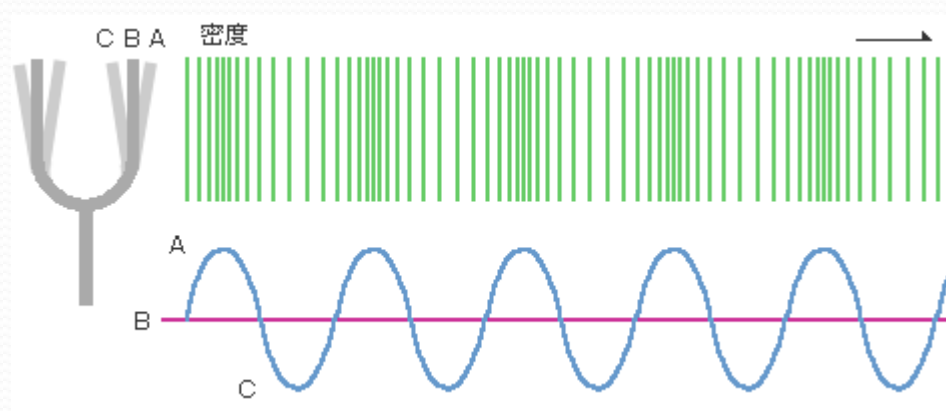
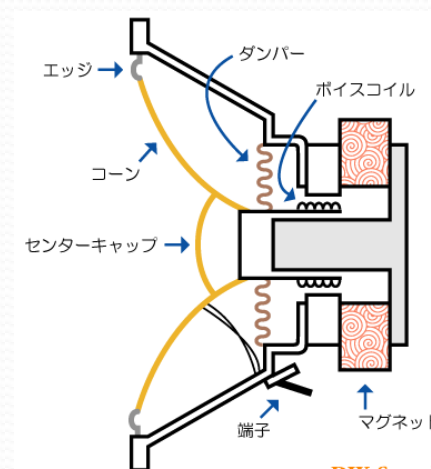


音波

- 物体を伝わる音波
- 縦波, 粗密波, 圧縮波
- 聴覚, デシベル
- 音波の利用
- 超音波

音波の発生

- スピーカー, 音叉, 鐘, 空気の振動
- 物体の振動 → 空気の粗密波(縦波)
- 縦波のグラフ表示(縦軸を変位)

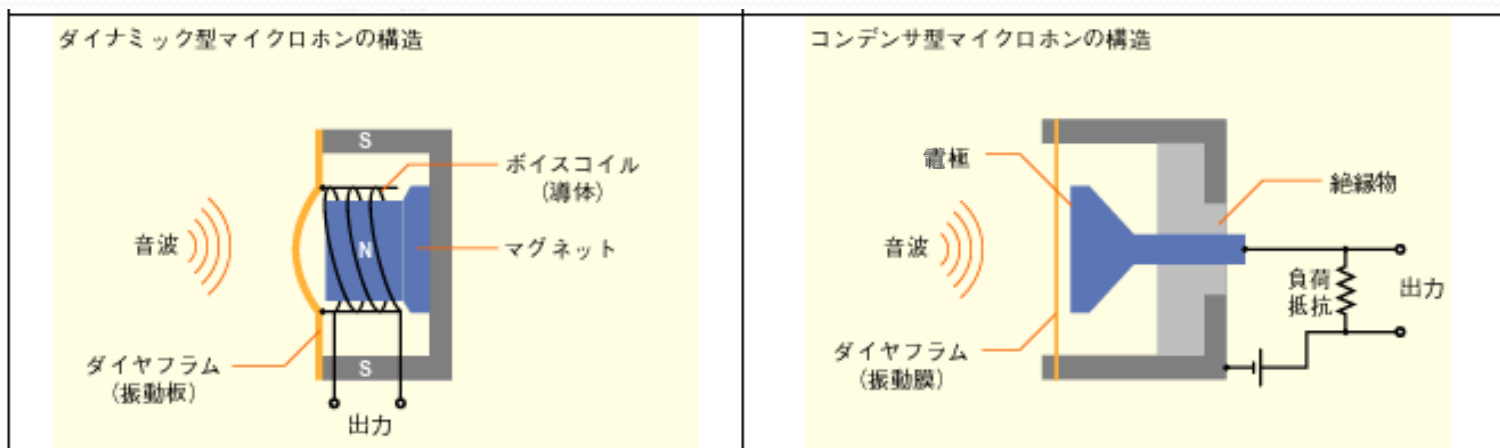


音波とは？

- 空気の密度の変動が**縦波**として伝わる
 - 耳で音として感知できる
 - 可聴域を超える振動数(超音波)も含めて音波という
- 「液体・固体を伝わる音波」という言い方がある
 - 液体の密度の変動の縦波
 - 固体の密度の変動の縦波
 - ? 固体の横ずれの横波?
- 弦やロープの横波は(音が発生しても)音波と言わない

音波の測定

- マイクロフォン
 - 空気の圧力変動を電気信号に変換する



- 波形編集ソフト(たとえば, [Audacity](#))で録音し波形を表示する

エコー

- 音速, 境界面で反射

- 無響室

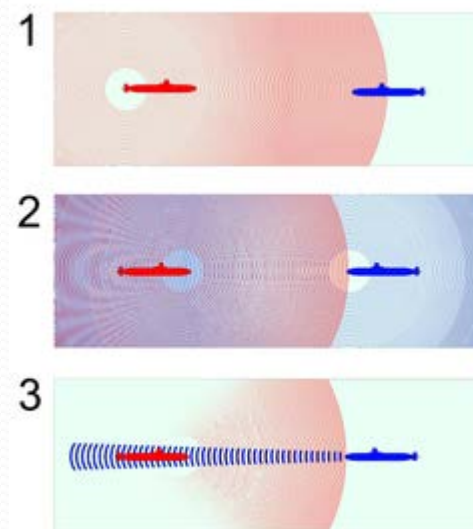
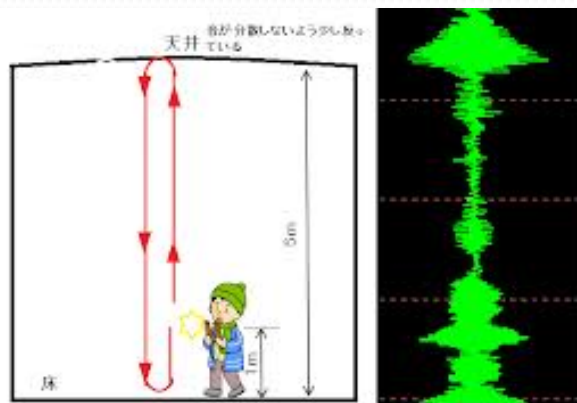
- 鳴き龍

- 超音波エコー

- 医療

- 水深測定 水深 $s = \text{速さ} \times \text{往復時間} \div 2 = vt/2$

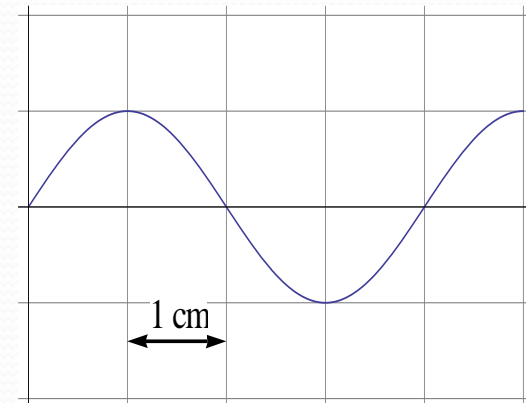
- 潜水艦のソナー



問1

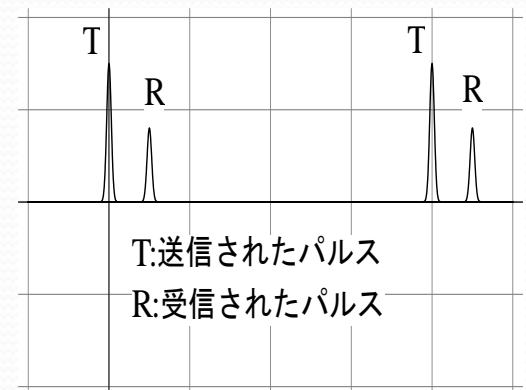
1. 図(上)はある音波の波形をオシロスコープで見たものである。

- (a) タイムレンジが5 ms/cmのとき, この音波の振動数を計算せよ.
- (b) 次の操作で波形はどのように変化するか.
 - (i) スピーカの音量を上げる
 - (ii) 音の振動数を下げる.



2. 水中の音速が 1600 m s^{-1} であった. 図(下)は水深探査器のパルスをオシロスコープで表示したものである. 1秒に2個のパルスを発生させる.

- (a) 図をもとにして, パルスが船から海底に到達するまでの時間を推定せよ.
- (b) この水深を計算せよ.

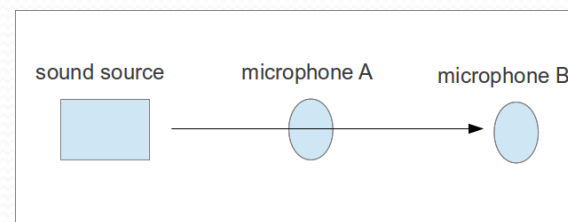


問：音速（ビデオに収録した問題）

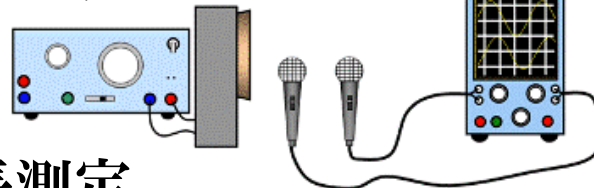
- 気体の音速：～分子の速さ（軽いほど，高温ほど，速い）
- 液体，固体の音速：弾性と密度で決まる，気体より速い

● 気体の音速の測定

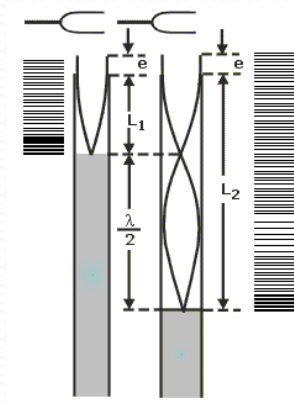
- 1 説明を聞いて，計算する



- 2 距離による位相差測定



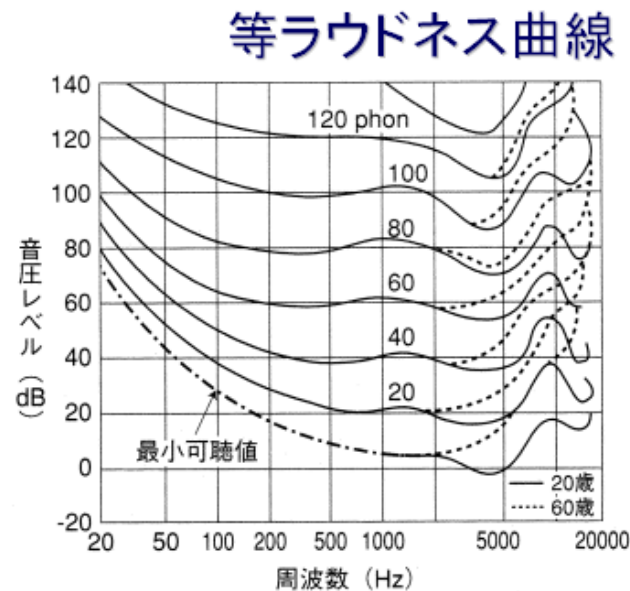
- 3 共鳴による波長測定



聴力

- 耳の構造と感度

標準気圧	101325 Pa ~ 1013 hPa
最小可聴音圧	$p_0 = 20 \times 10^{-6}$ Pa
音圧レベル	$L_p = 20 \log_{10} (p / p_0)$ [dB]
ラウドネス	音圧レベルを感度で補正



phon(ホン)
1000Hzの純音を基準音とする
主観的な音の大きさの単位
順位尺度

デシベル(dB)

- 基準のエネルギーもしくはパワー I_0 に対する I
(圧力の振幅の²乗に比例)

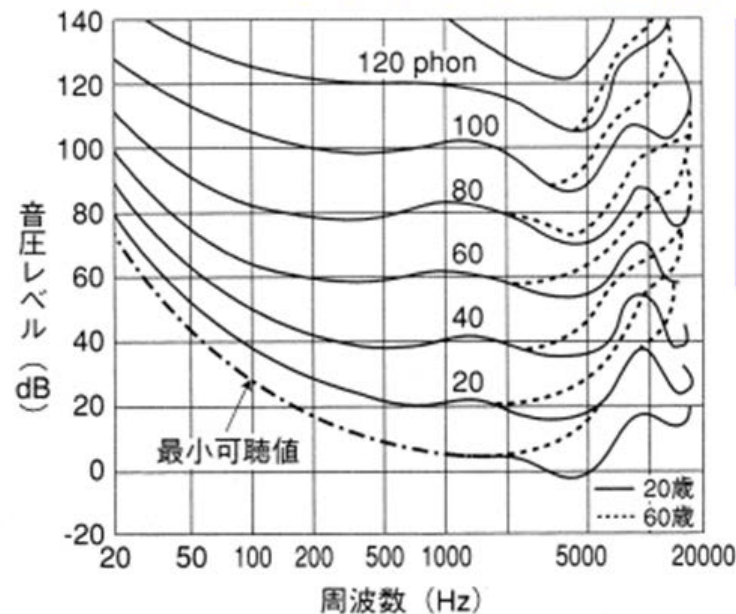
$$10 \times \log_{10} I/I_0 \quad [\text{dB}]$$

$$I = I_0 \rightarrow 0 \text{ dB}$$

$$I = 10 \times I_0 \rightarrow 10 \text{ dB}$$

$$I = 100 \times I_0 \rightarrow 20 \text{ dB}$$

等ラウドネス曲線



phon(ホン)
1000Hzの純音を基準音とする
主観的な音の
大きさの単位
順位尺度

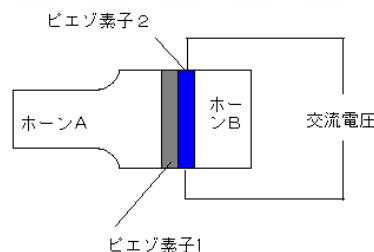
問2

1. (a) 中耳の耳小骨の機能は何か。
(b) 話しながら聞こえる自分の声と録音したものを聞き比べ、その差異と理由を述べよ。
(c) ある学生が、音の大きさが40 dBの部屋から70 dBのホールに移動する。
 - (i) 大きさは何デシベル増加したか。
 - (ii) 音のエネルギーの最初の何倍になったか。
2. 2つ前のスライド「聴力」の等ラウドネス曲線の最小可聴値について。
 - (a) 若年層にとって最も敏感な振動数はどこか。
 - (b) (a)の振動数で、中高年では何dBほど聞こえ方が悪くなるか。
 - (c) 若年層と比較して中高年の聞こえ方はどのようなものか。

超音波（～18 kHz以上）

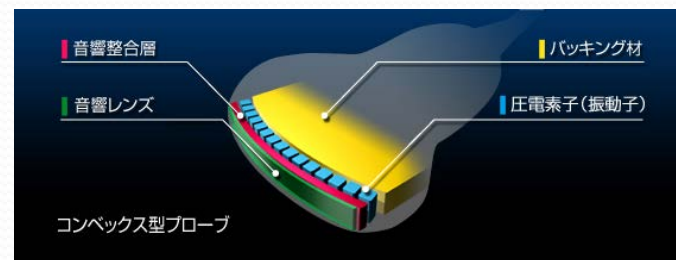
ultrasonic

- 超音波トランスデューサー

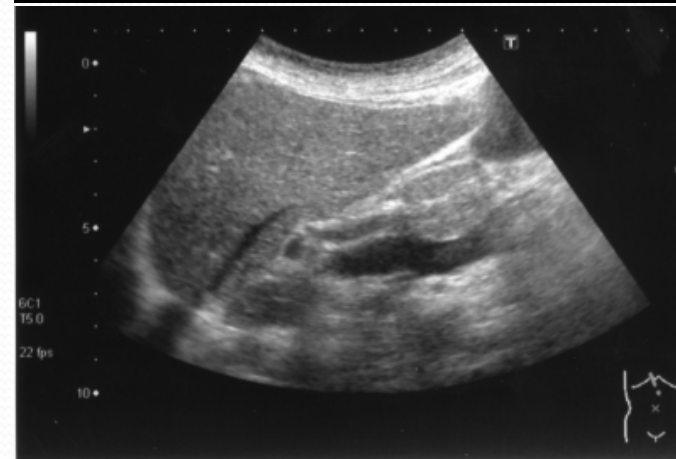
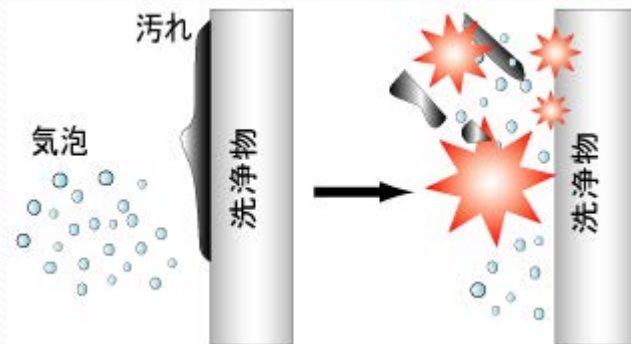


- エコー診断装置

- Bモード (Brightness): 反射波の振幅を輝度に変換して表示. さまざまな走査方法により、超音波ビームを複数送受信して2次元画像をつくる



- 超音波洗浄機



問3

1. (a) 超音波スキャナーのシステムで、超音波パルスの持続時間をパルス間隔より非常に短くするのが不可欠なのは何故か。
(b) 1.5 MHzのトランスデューサーが10サイクル続く超音波のパルスを出す。このパルス幅はどれだけか。
(c) スキャナーが1 ms間隔で1.5 MHzのパルスを出す。10サイクル続くパルス幅とパルス間隔の比を計算せよ。

2. (a) 幅1 cmで平板の洗浄用超音波トランスデューサーが振動数40 kHzの超音波を出す。この超音波の水中での波長を計算せよ。ただし水中の音速は 1500 ms^{-1} である。
(b) 波源の大きさが波長より十分に大きければ回折は目立たない。上の場合に(i) 回折が目立つか否か、また(ii) 回折がある方が洗浄ユニットとして望ましいか否かを論じよ。

空気中の音波に関する その他の話題

- 波と振動のデモ, アニメーション (Dan Russel)
 - ドップラー効果と衝撃波
- 音の基礎知識 (小野測機)