

第3回 感覚と認知 —聴覚認知—

今日の参考文献

- 『生体情報システム論』
– 福田忠彦著 産業図書 1995年出版 ¥3,193
- 『岩波講座認知科学3 視覚と聴覚』
– 川人光男・行場次朗・藤田一郎・乾敏郎・力丸裕著
岩波書店 1996年出版 ¥3,400

聴覚情報処理

「聞く」ということ

「耳」の役割

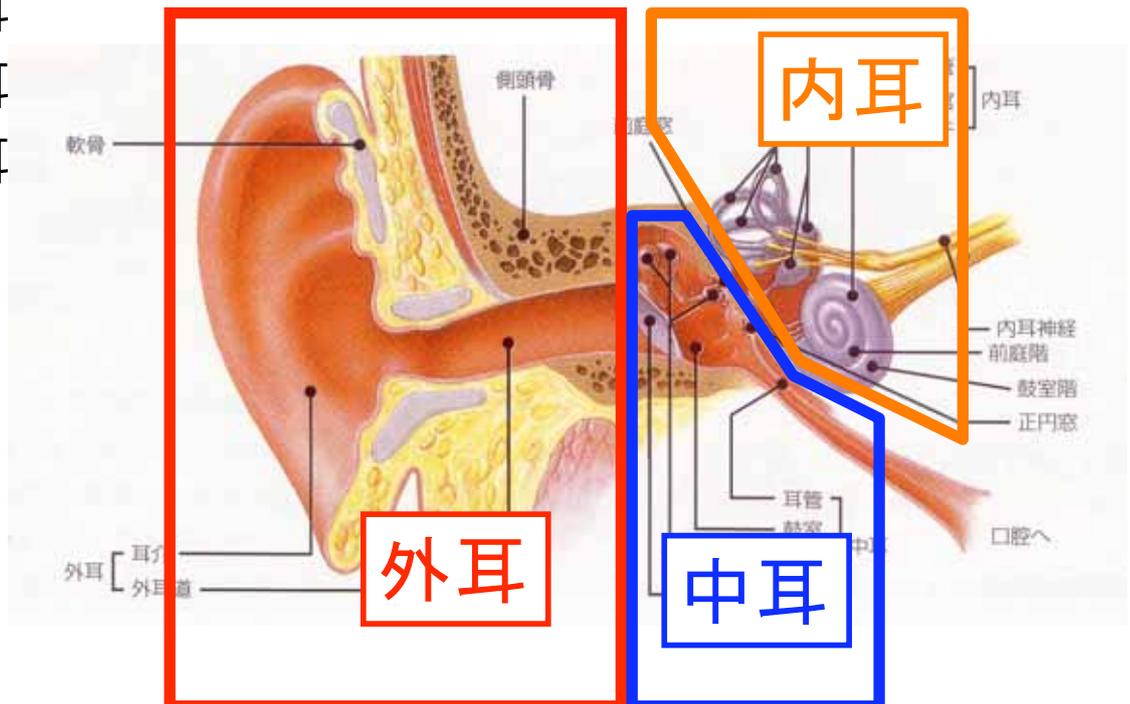
- 「聴覚」
 - 「聞く」こと
 - 耳の機能と聴覚の神経が音源の振動によって刺激されることに起因する感覚
- 「平衡感覚」
 - バランス感覚

聴覚情報処理

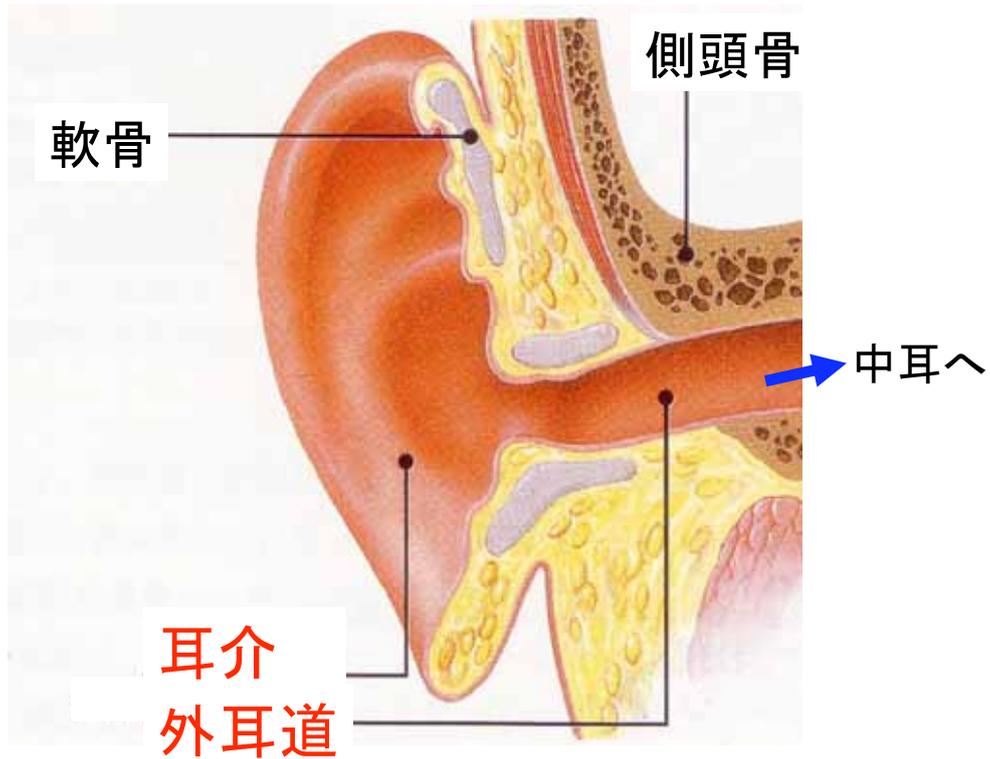
耳のメカニズム

聴覚器

- 外耳
- 中耳
- 内耳

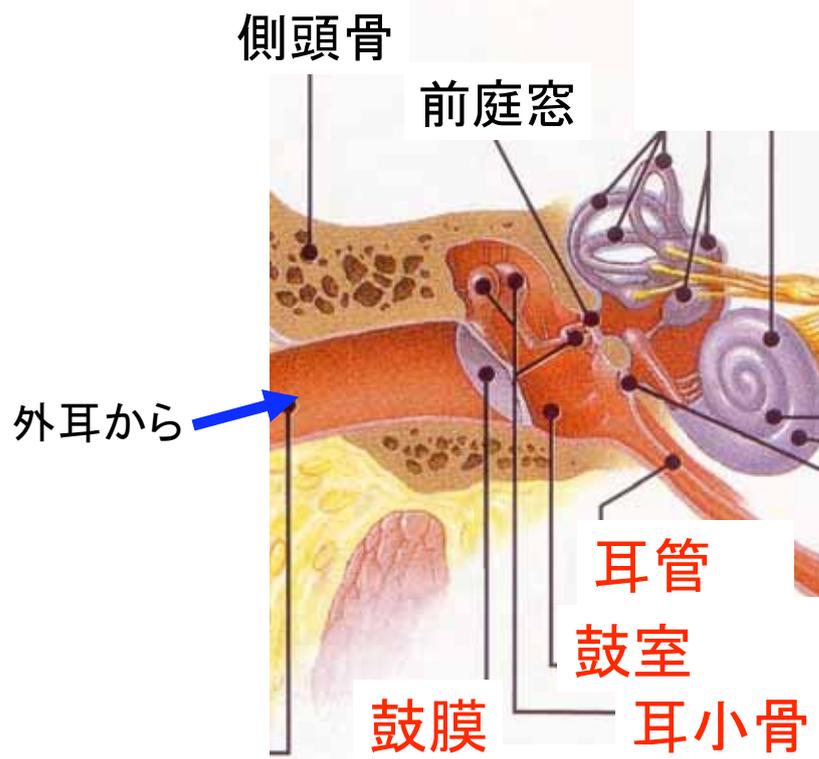


外耳 (outer ear)



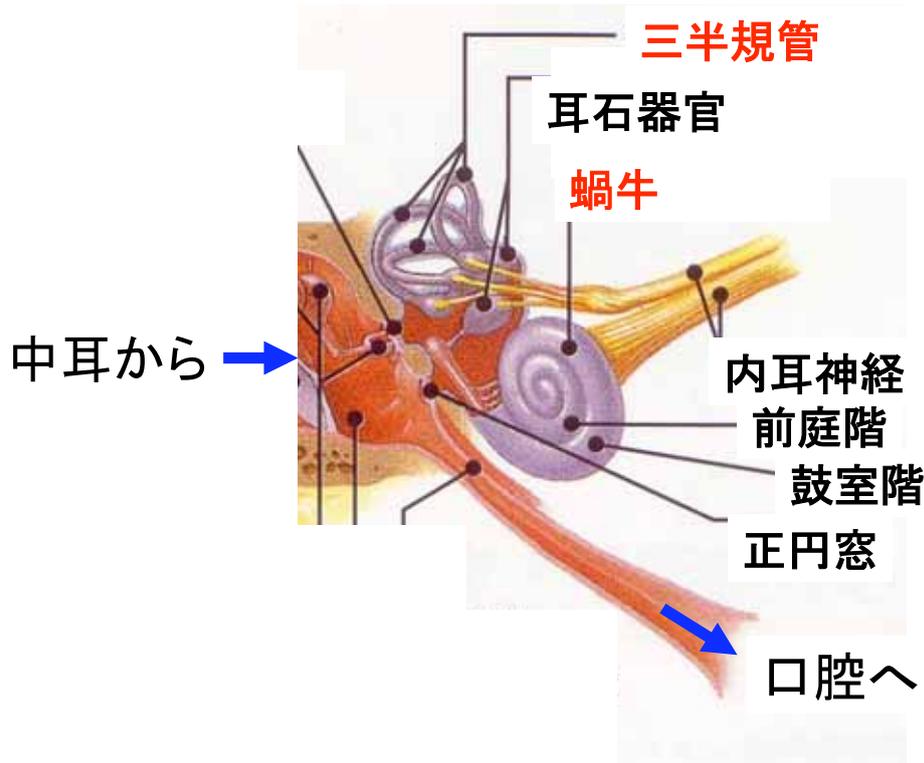
7

中耳 (middle ear)



8

内耳 (inner ear)



9

三半規管と前庭

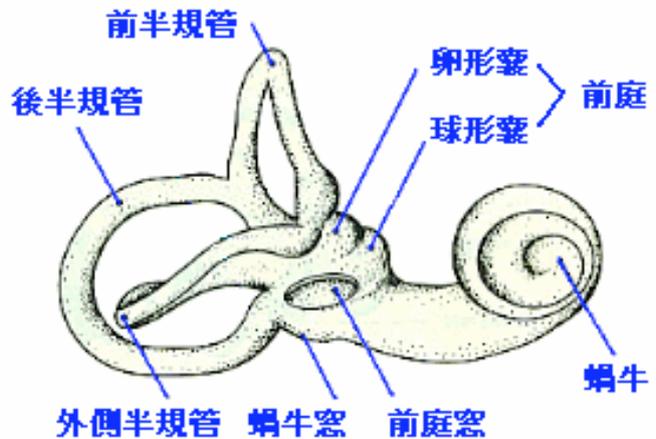
- **平衡感覚**をつかさどる
- 三半規管の管内はリンパ液で満たされている
- リンパ液の動きを有毛細胞が感知
- 前後動、左右動、上下動の回転加速度を感知
 - ⇒ バランスが取れる
- 頭部位置
 - 前庭にある耳石器 (卵形嚢と球形嚢) で水平方向と垂直方向の動きを感知

10

蝸牛

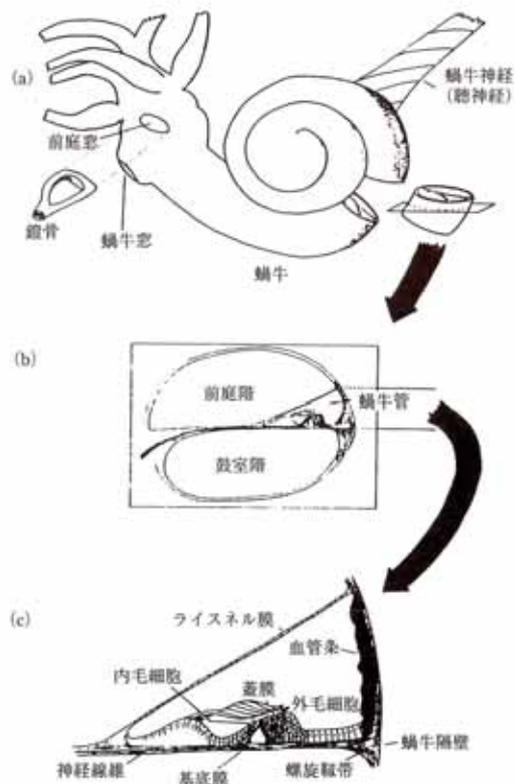
- リンパ液で満たされている
 - 蝸牛管：内リンパ液
 - 前庭階・鼓室階：外リンパ液

- 大きさは長さ5mm、幅10mm程度
- 2と3/4回転した管
- 伸ばすと約35mm



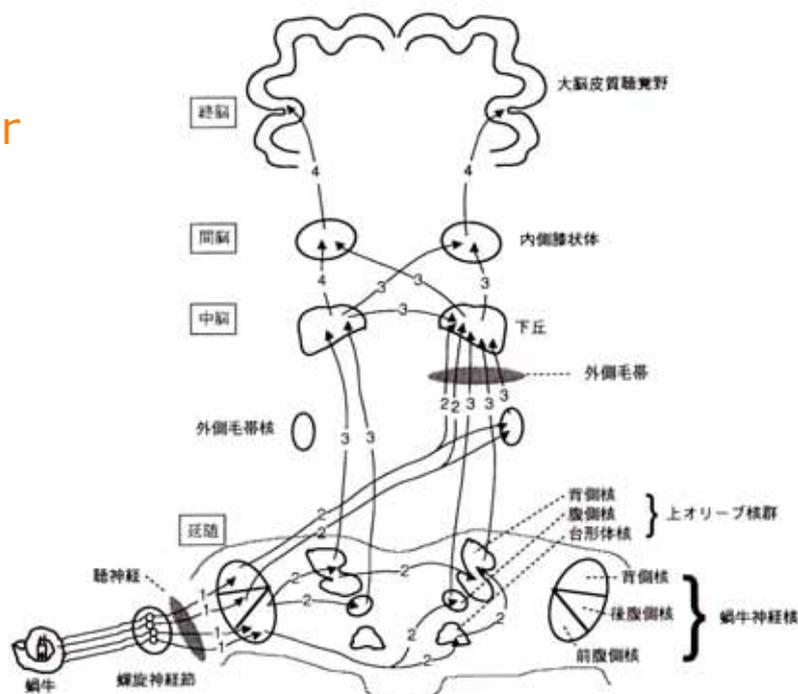
聴覚の原理

- 外耳
- 中耳
 - 鼓膜が振動
 - 耳小骨が振動
- 内耳
 - 蝸牛を通過
 - リンパ液の振動
 - コルチ器が振動を電位に変位
- 聴神経に伝達



音情報の流れ

- 螺旋神経節
- 聴神経
- 蝸牛神経核 (cochlear nucleus)
- 上オリーブ (superior olive)
- 下丘 (inferior colliculus)
- 内側膝状体 (medial geniculate body)
- 大脳皮質聴覚野 (auditory cortex)



聴覚情報処理

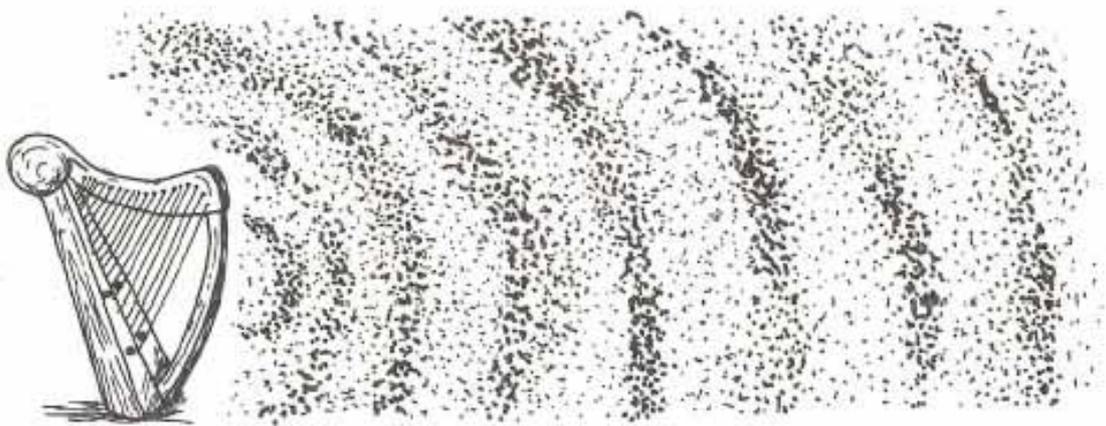
「音」とは？

音

- 音という言葉には2面性がある
 - 音（正確には**弾性波**）という物理的な意味
 - 音（弾性波）によって引き起こされる**聴覚的感覚**

15

音波



音波は、物体の振動に起因する分子群の収縮と拡張の反復。
音波が伝わる速度は、媒体に依存し、空気中では1秒間に約340mの速度で伝播する。水中ではより速い速度となり、金属中では更に速くなる。

16

JISでの音に関する定義

- JIS Z 8106音響用語（一般）の定義

- 音あるいは音響（sound）の意味

- 音波（弾性波）またはそれによって起こされる聴覚感覚

- 参考

- 全ての音波（弾性波）が聴覚的感覚を起こすとは限らない

- 例： 超音波

JISでの音に関する定義

- JIS Z 8106音響用語（一般）の定義

- 音あるいは音響（sound）の意味

- 音波（弾性波）またはそれによって起こされる聴覚感覚

- 参考

- 全ての音波（弾性波）が聴覚的感覚を起こすとは限らない

- 例： 超音波

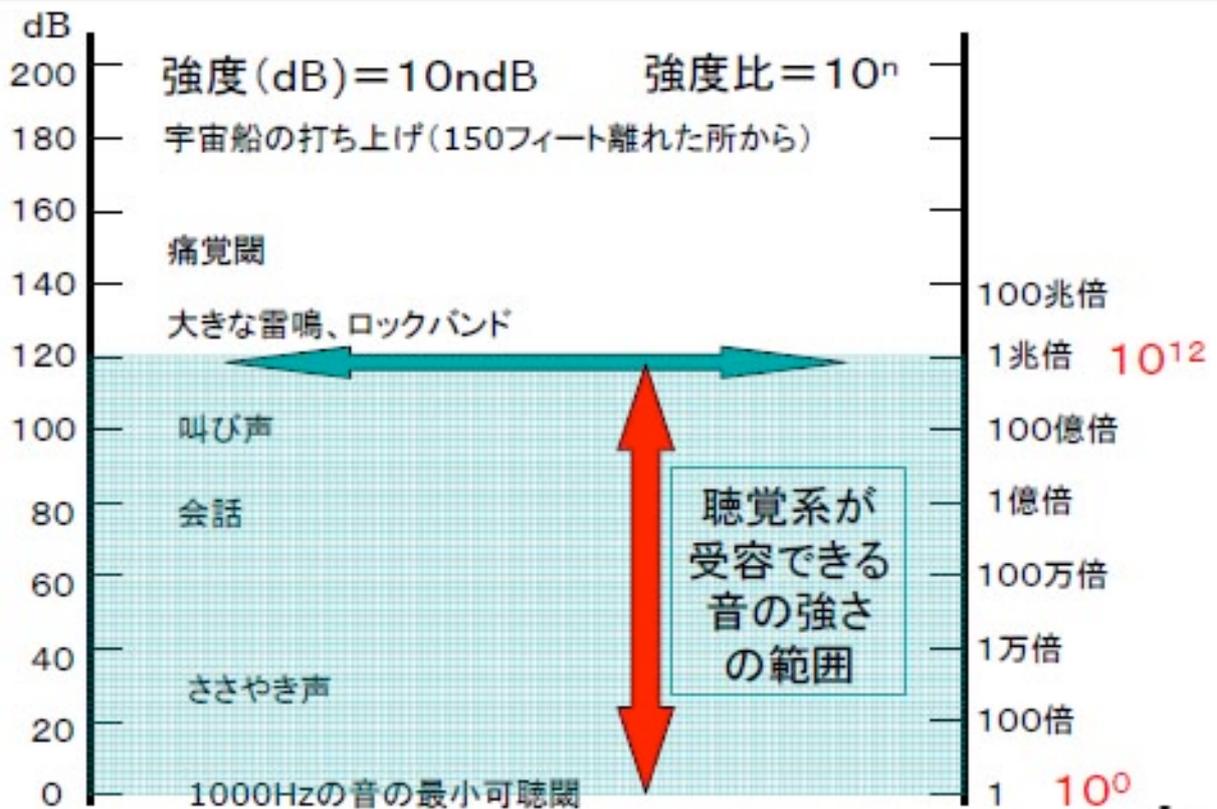
音の物理的性質

- 音の物理的性質を現す基本的な量
 - 音の大きさ (sound intensity)
 - 空気の圧力
 - 周波数 (frequency)
 - 空気の振動 (圧縮と開放) の繰り返し頻度

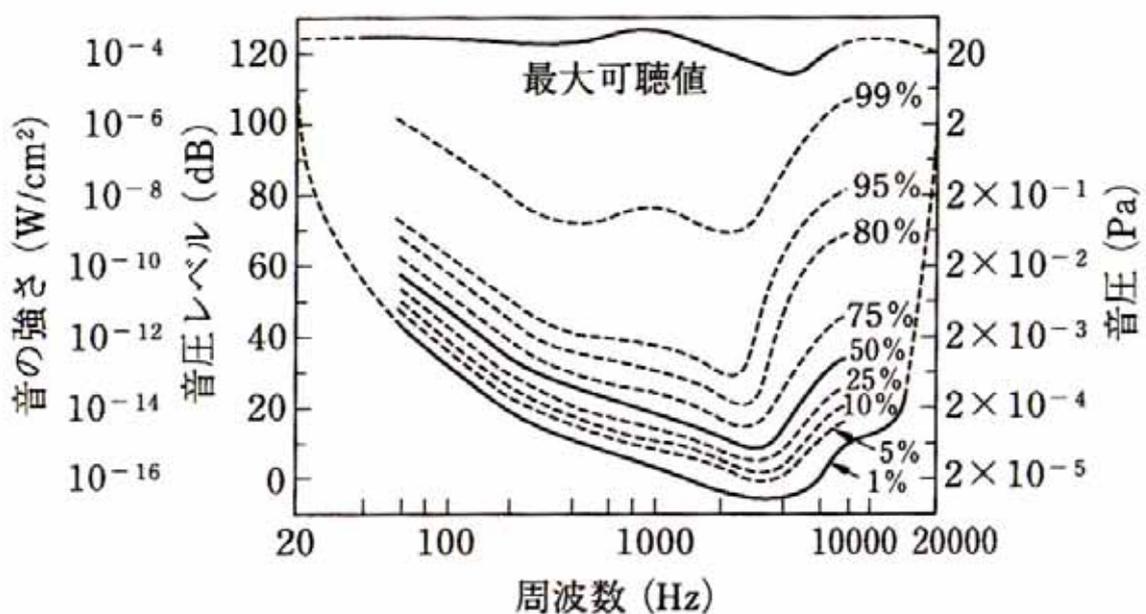
音の強さ (強度) と聴覚

- 聴覚器官が受け入れることのできる音の強さには一定の範囲がある
- 聞き取れる最小の音の強さと、身体的に苦痛を与えるほど強い音の隔たりは極めて大きい
 - 2000Hzの音の場合、我慢できる音の強度は聞き取ることができる最小の音の強さの、約1兆倍 (10^{12})
- 広い音の強さの範囲を扱うにはその範囲を圧縮して記述 (対数表示) する
 - デシベル (dB: decibel)

可聴閾



可聴閾



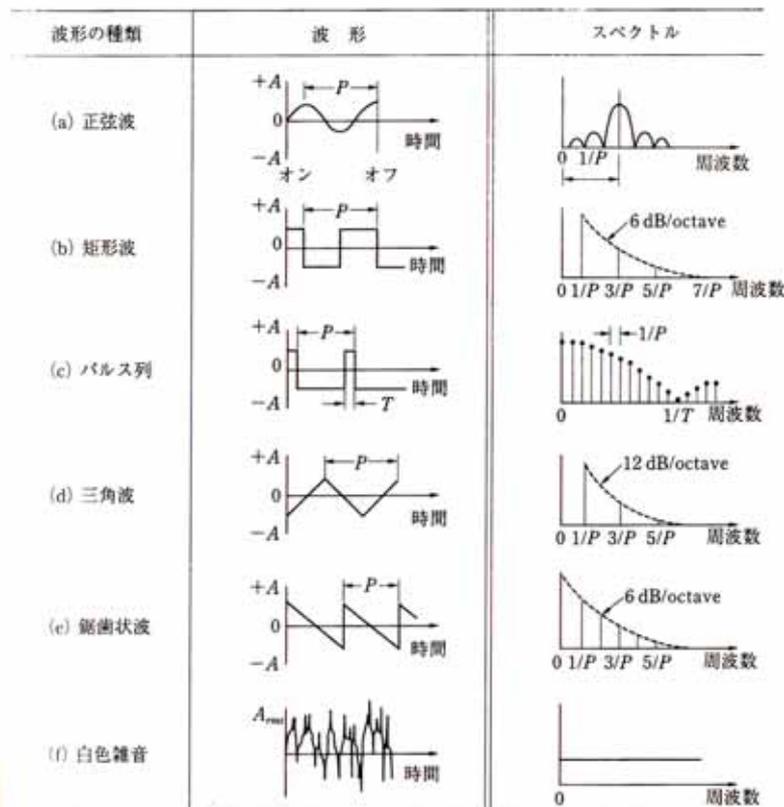
人の可聴閾は20～20000Hz
音圧レベルで0～120dB

可聴閾：音の強さに着目

- 知覚できる最低の音圧レベルを**最小可聴限** (threshold of hearing)
- 知覚できる上限を**最大可聴限** (threshold of feeling)
- 最大可聴限を越える音には痛覚が生じる
- ⇒**痛覚閾**
 - 音圧レベル：約150dB

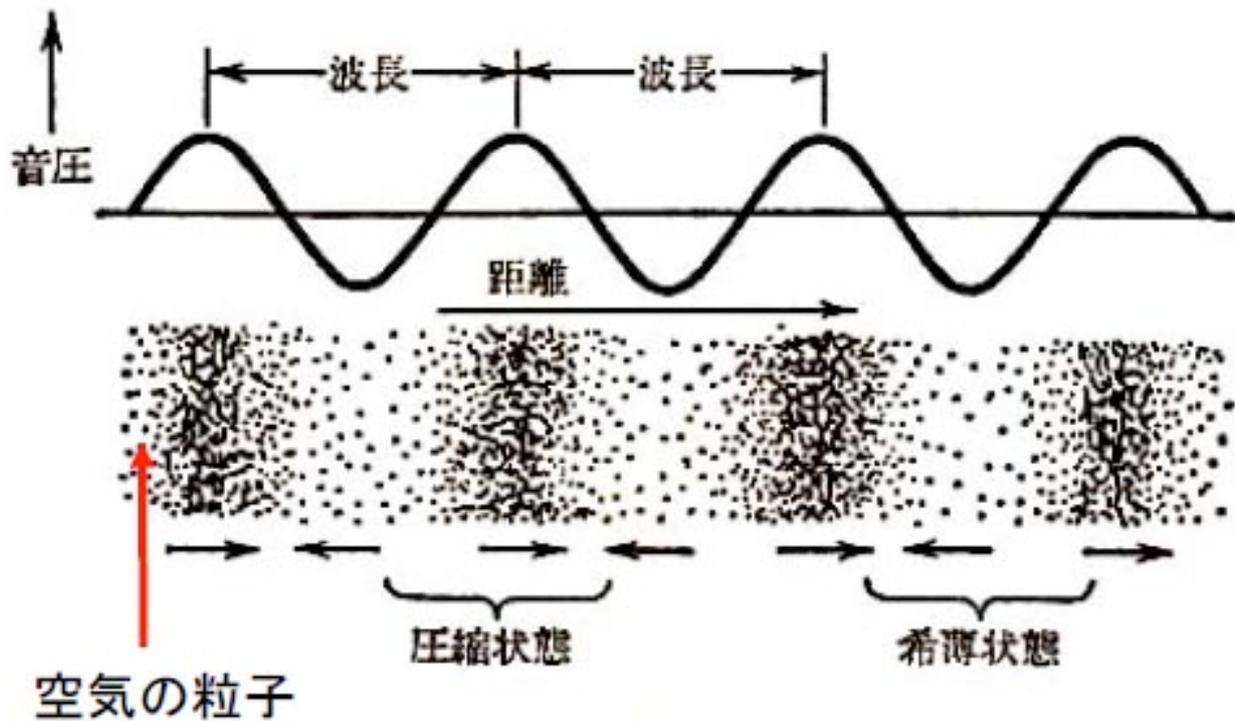
23

音波の波形

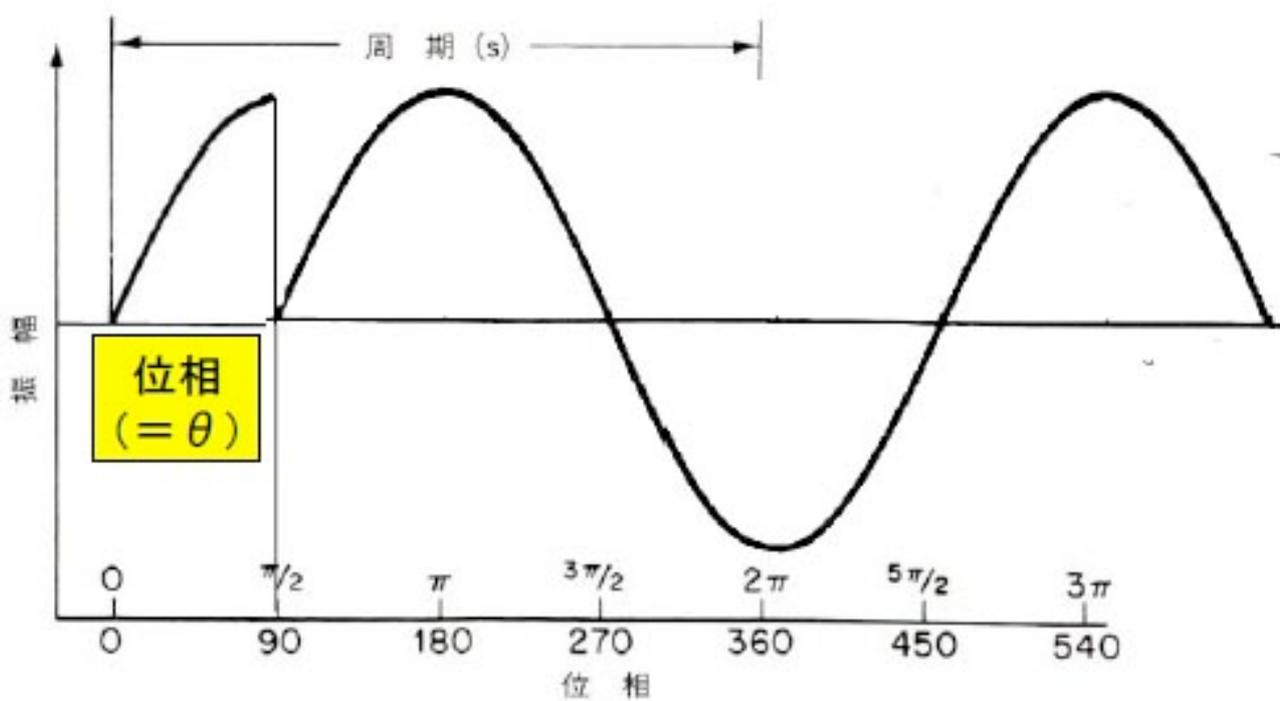


24

正弦波状の音



正弦波



音の記述

- 周波数 (frequency)
 - 単位 : Hz(Hertz)
- 振幅 (amplitude or intensity)
 - 音波のピーク (トップ) ~ピーク (ボトム) の距離
 - 数学的に記述する場合はその値の2分の1で表現
- 通常音の場合、音圧あるいは単位面積あたりの力で測定し、**ダイン/cm²**で示す

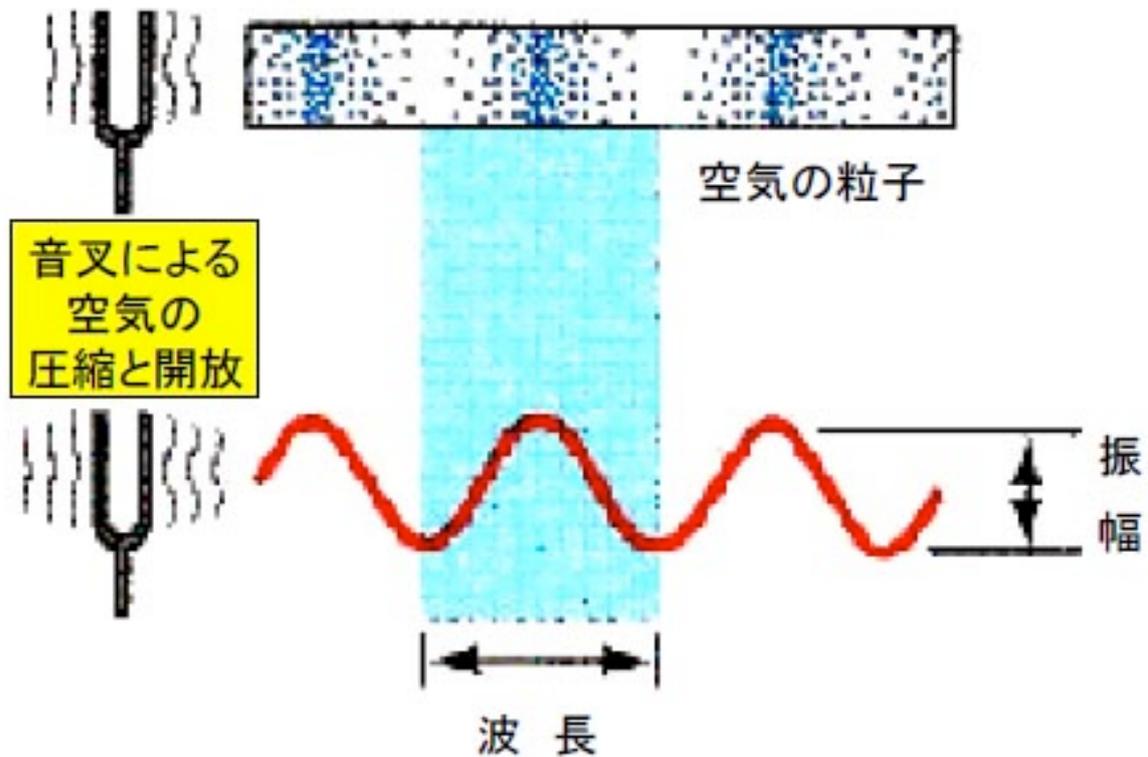
27

音 (聴覚刺激) の記述

- 音は空気圧の振動によって生じる (分子)
- 音波の物理的性質の記述
 - $A\sin(2\pi ft + \theta)$
 - 周波数 : 圧力が変化する速さ f
 - 振幅 : 圧力の大きさ A
 - 位相 : 刺激が始まる位置 θ

28

音の伝わり方



29

音の表現

- 全ての音（の波形）は**正弦波の集合**で示す
 - 正弦波に分解することが可能
 - フーリエ解析
- 音を分解する“装置”が蝸牛の中に設置されている
- 蝸牛の中では、基底膜に位置によって特定の“**周波数**”を抽出する機構が働く

30

音の心理的3要素

- 大きさ (loudness)
- 高さ (pitch)
- 音色 (timbre)

31

音の心理的3要素

心理的性質	物理的性質	
	(時間領域で表現)	(周波数領域で表現)
音の大きさ	波形の振幅	基本波および高調波 各成分の振幅の総和
音の高さ	波形の周期	基本周波数
音の音色	波形	基本波および高調波 各成分の振幅の組み合わせ

3要素は独立ではない

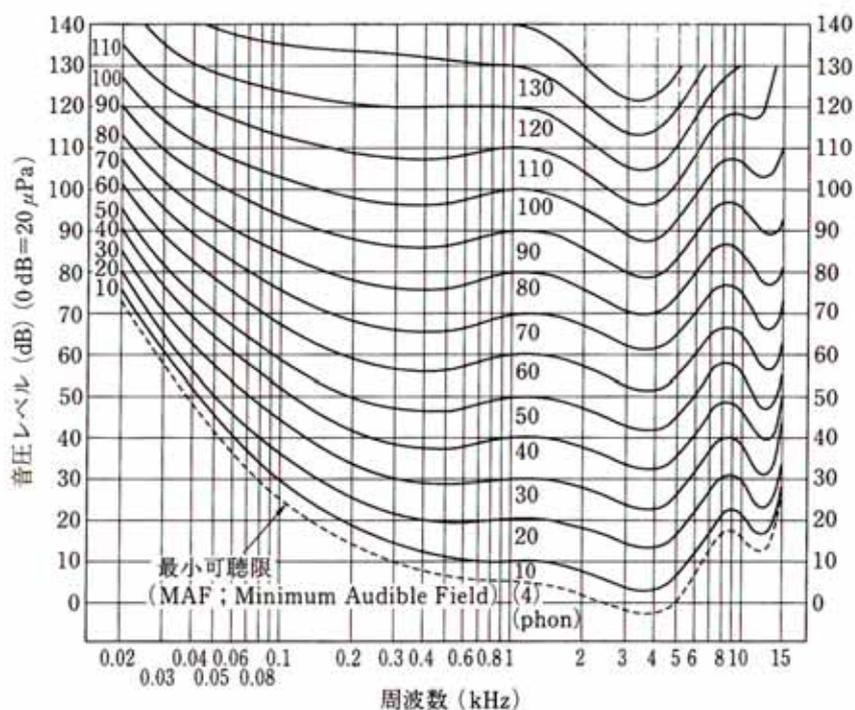
32

音の大きさ (loudness)

- 音の大きさは音の強度と周波数の両方に依存
- JIS
 - 音の大きさ
 - 音の強さに関する聴感上の属性で、小から大にいたる尺度上に配列される

33

音の大きさの等感曲線



同じ曲線上の音は同じ大きさ(心理量)の音に聞こえる

34

音の高さ (pitch)

- 音の高さは「低い」から「高い」まで1次元的に変化する性質がある（1次元性）。
 - トーンハイト (tone height)
- 音の高さは「心理量」
 - 単位：メル (mel)
 - 1000Hz(60dBspl)の音の高さを1000メル
 - 1000Hz(40dBspl)の音の高さを1000メル

35

音の高さの2次元の性質

- 2次元的な側面も持つ
- 基本周波数（物理的）を上昇させると、音の高さ（心理的）は上昇して知覚されるが、基本周波数が2倍になったときに、もとの音に戻った印象が生じる。このように、音には1オクターブごとに類似した音の性質が現れる循環的な性質（循環性）がある
 - 音調性 (tonality or tone chroma)
 - 4~5kHz以上になると消失
- 音には1次元の性質と2次元の性質があることは螺旋構造であらわされる

36

音色 (tone)

- 音色は音波の波形によって決定
- どんな波形も正弦波の集合で表現できる
 - Fourier Analysis
- 音色は音波のスペクトル分布に依存

37

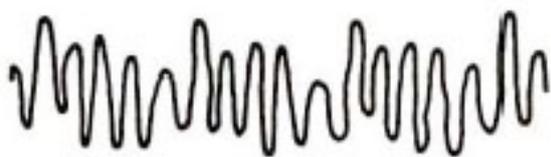
音波の波形



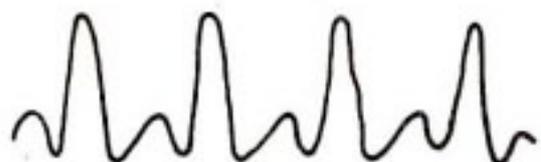
フルート



クラリネット



オーボエ



サキソフォン



音叉 = 正弦波

38