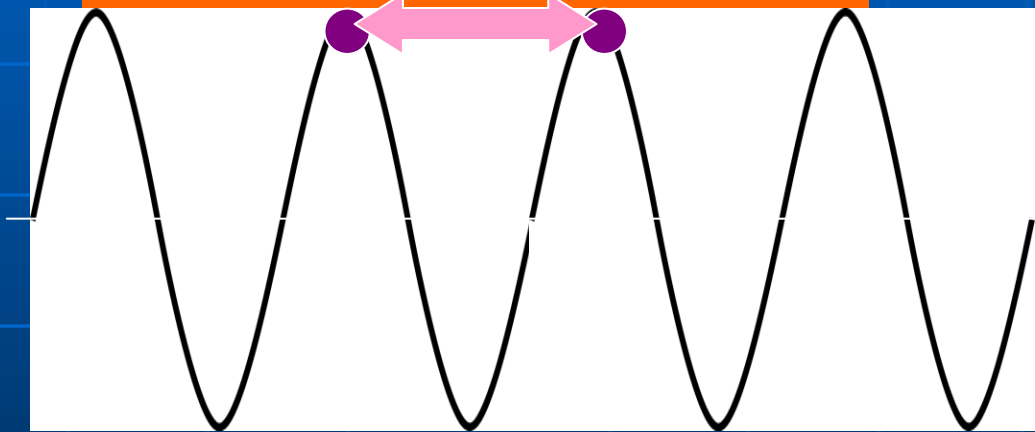
振動数 記号  $T$  単位 秒 [  $s$  ]

# 波長

山と山の距離は  
何メートル??



例えば... 1m だったら  
波長は 1m



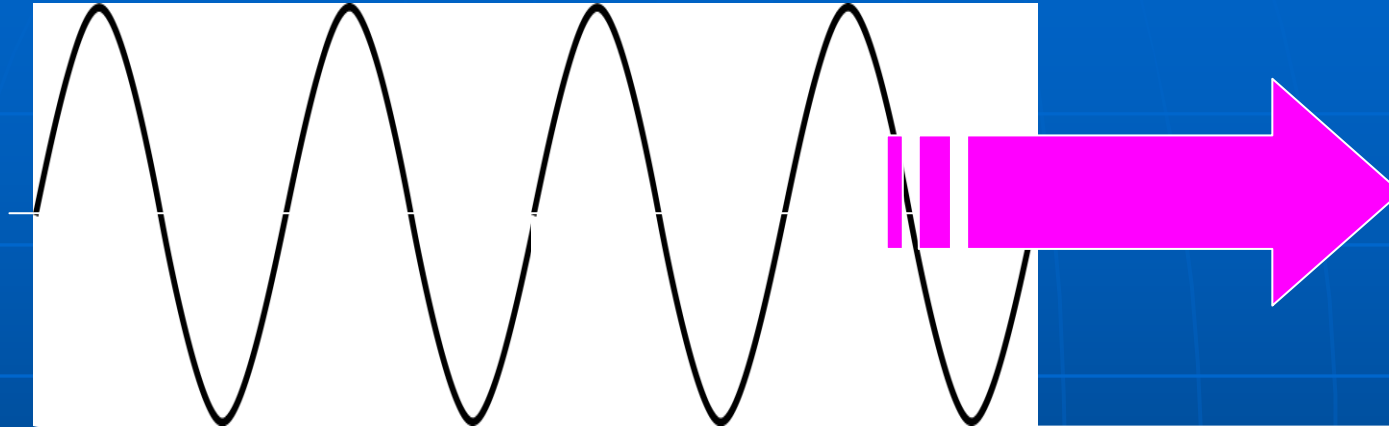
振動数 記号

単位

$m$  (メートル)



# 波の速度



波が伝わっていく速さ 記号  $V$  単位  $m/s$  (メートル) (秒)

## 音速

- ・空気中 340 メートル / 秒
- ・水中 1500 メートル / 秒

# たとえば

- 振動数  $f=100$ ヘルツの音波だったら...

周期

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0.01[\text{秒}]$$

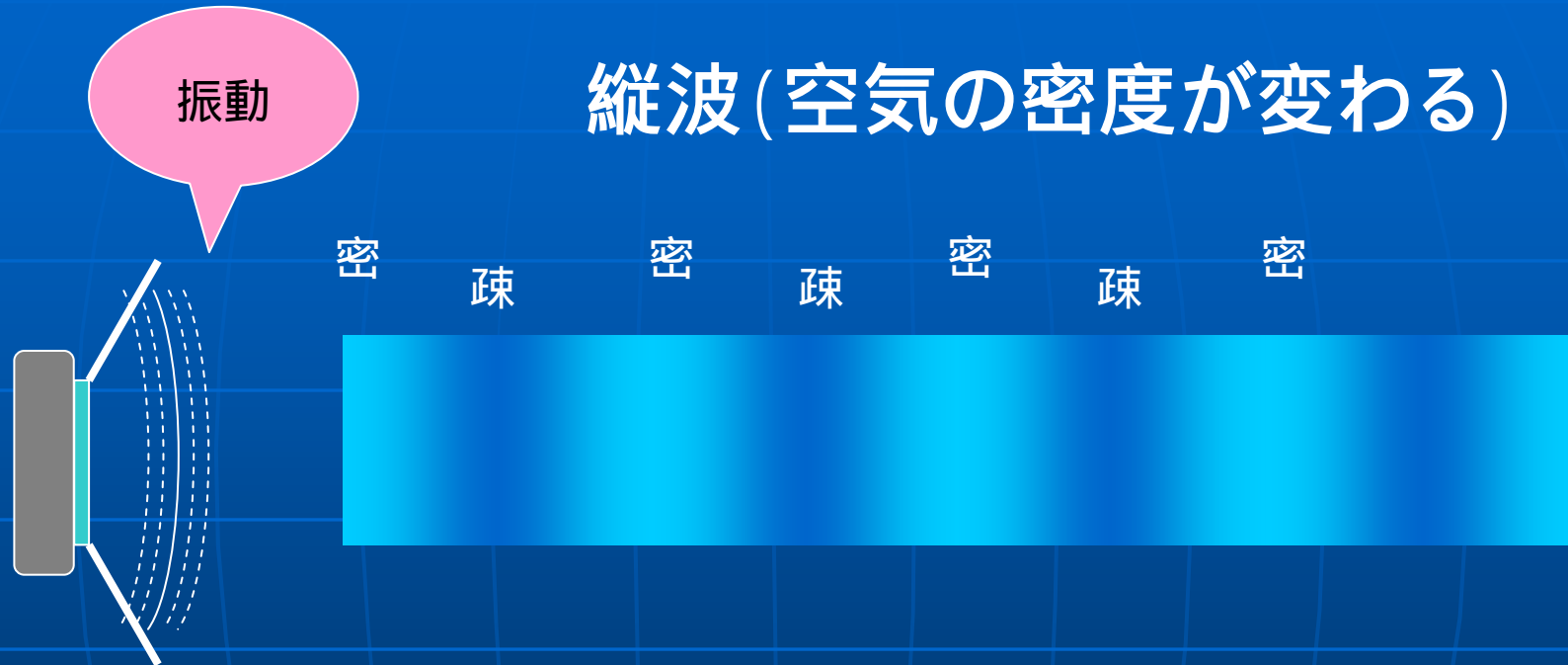
波長

$$= \frac{V}{f} = \frac{340}{100} = 3.4[\text{メートル}]$$

音速:  $V=340$  m/秒 の場合

# 音波

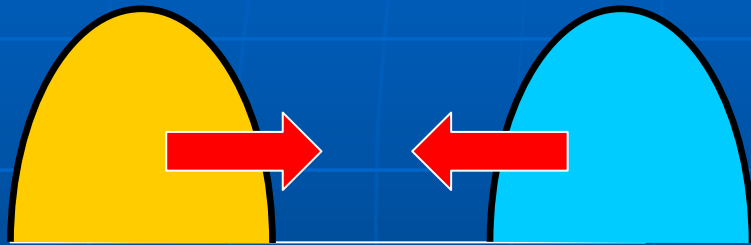
縦波 (空気の密度が変わる)



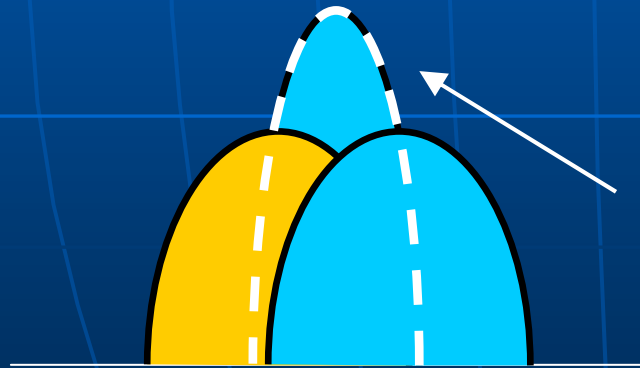
振幅 ... 音の大きさ  
周波数 ... 音の高さ (音程)

# 波の合成

- 二つの波が重なり合うと...？



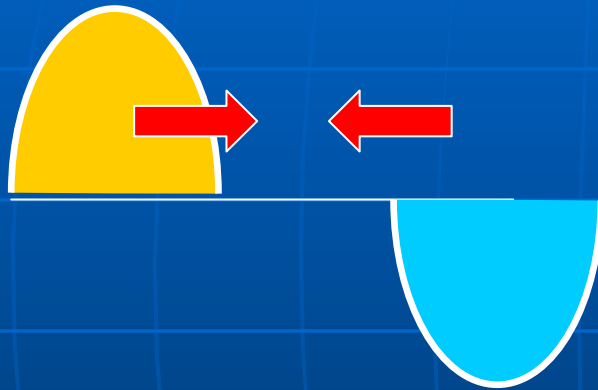
逆方向に進む波が衝突すると  
...



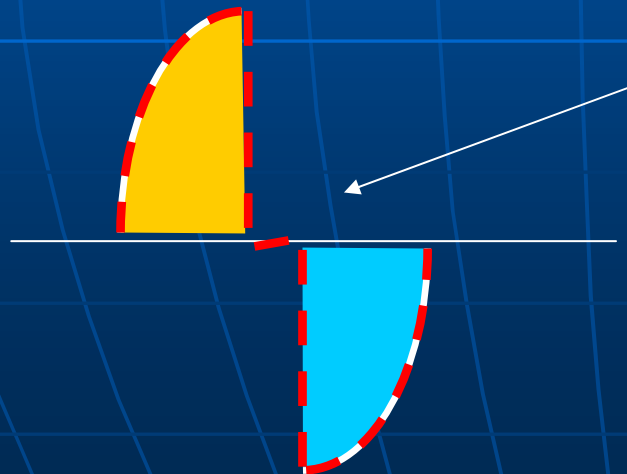
単純に二つの波の高さを足し合わせた  
合成波 が出来上がります

# 波の合成

- 上下が逆な二つの波が重なり合ったら？



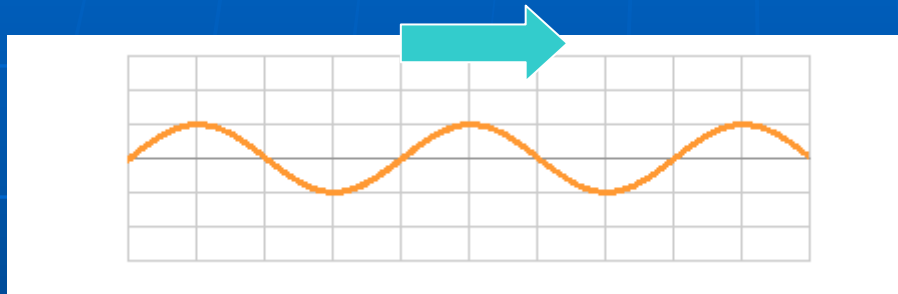
今度は山の上下が反対の波がぶつかったらどうなるかを考えると...



お互いに波を打ち消しあって、波が無くなってしまいます。

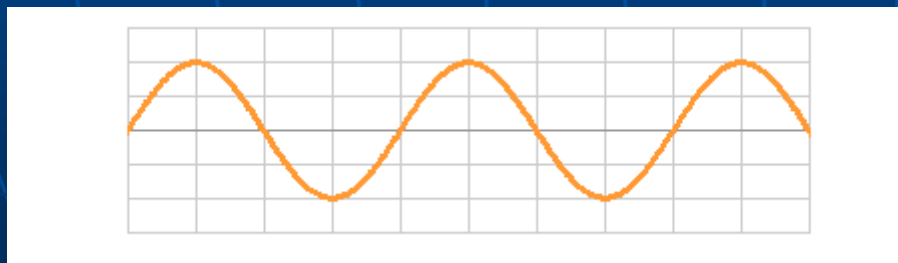
# 進行波、定常波

## ■ 進行波



普通、波は揺れながら進んで行きます。これを進行波といいます。

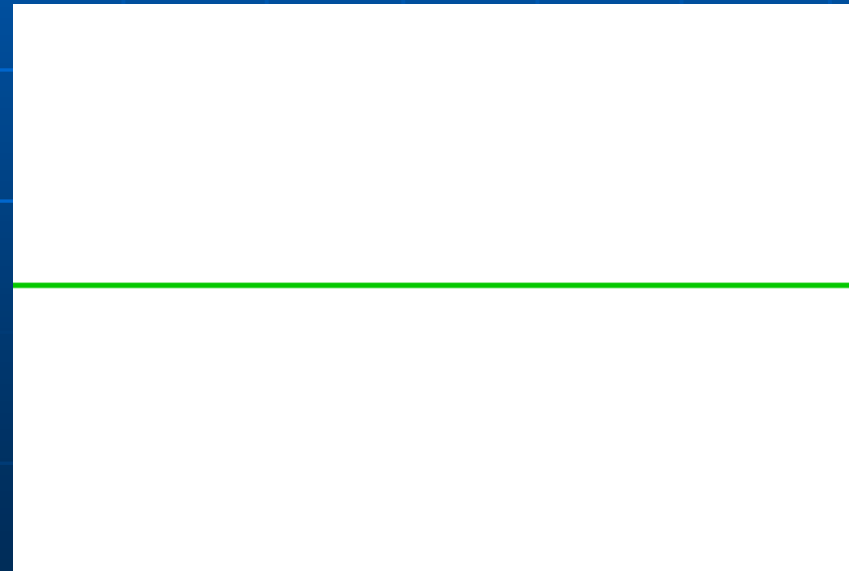
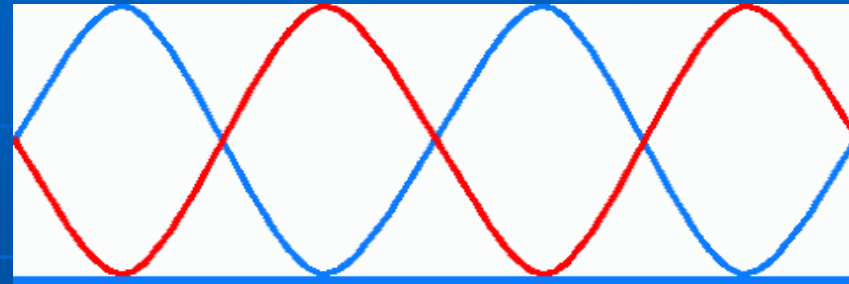
## ■ 定常波



揺れてはいてもその場にとどまる波というものもあります。定常波といいます。弦楽器の弦をはじいた時に発生する波です

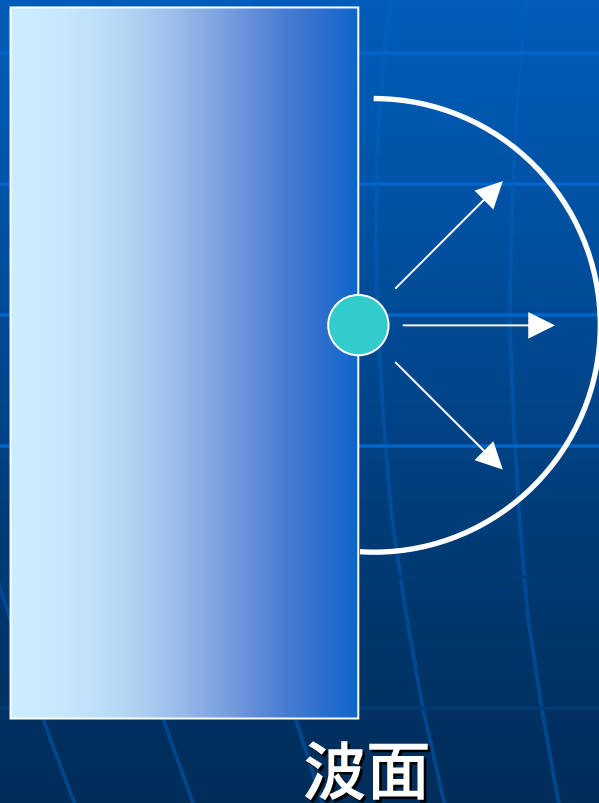
# 定常波の発生

- 左右から波長、周期、振幅が等しい二つの進行波がやってきて、真ん中で衝突すると定常波が発生します。
- 定常波は、元の波の二倍の振幅を持ちます。また激しく振動する”腹”と振動しない”節”ができます



# ホイヘンスの原理 (素元波)

- 素元波とはなにか



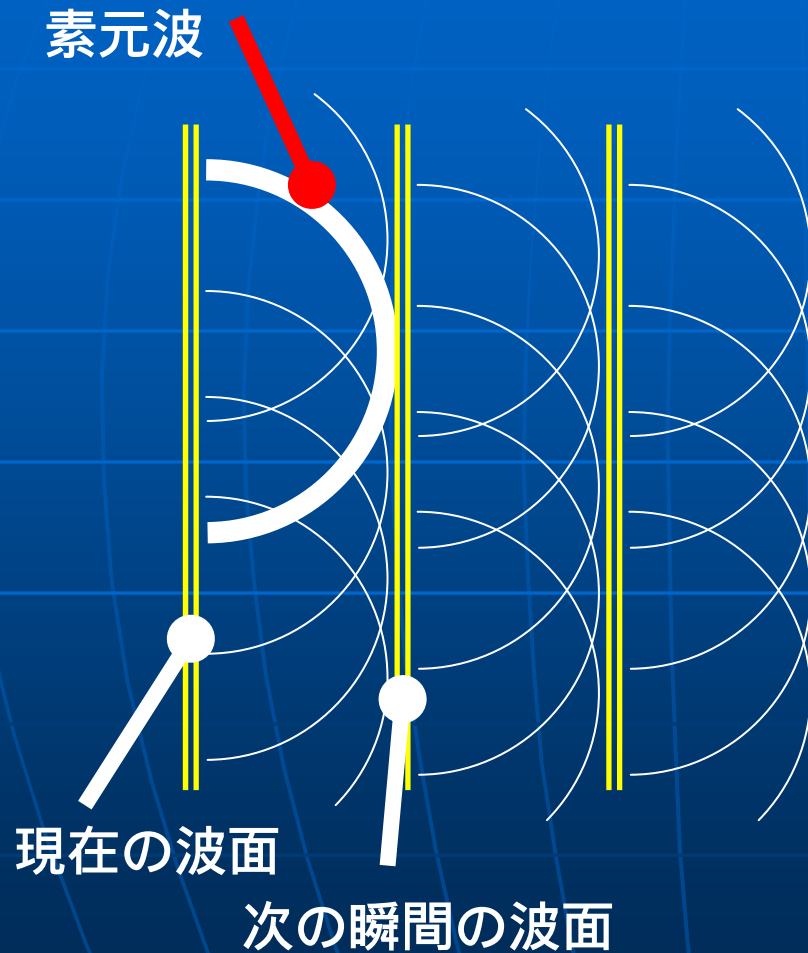
波の伝わり方を考えるとき、  
波面のある一点から素元波と  
いうものが放出されて、次の波  
面が作られるという考え方

素元波

ある一点から前方にむけ  
て放出される、半円状の波

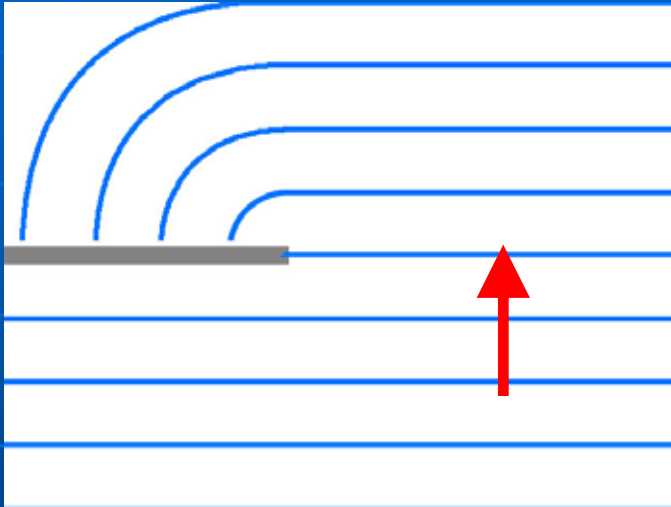


# ホイヘンスの原理 (素元波)



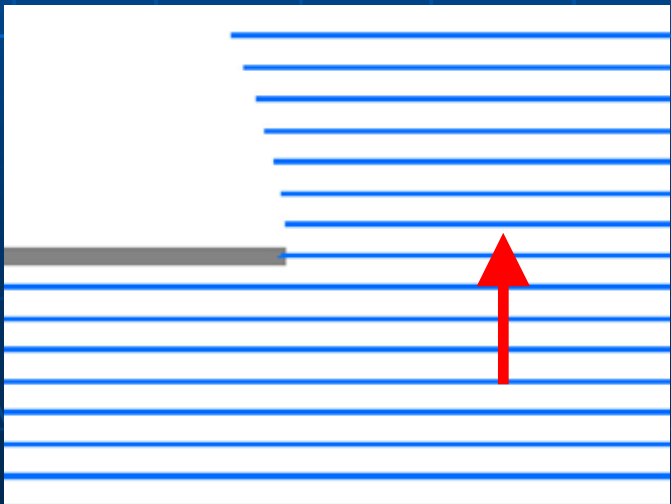
波は、ある一点から  
放出された”素元波”  
という波が重ねあわ  
さって作られるという  
考えかた。

# 波の回折



波の一部が壁などで遮られたとき、波は壁の後ろ側に回り込もうとします。

これを「波の回折」と呼びます。



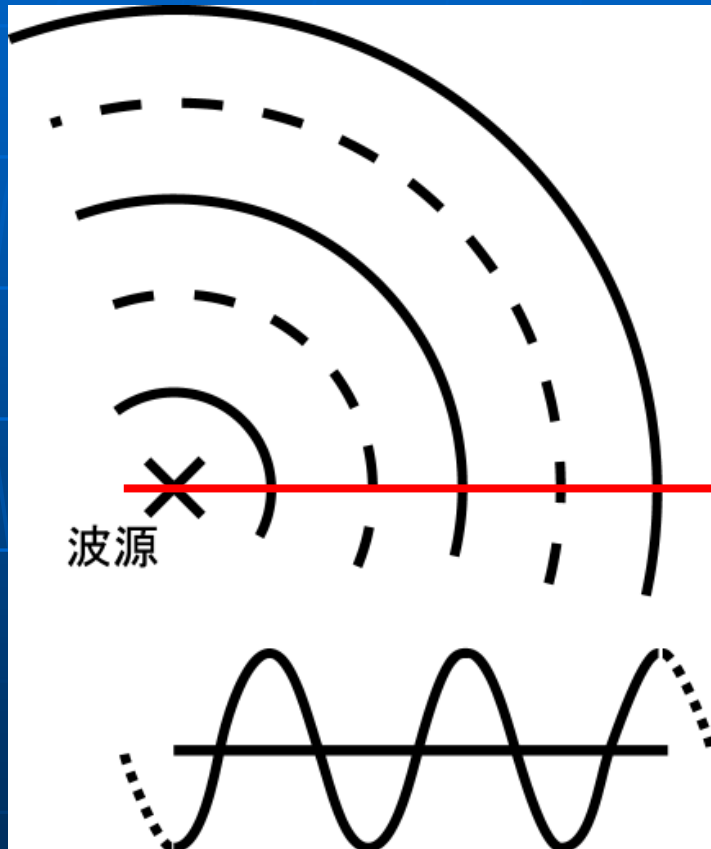
波の波長が小さい場合はこの現象がはっきり見られません。回り込みが小さいのです。

# 波の干渉

- 二つの波源から送り出された波によって、  
激しく振動する場所 ... 「腹」  
ほとんど振動しない場所 ... 「節」  
が作られます。(波の重ねあわせ)



# 波の干渉

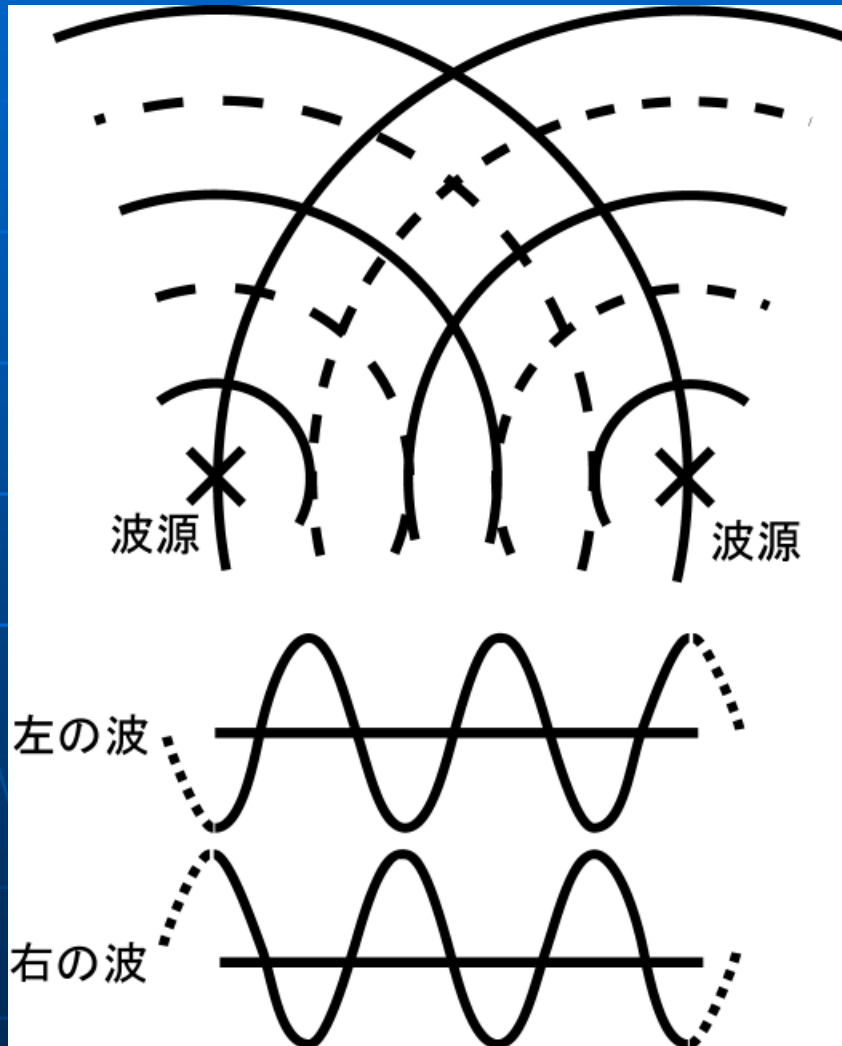


まず、ひとつの波源からの波を左の図のように描くことにします。

実線 ... 波の山

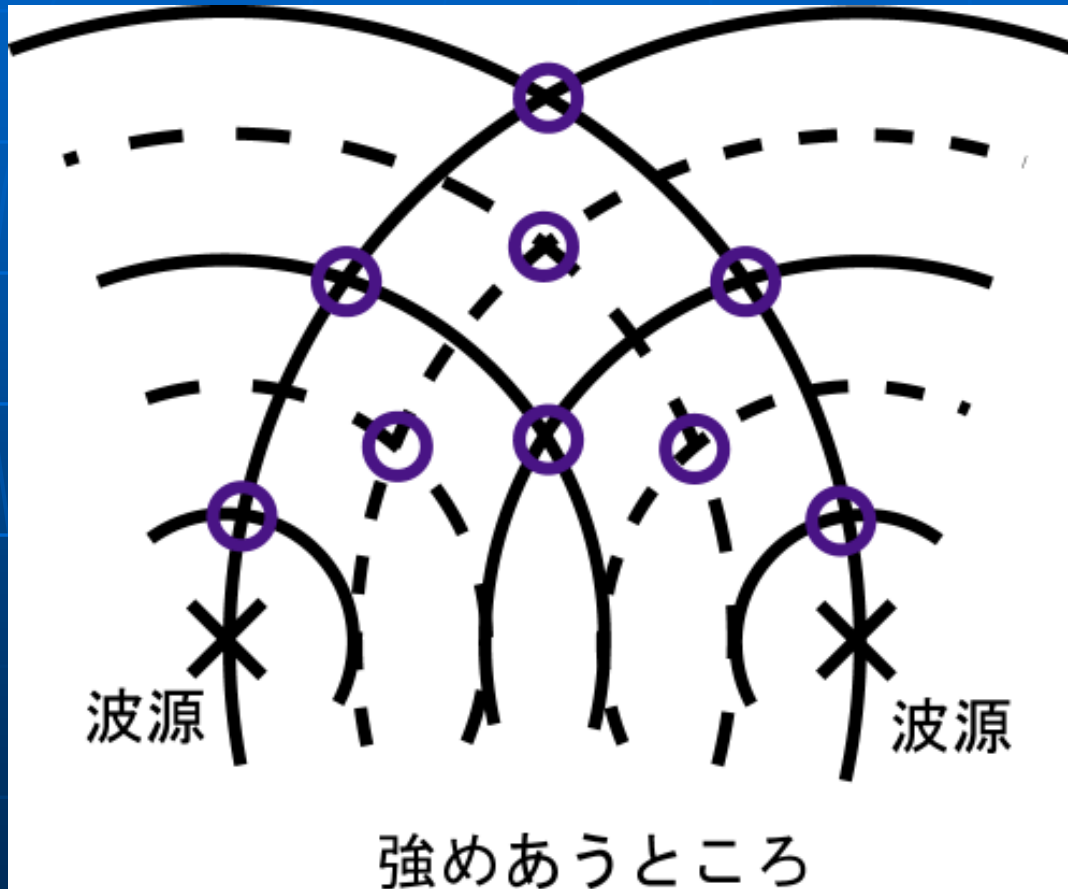
点線 ... 波の谷

# 波の干渉



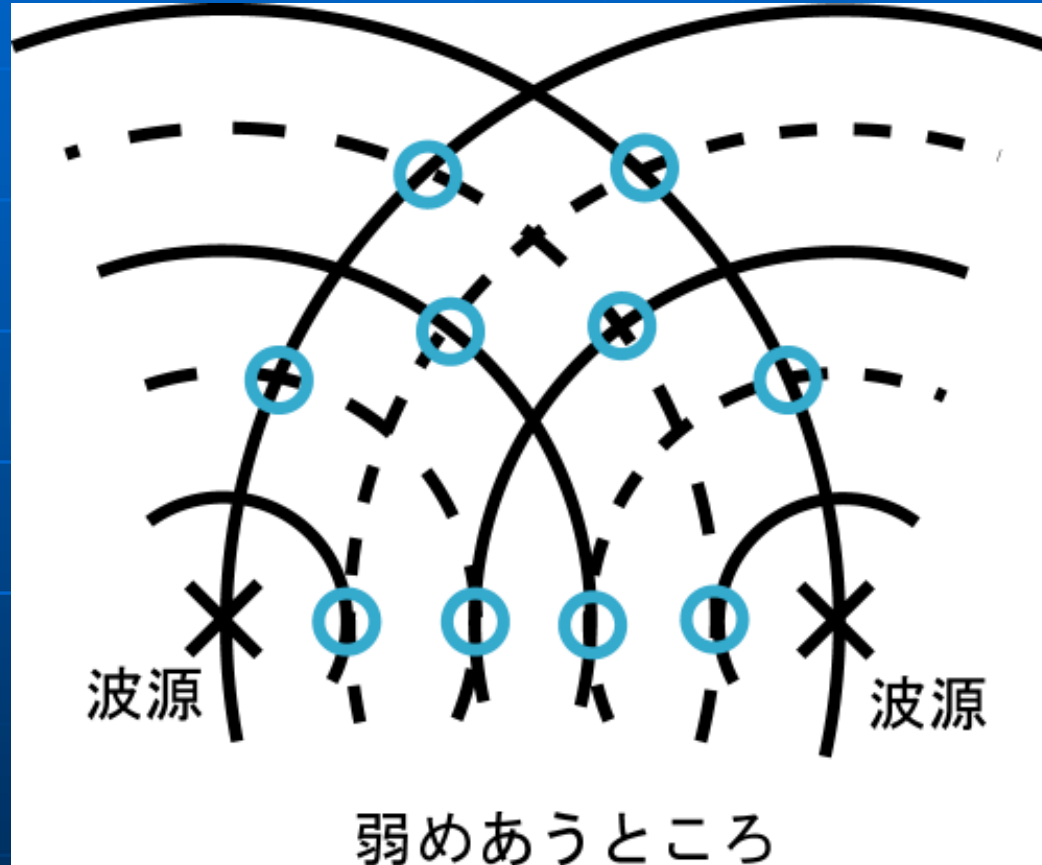
次に、同じ波を出す波源を二つ並べた場合には、左のようになることがわかります。

# 波の干渉



すると、“波の山”または“波の谷”が重なり合うところは、お互いに振動を強めあいます。

# 波の干渉

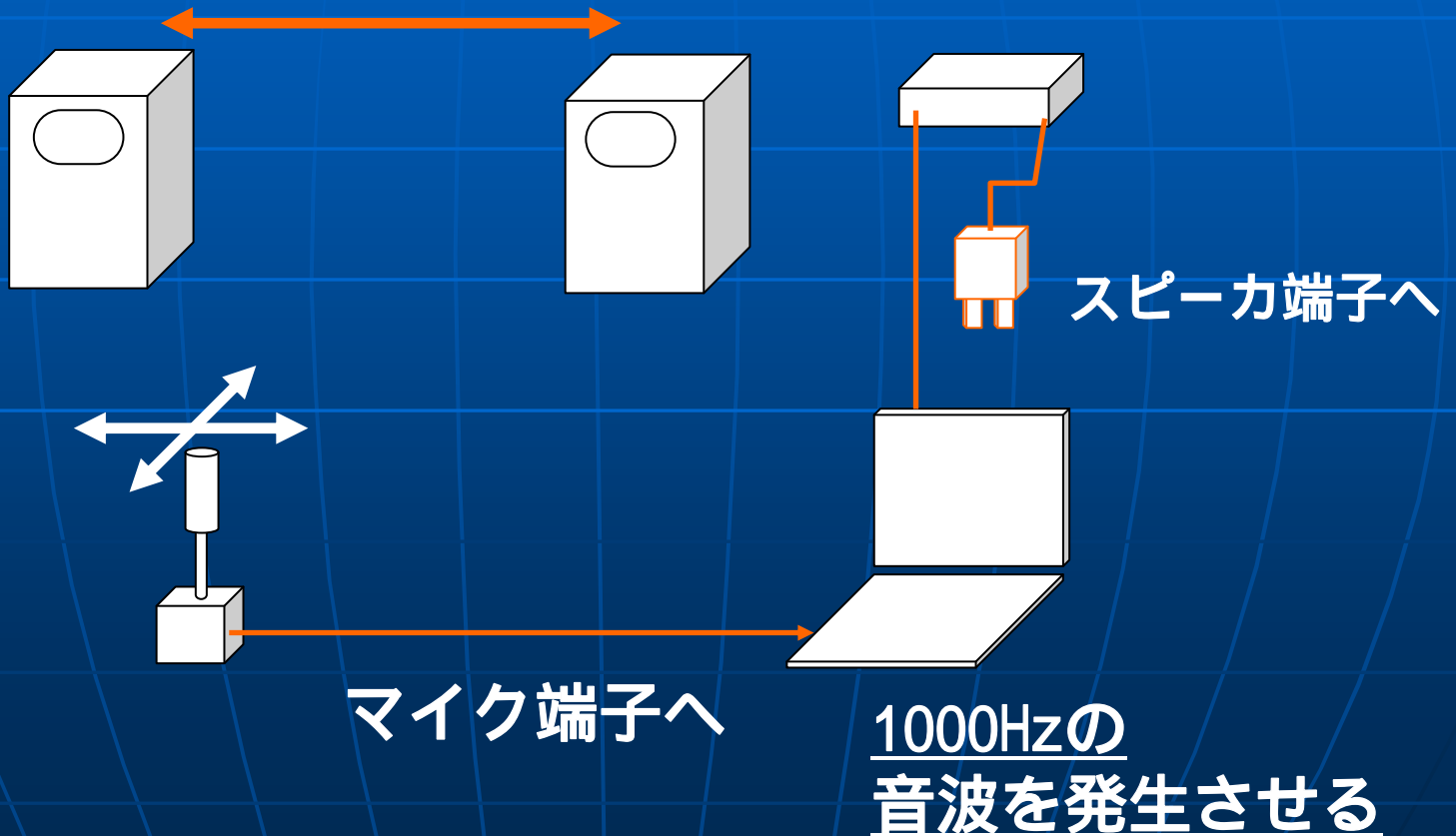


逆に、“波の山”と“波の谷”が重なり合うところは、お互いに波を打ち消しあうので、ほとんど振動しなくなります。

このように、波が相互に強めあったり、弱めあったりする現象を「波の干渉」と呼びます。

# 音波の干渉実験

スピーカ間の距離  
約 1 m

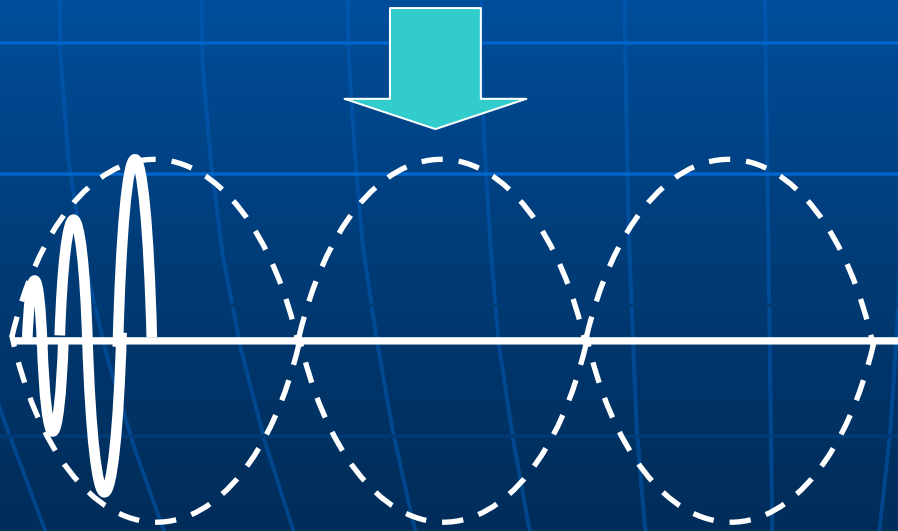




# 音のうなり



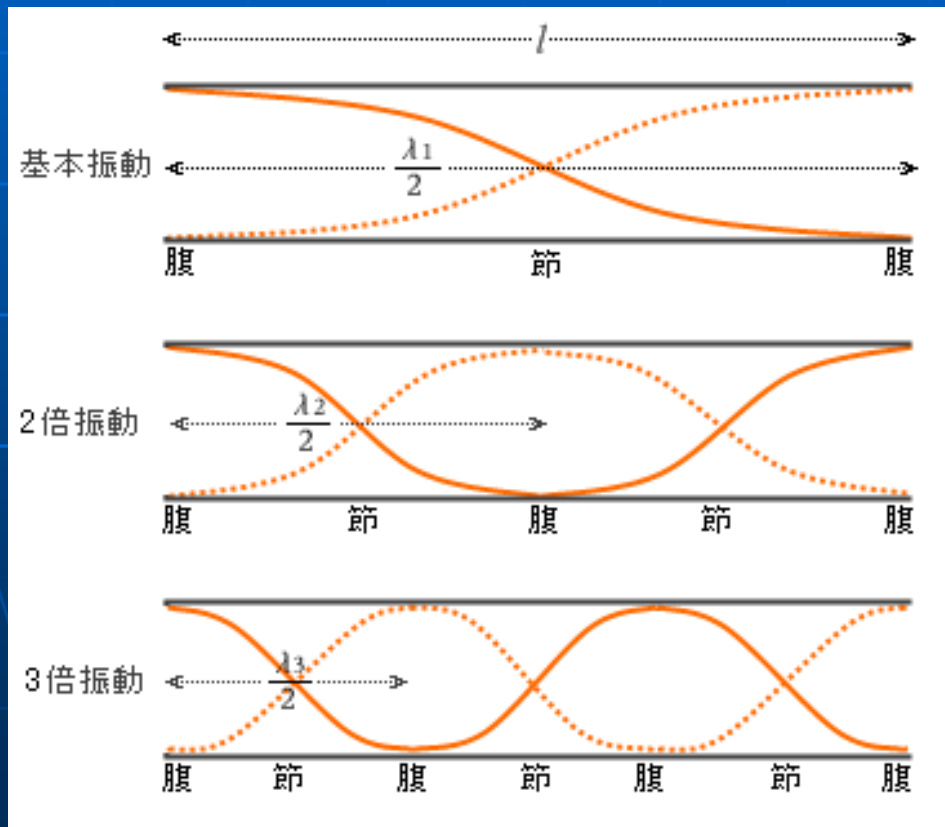
二つの波源から、わずかに振動数が違う波を送り出したときには、どのような現象が起きるでしょうか。



実験をしてみると、「ワーン、ワーン」と大きくなったり小さくなったりする不思議な音が聞こえます。

# 共鳴

## ■ 開管共鳴 (管の両端が開いている)



管の両端は必ず「腹」(もっとも激しく振動するところ)になります。

波長の半分を基準として、

0.5

1.0

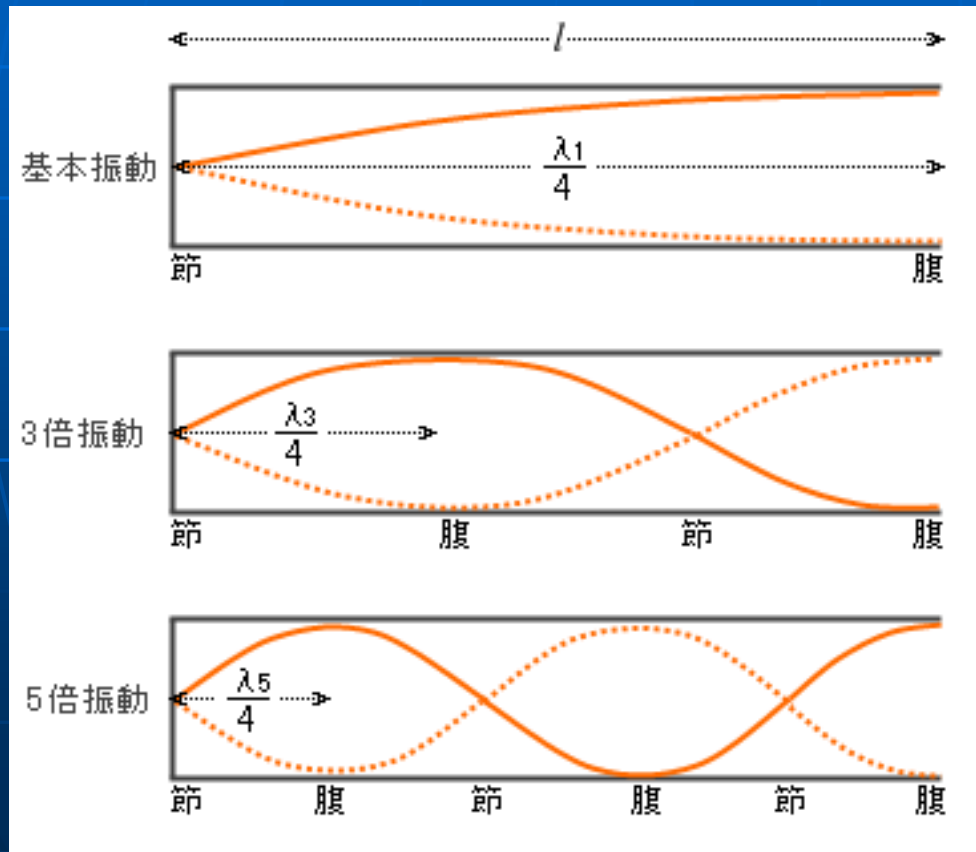
1.5

⋮

となります

# 共鳴

## ■ 閉管共鳴 (管の片方が閉じている)



管の閉じている端は必ず「節」  
(振動しないところ)になります。

波長の四分の一を基準として、

0.25

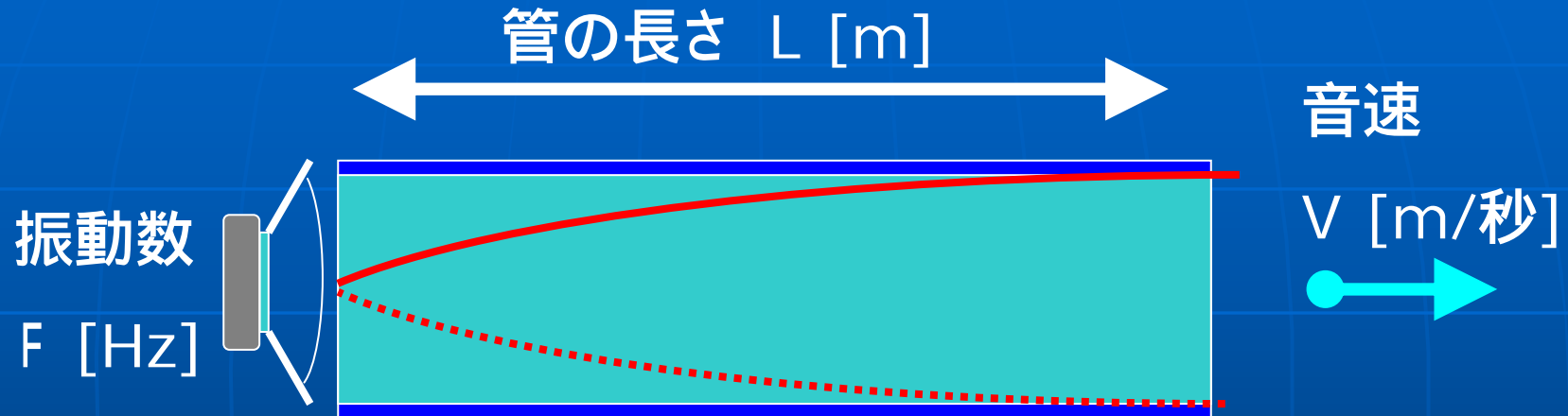
0.75

1.25

⋮

となります

# 気柱共鳴を使って音速を計る

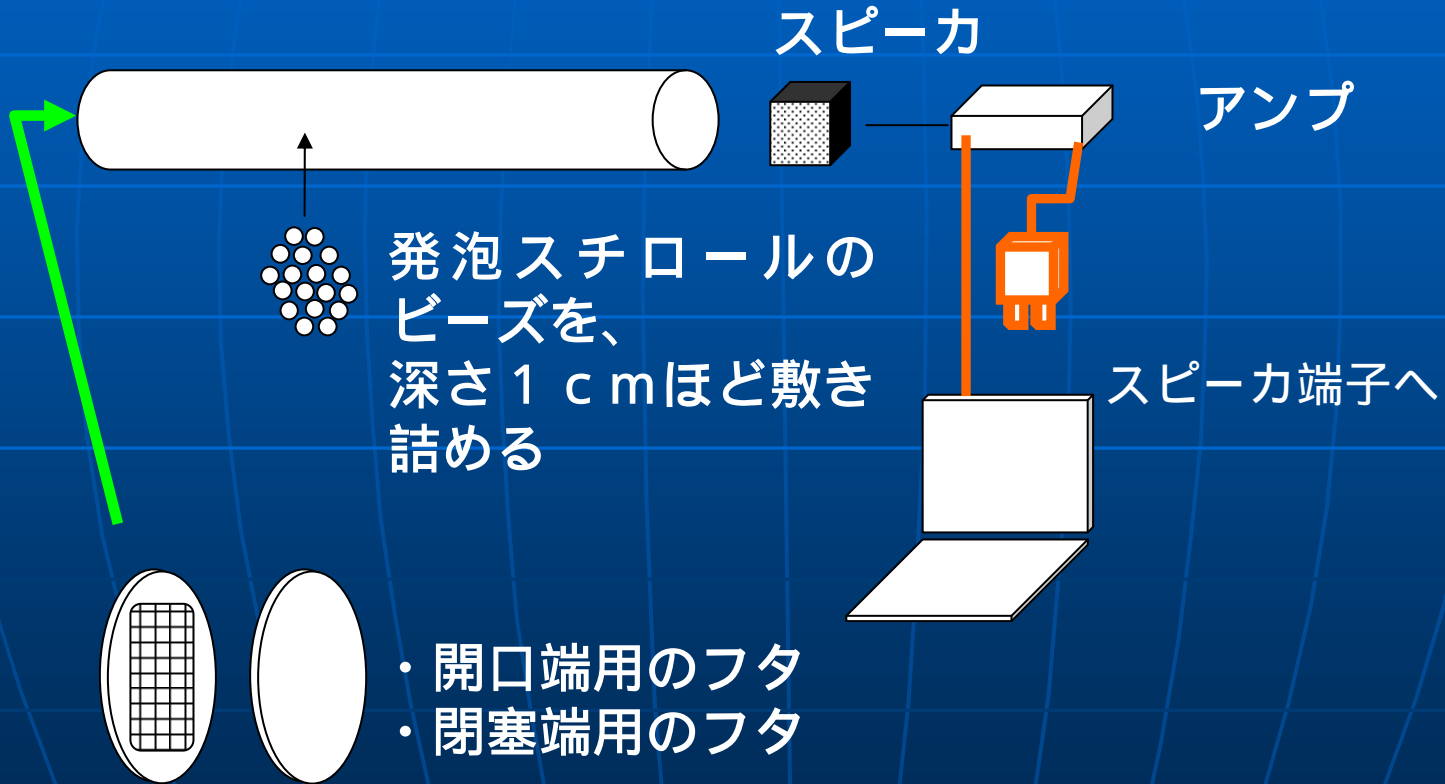


$$L = \frac{V}{4F} \quad = 4L = \frac{V}{F}$$

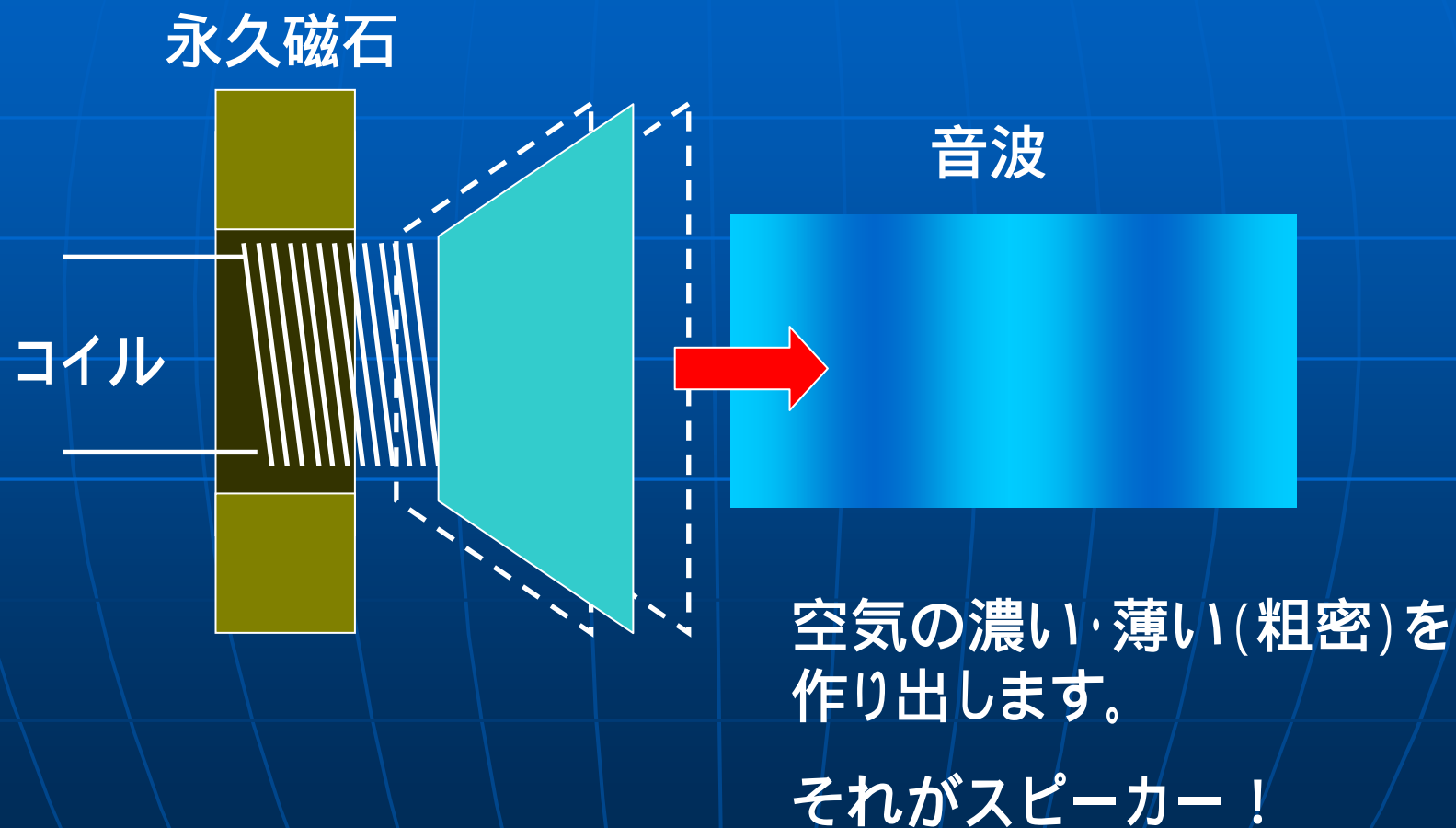
$$V = 4LF$$

# 気柱の共鳴実験

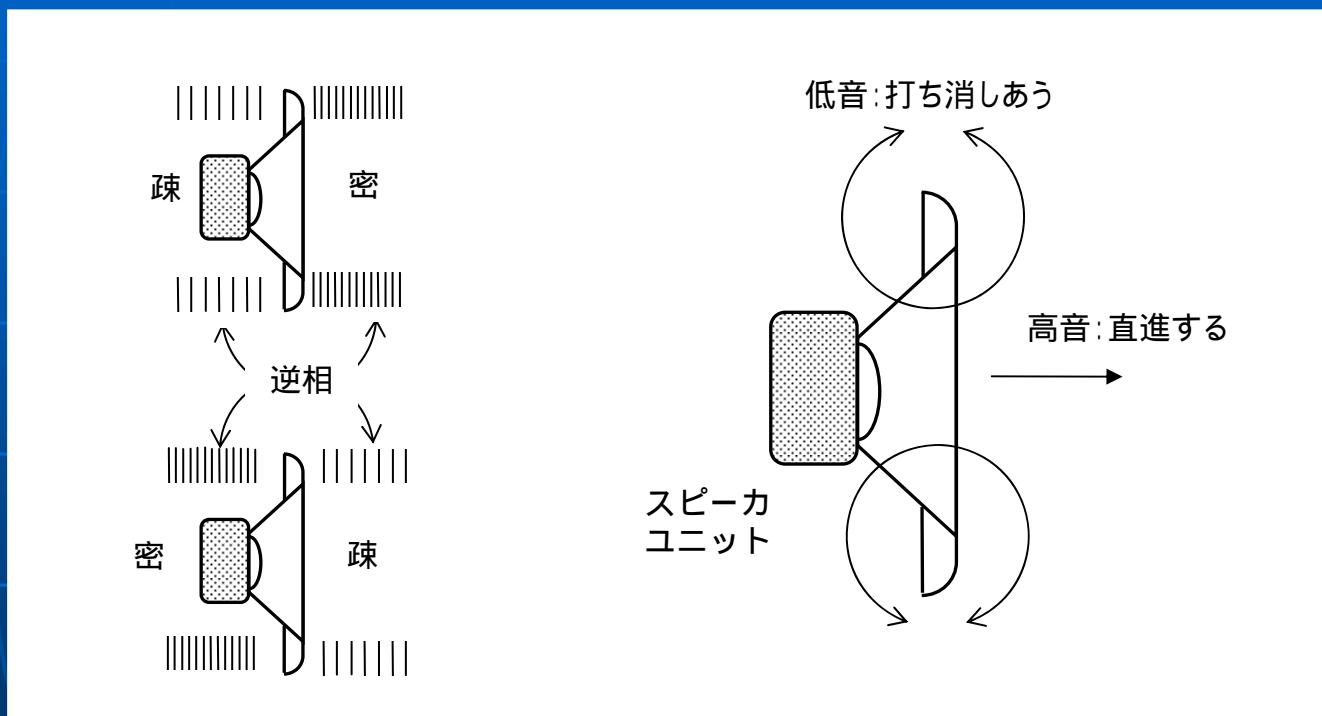
アクリルパイプ  
長さ：1 m



# 音波の発生装置 ... スピーカー！



# スピーカからの音波(干渉・回折)



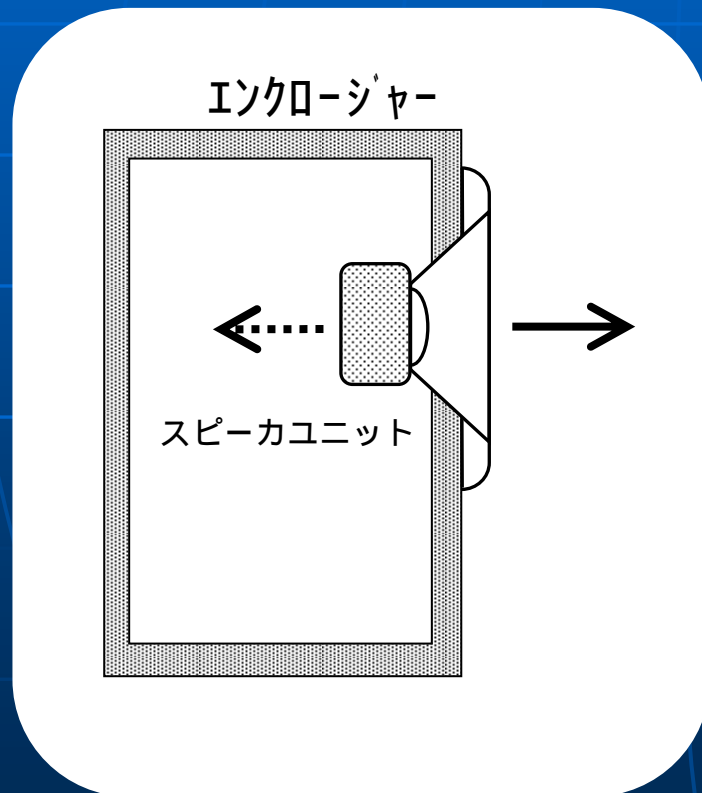
高音は...波長が短い  
低音は...波長が長い



高音は...回り込まない  
低音は...回り込みやすい

# 回折現象を避けるために！

- スピーカを箱に入れる（密閉式スピーカ）



スピーカの後ろから出る音波を箱の中に閉じ込めてしまおう

密閉型スピーカ

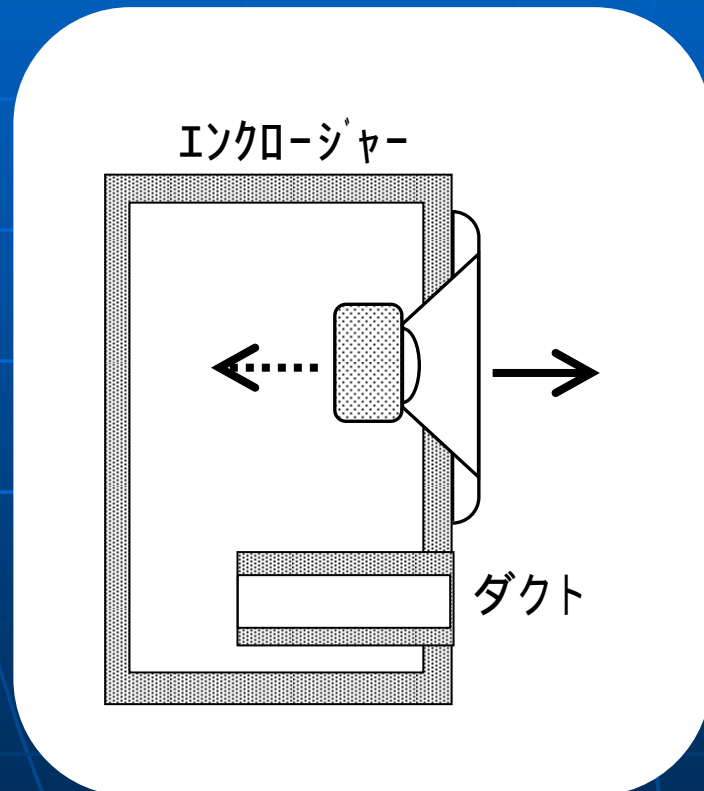
欠点：

性能を追求すると、箱が大きくなる



# 共鳴現象を利用しよう

## ■ バスレフ式スピーカ

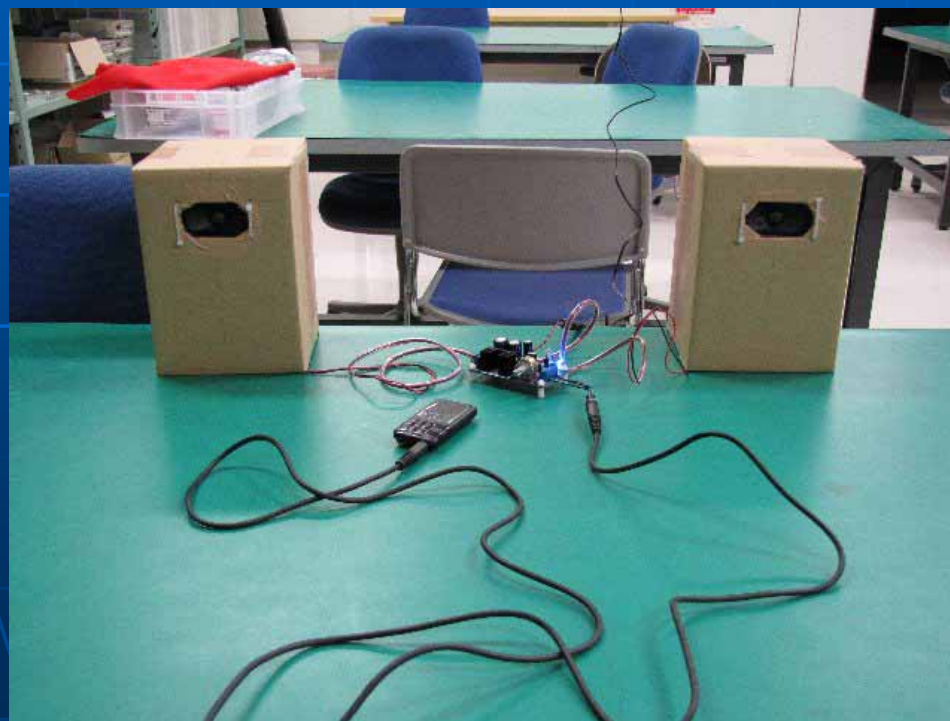


ダクトと呼ばれる筒を作っ  
て、箱に穴を開けておく

ダクトの中の空気が共  
鳴を起こすので、うまく利  
用すれば低音を強調する  
ことが可能！

# スピーカーとアンプの製作

- 次は実際にスピーカを製作して、アンプに接続して音を鳴らしてみます



# 皆さんの手元にある材料

- ダンボール 2箱
- スピーカ 2個
- アンプキット 1個
- コネクタ(2種類) 1個づつ
- フェルト布(吸音材) 2枚
- プラスチックケース 1個
- ACアダプタ 1個
- オーディオケーブル 1本
- ネジ類 4本づつ

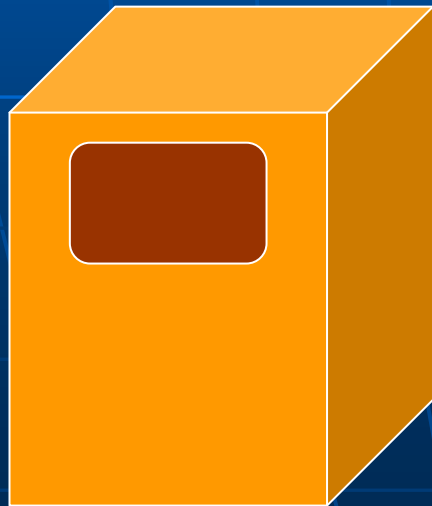
# ダンボールに穴あけ

段ボール箱に、スピーカを取り付けるための穴を開けます。



スピーカの形に合わせた定規(板)を用意していますので、それを使って線を引き、カッターナイフで穴をあけてください。

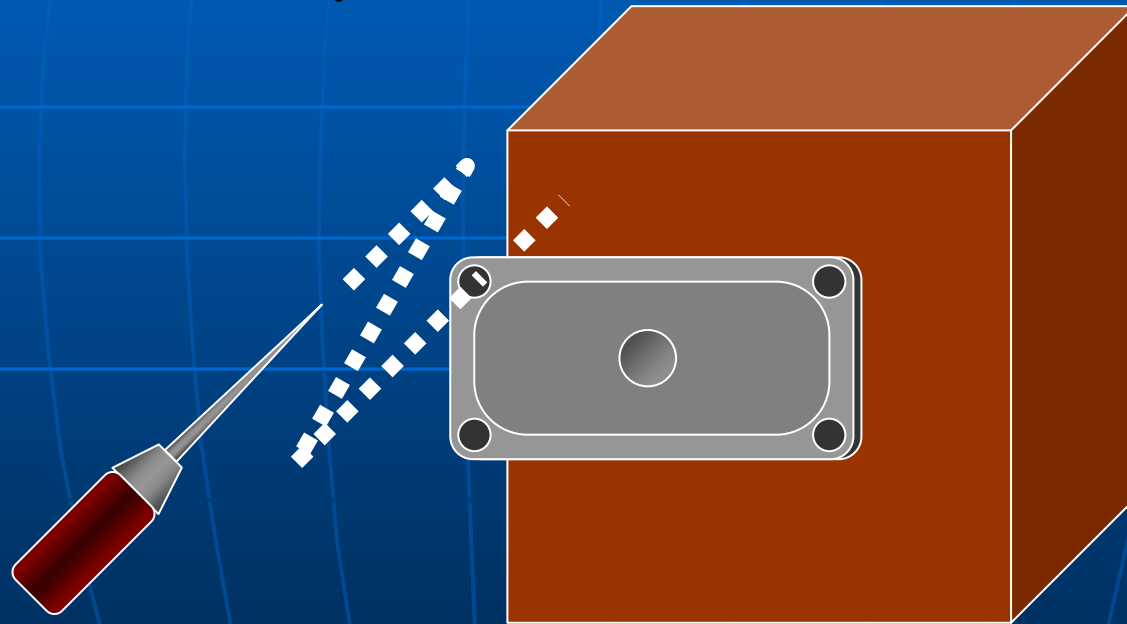
穴のふちは、ガムテープで補強しましょう。



スピーカを段ボール箱のどこに置くとよいでしょうか？

# スピーカを固定する穴をあける

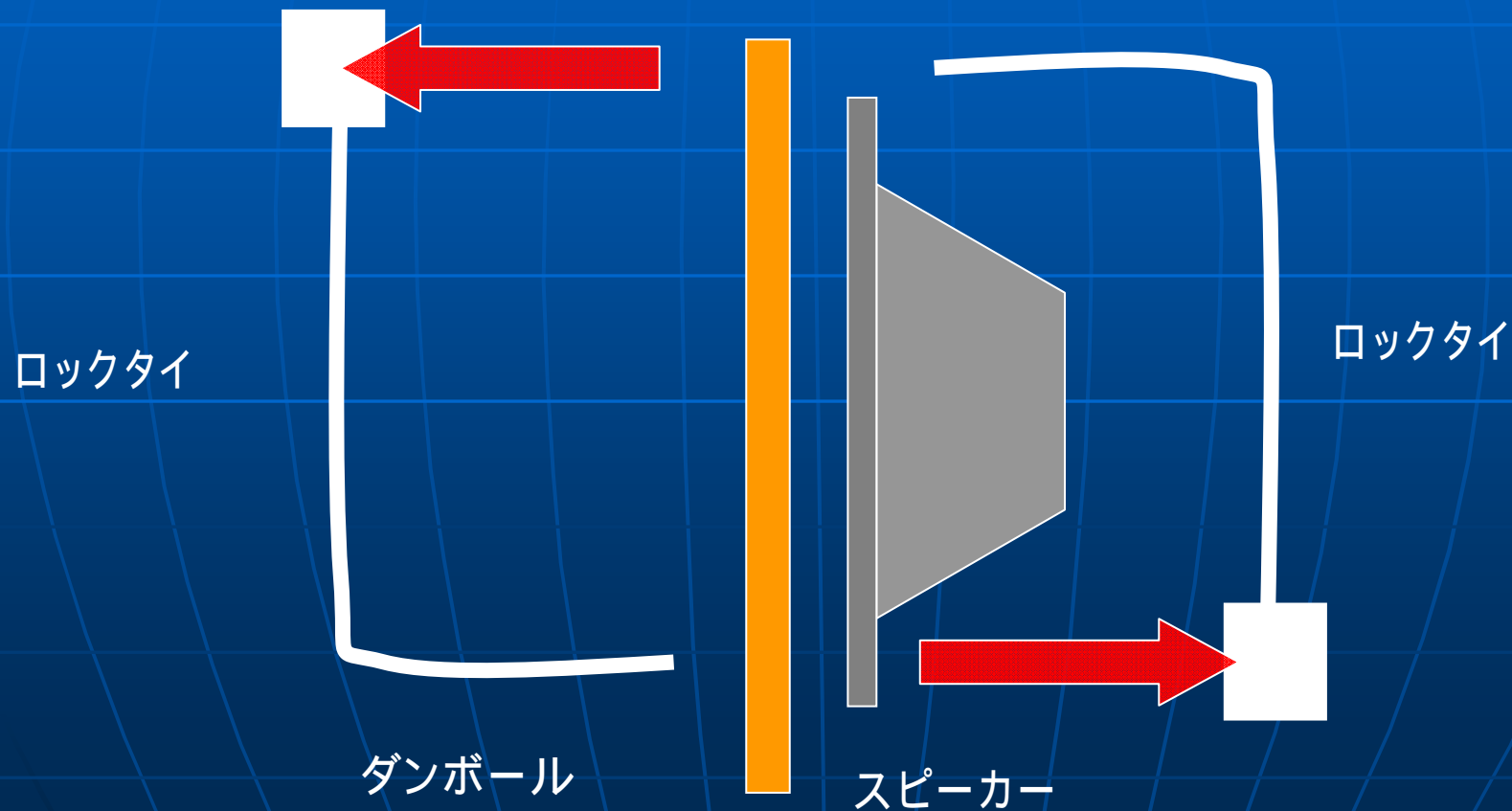
- 千枚通しで、スピーカのネジ穴と同じところに穴をあけます。



指を刺したり、目をついたりしないように注意してください！

# スピーカの取り付け

- ロックタイを使って、スピーカを取り付けます

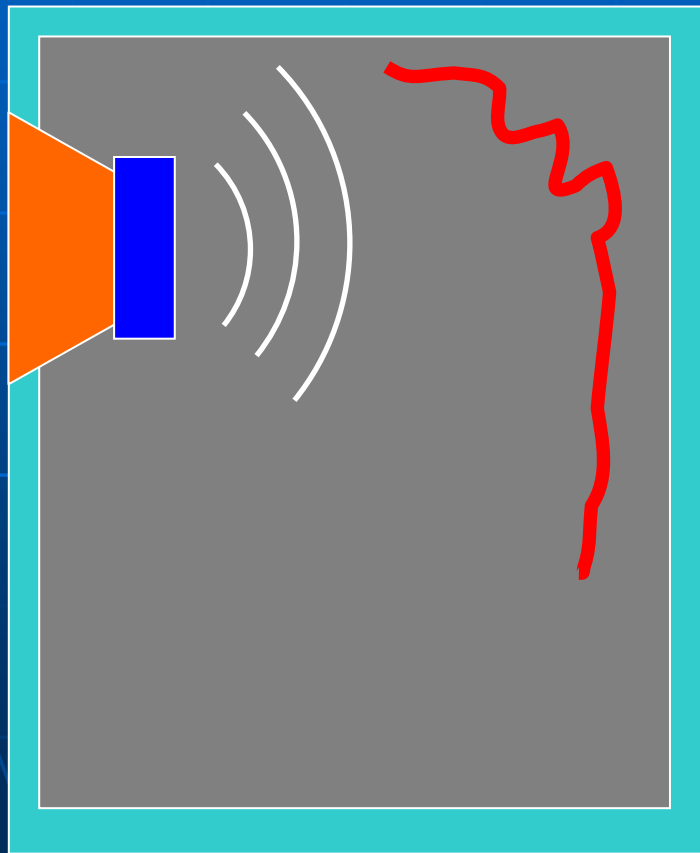


# スピーカの固定



- (1) 段ボール箱にスピーカ用の穴をあける
- (2) ロックタイを通す穴をあける
- (3) ロックタイを使ってスピーカを固定する

# 吸音材の貼り付け



吸音材は、スピーカの中で余計な音波が反響しないようにします。

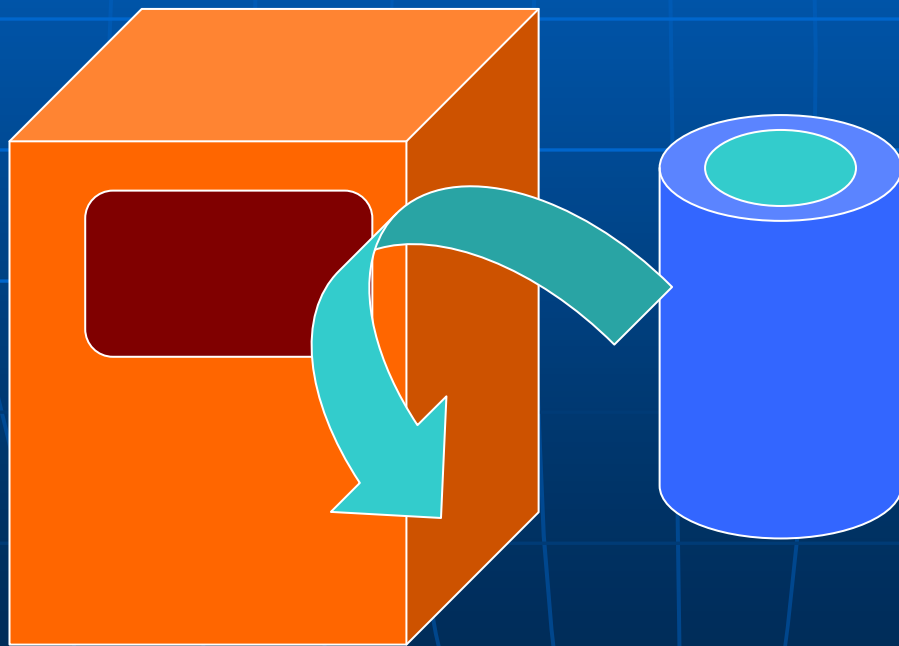
音波が良くあたりそうなところに貼り付けてみてください。

20センチ四方のフェルト布を、両面テープやボンドを使って貼り付けます。もちろん、切って使っていないだけで構いません



# ダクトの取り付け

- パイプを選んで、箱に取り付けてみてください  
時間があれば。

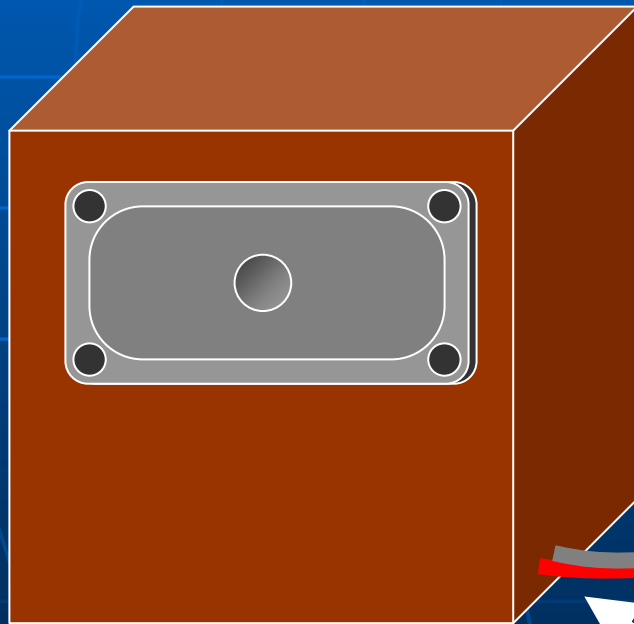


パイプをいくつか用意  
してあります。

好きなものを選んで  
取り付けてください  
い。

# 配線を外に出す

- スピーカーのコードを外に出します



コードの長さには限界があります。

スピーカーを置くときのことを考えて、箱のどちら側からコードを出すとよいかを考えましょう。

普通は、アンプに近くなる面からコードを出します。

穴を開けたらふさいでおきます。

# オーディオアンプの組み立て



出力:  $7\text{W} \times 2\text{CH}$  4

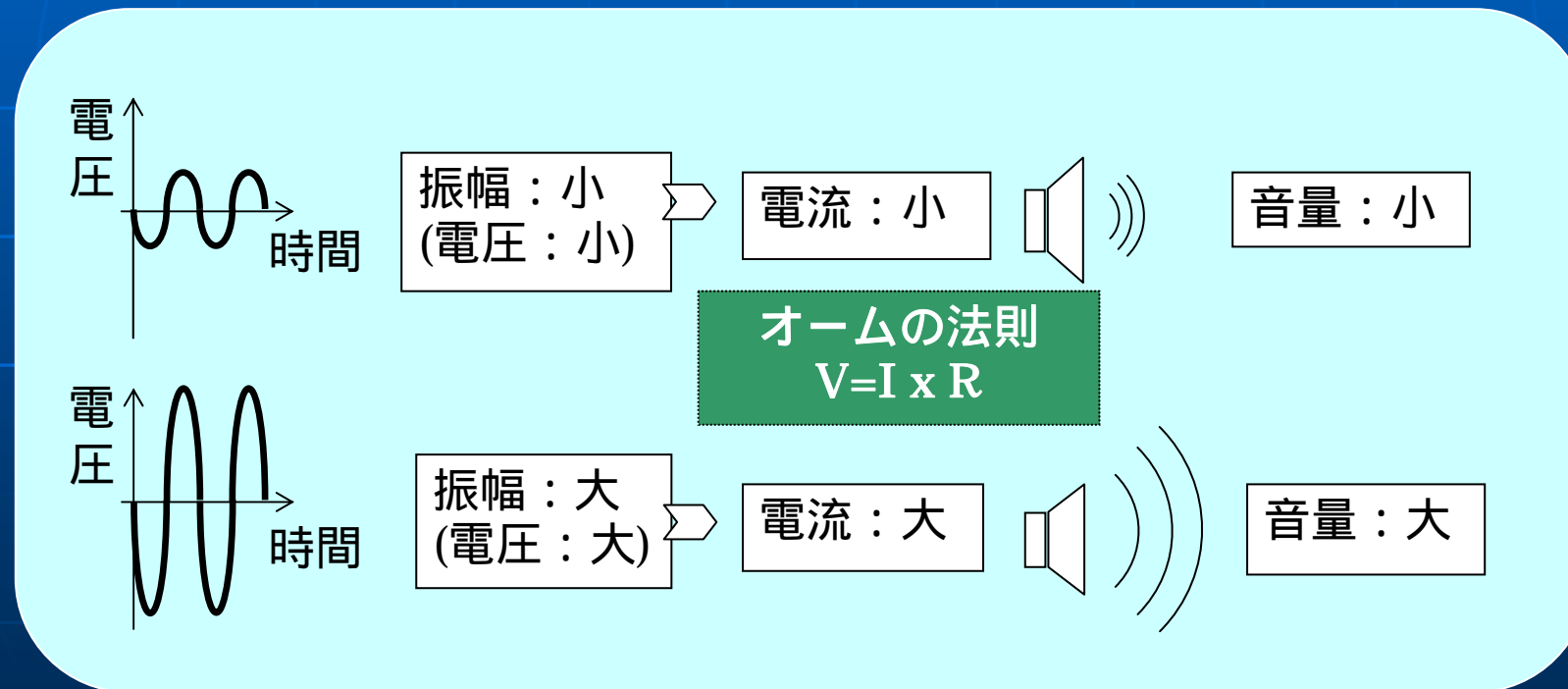
電源:  $9 \sim 16\text{VDC}$

周波数特性:  $20\text{Hz} \sim 20\text{KHz}$

# オーディオアンプの組み立て

## ■ オーディオアンプの役割

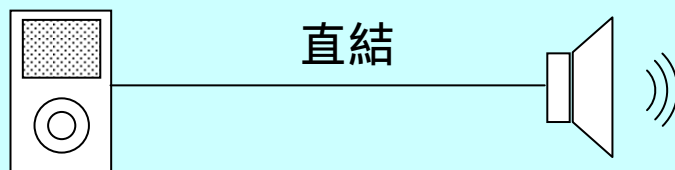
電気信号の振幅が音量(音の振幅)を決める



# オーディオアンプの組み立て

## ■ オーディオアンプの役割

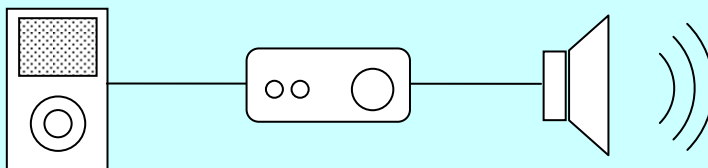
大きな電流をスピーカに流すのがオーディオアンプ



スピーカを駆動できない  
音量小

電流の供給能力：小

アンプを入れる



スピーカを駆動できる  
音量大

電流の供給能力：大

# オーディオアンプの組み立て

- アンプにスペーサを取り付ける



プラスチックのスペーサを4本、アンプの四隅の穴に合わせてとりつけます

# オーディオアンプの組み立て

- ケースにコネクタ二つ、スピーカのコードを取り付けます。

電源コネクタ

ステレオコネクタ



スピーカ

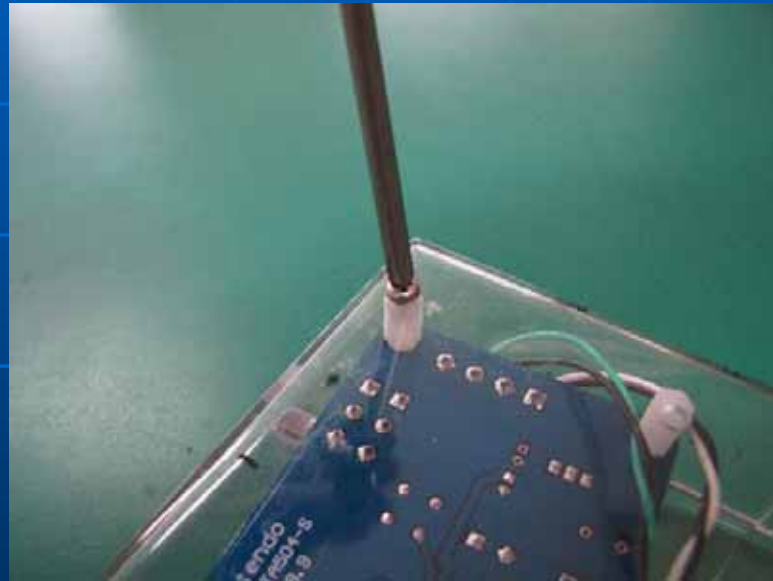


電源

ステレオ

# オーディオアンプの組み立て

- ケースにアンプをネジ止めします





# オーディオアンプの組み立て

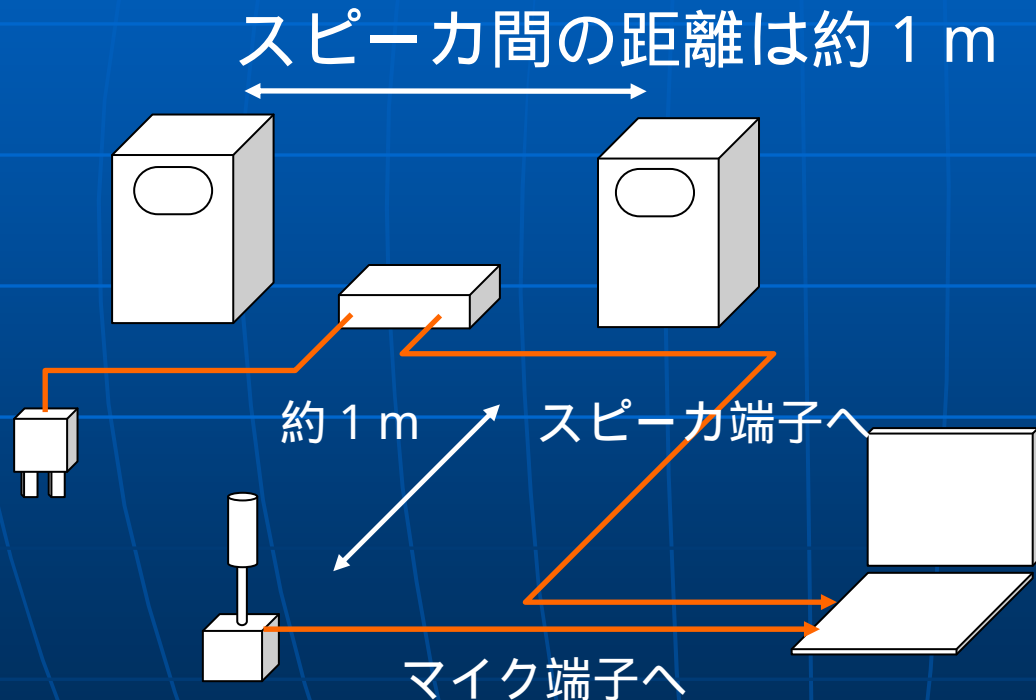
- 配線は間違っていないですか？  
オーディオ信号の左右を合っていますか？  
電源コードの(赤 / 黒)は合っていますか？

手元の間違いチェックシートを使って、  
確認をしてください。

さて、音は鳴ったでしょうか？

# 音響実験

## ■ を調べてみましょう



パソコンを使って、  
スピーカの性能を  
測ります

スピーカの性能は、  
再生可能な音の振  
動数を調べます

# スピーカの性能測定

## ■ 実際に計測してみると



完成したスピーカが得意(苦手)とする振動数がわかります。

左のグラフ(赤い線)を見ると、

- ・200Hz以下は不得意
- ・200～9000Hzぐらいが得意な範囲

と判ります。

# おねがい

- ご家庭で製作したスピーカを使うとき  
アンプを使わないときは、ACアダプタを抜いておいてください

また使うときは、プラスチックケースのふたを開けておいてください。熱がこもると故障の原因になります。

大音量での音楽再生は、周囲の迷惑にならないようご注意ください。

# 午後の授業案内について

- 次の「電子回路 (FPGA) を使ってストップウォッチとルーレットを作ってみよう」は  
一号館 9階 ASEC  
での開講となります。

ASEC室内は飲食禁止なので、学生食堂などで食事をとってください。

# 場所の案内

工学部キャンパスマップ

