

音はどこから聴こえるか

会津大学、コンピュータ理工学部

黄 捷 (Jie Huang)

読み方: ジエ(捷) ファン(黄)、

あるいは: コウ(黄) ショウ(捷)

漢字発音のトリビア

■ 中国語で発音「huang」の漢字

中国語発音 日本語発音

黄(huang) こう (黄河)

皇(huang) こう (皇帝)

荒(huang) こう (荒涼)

恍(huang) こう (恍惚)

煌(huang) こう (敦煌)

凰(huang) おう (鳳凰)

■ 他の「こう」と発音する漢字

公(gong) こう (公認)

鋼(gang) こう (鉄鋼)

高(gao) こう (高低)

甲(jia) こう (甲乙)

侯(hou) こう (気候)

- 結論：中国語で「n」で終わる漢字は日本語では「ん」で終わる。「ng」はだめ

■ 中国語で発音「huan」の漢字

中国語発音 日本語発音

欢(huan) かん (歓迎)

幻(huan) げん (幻想)

換(huan) かん (交換)

环(huan) かん (環境)

还(huan) かん (変換)

患(huan) かん (患者)

缓(huan) かん (緩慢)

唤(huan) かん (召喚)

■ 組み合わせの例

印鑑(yinjian) いんかん (印鑑)

銀行(yinhang) ぎんこう (銀行)

青春(qingchun) せいしゅん (青春)

英断(yingduan) えいだん (英断)

断肠(duanchang) だんちょう (断腸)

团长(tuanzhang) だんちょう (団長)

安静(anjing) あんせい (安静)

阴影(yinying) いんえい (陰影)

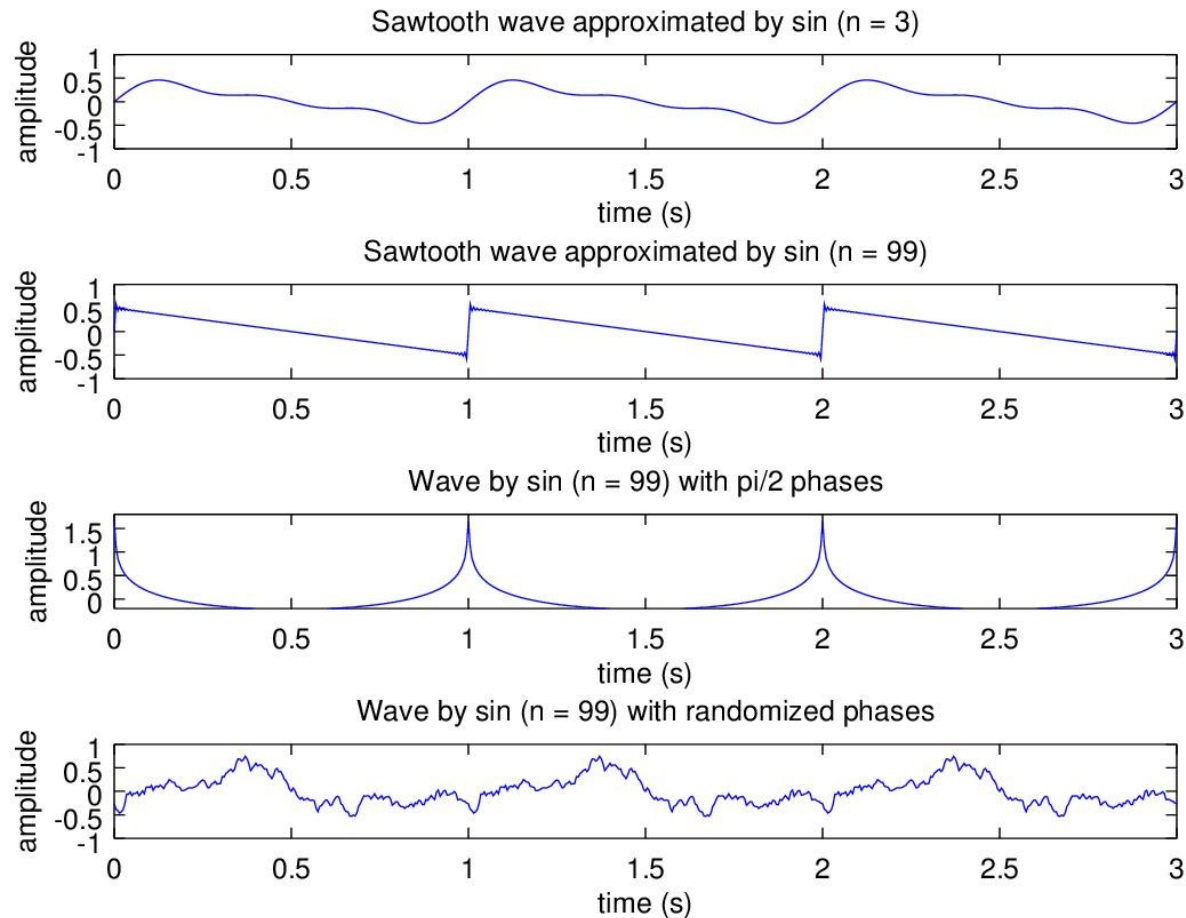
远景(yuanjing) えんけい (遠景)

音はどんなものでしょうか

- 音響学会は音と聴覚を研究する学会
- 音は波
 - 波は振動する
 - 大きくなったり、小さくなったりする
 - 大きさの変化が周期的
- 波(音)は正弦波の集まりで表すことができる
 - これは本当か、どんな音でも?
 - 叫び声、泣き声、笑声
 - 手をパチと叩く音
 - 波が砂浜に打ち寄せる音
 - 風船が割れる音などなど

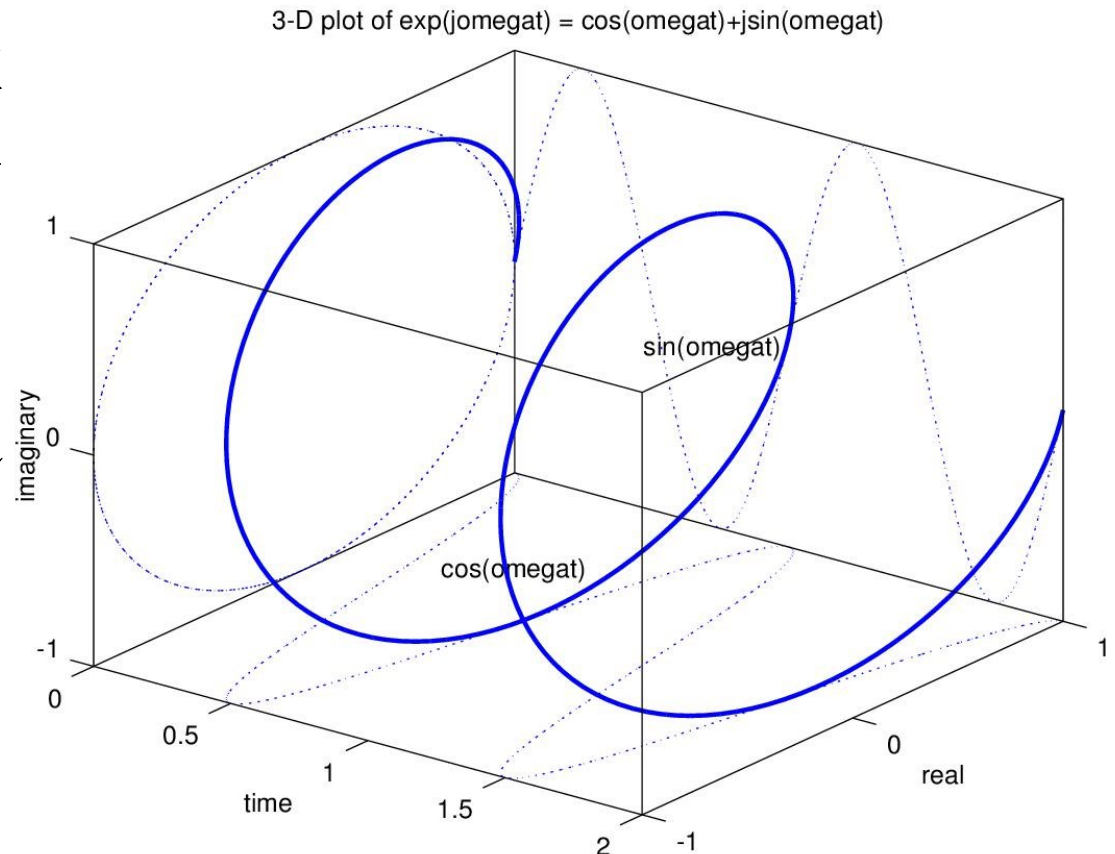
音は正弦波の集まりで表すことができる

■ ノコギリ波で確かめてみよう



波は実は回転していると考えた方がいい

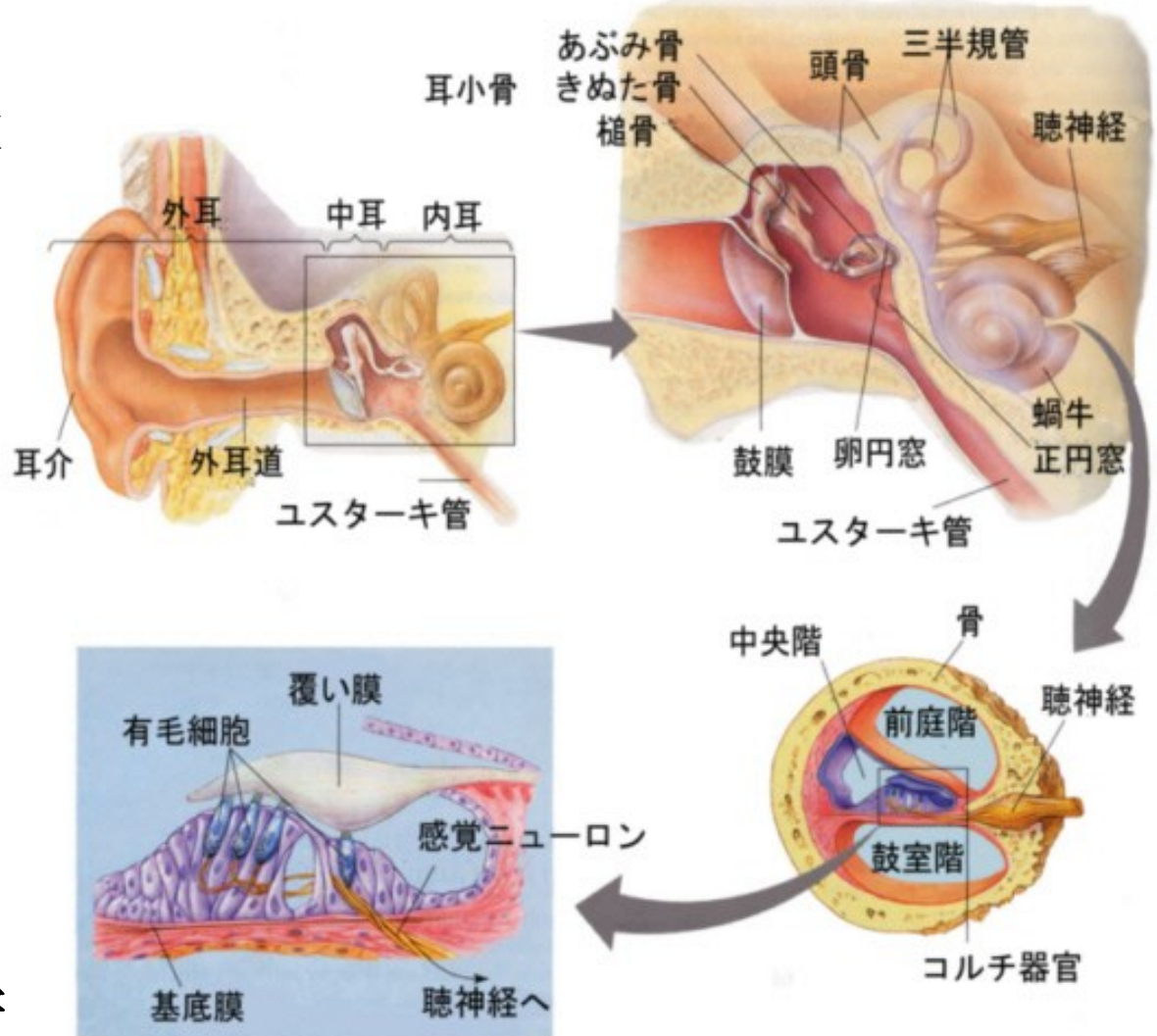
- 振り子、ばねの振動:
運動エネルギーと位置エネルギーが交互に変わる
 - 交流振動回路: 電圧
(静電エネルギー)と電流 (電磁エネルギー) が交互に変わる
 - 音: 粒子速度と空気圧が交互に変わる
- ⇒波を複素数で表そう



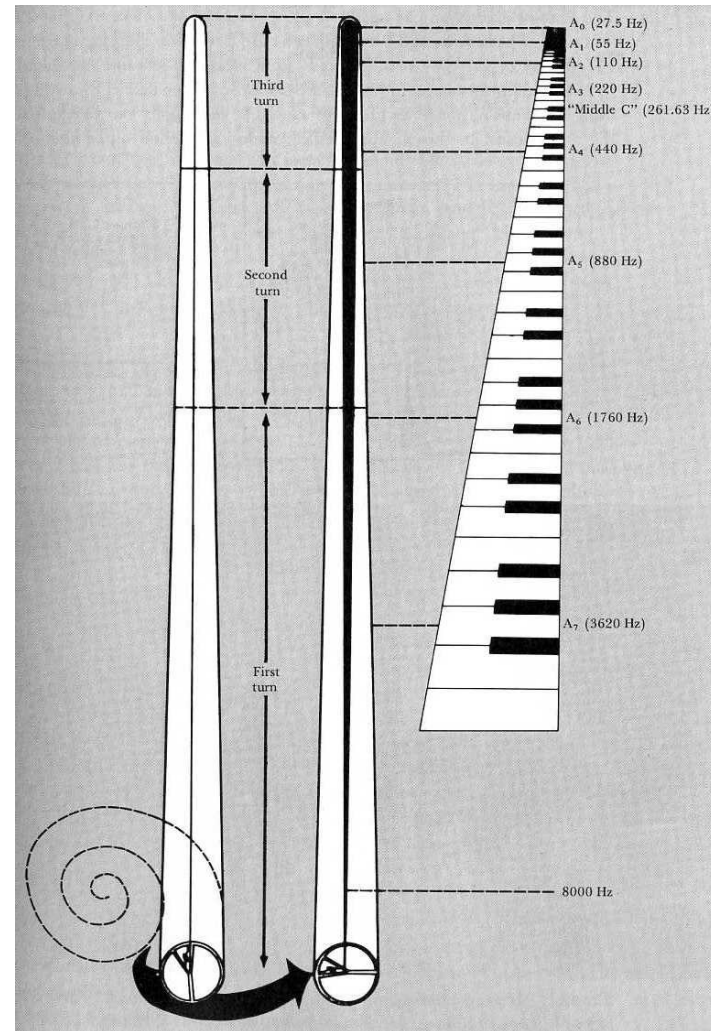
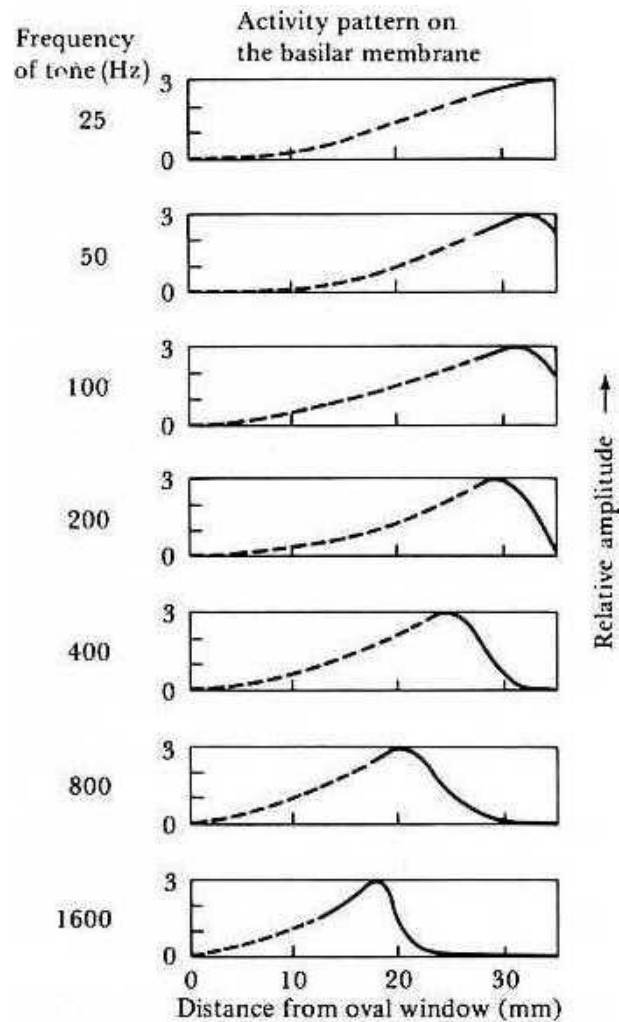
音はどこから聴こえるか：耳でしょう

- 外耳は音を集める
 - 猫、兎などは耳の方向を変える
- 中耳は空気の振動を鼓膜で受け、内耳へ伝える
- 内耳は蝸牛と言われる器官で基底膜によって周波数分析を行い、有毛細胞で神経インパルスに変換される

フォンベケシー：音響学
唯一のノーベル賞

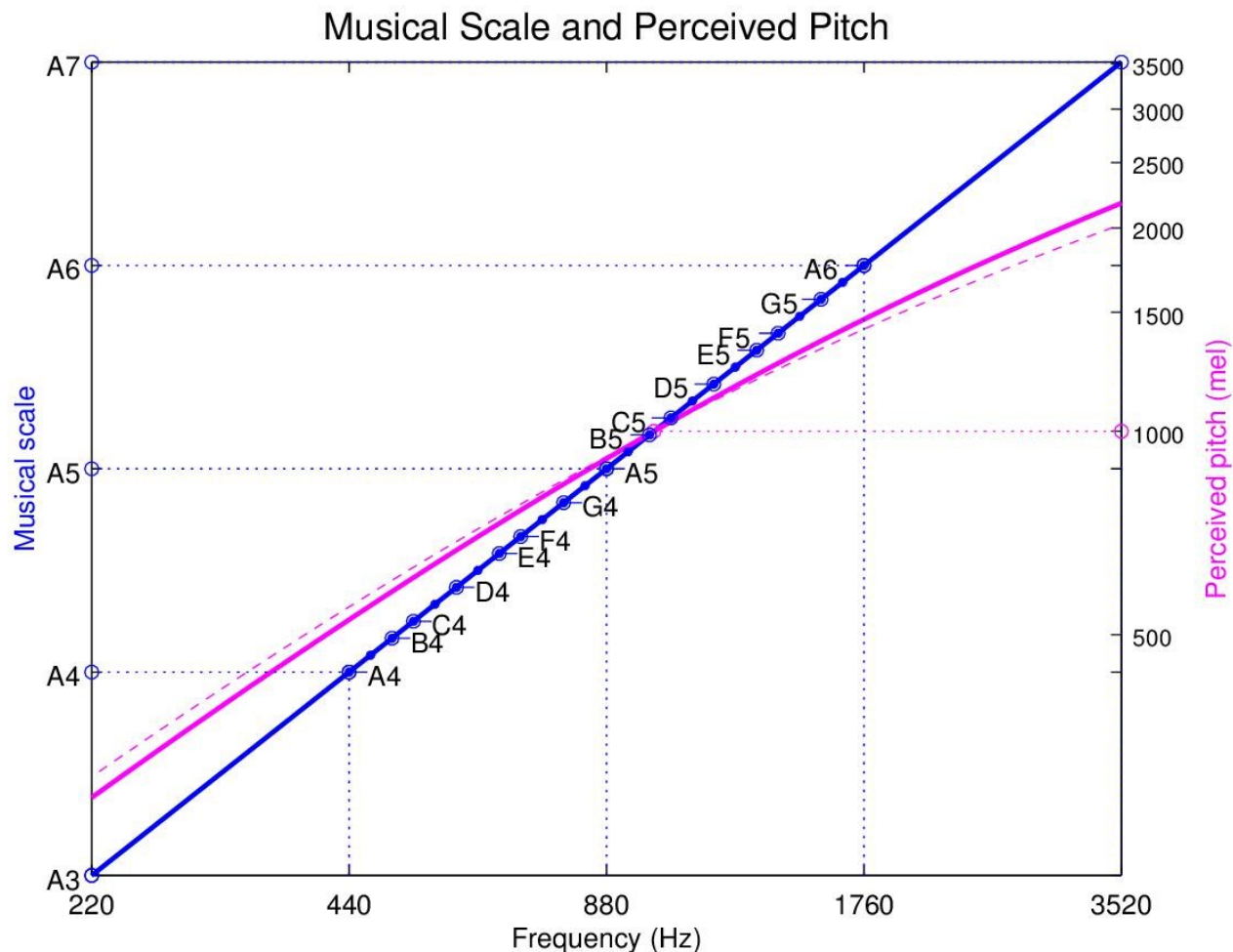


蝸牛の基底膜はどう周波数分析を行うか



周波数の音楽スケールとMELスケール

- 近似式
 $m = m_0 \log(f/f_0 + 1)$
 $f_0 = 1000$
 $m_0 = 1000 / \log 2$
- 有毛神経細胞
(neuron)
約30,000個
- 密度
約1150個/mm
- 1メル
約12個
- 周波数分解閾値
約52個(4.3mel)
- 臨界帯域
約1300個(108mel)



0, 7, 71, 148, 231, 414, 1000, 3000, 7000, 15000, 31000 (Hz)

0, 10, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 (mel)

音はどこから聴こえるか：音源定位

■ 人間はなぜ音源の方向を定位できるか

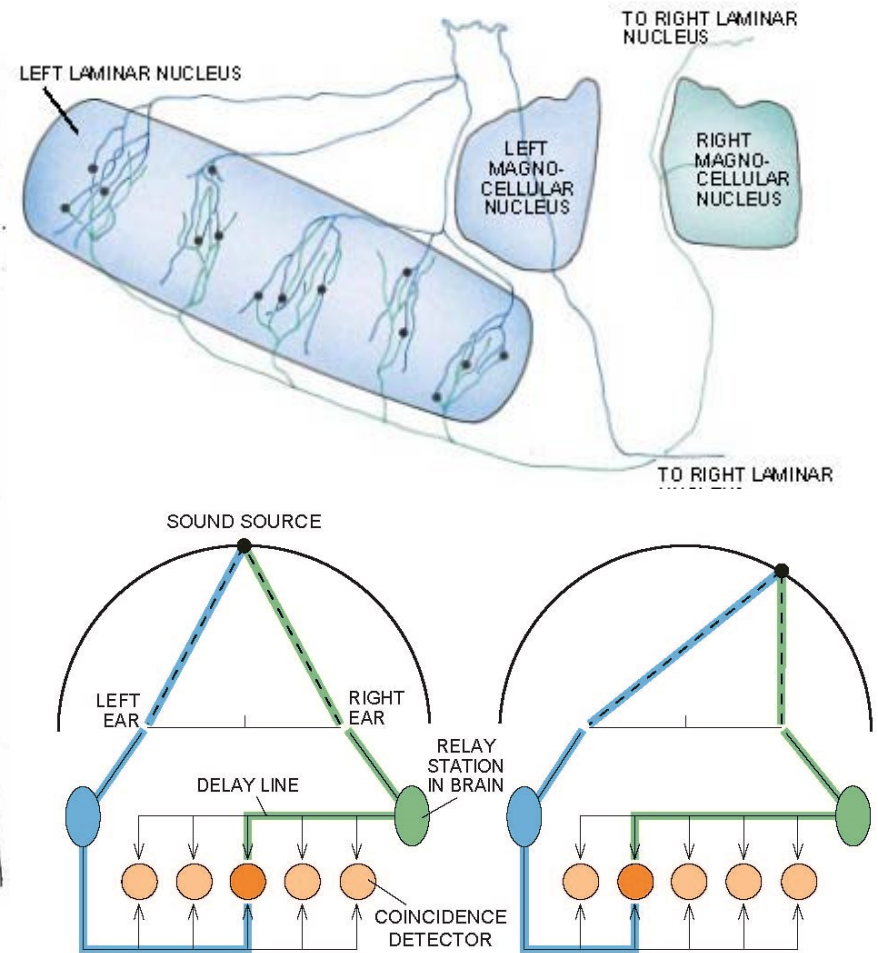
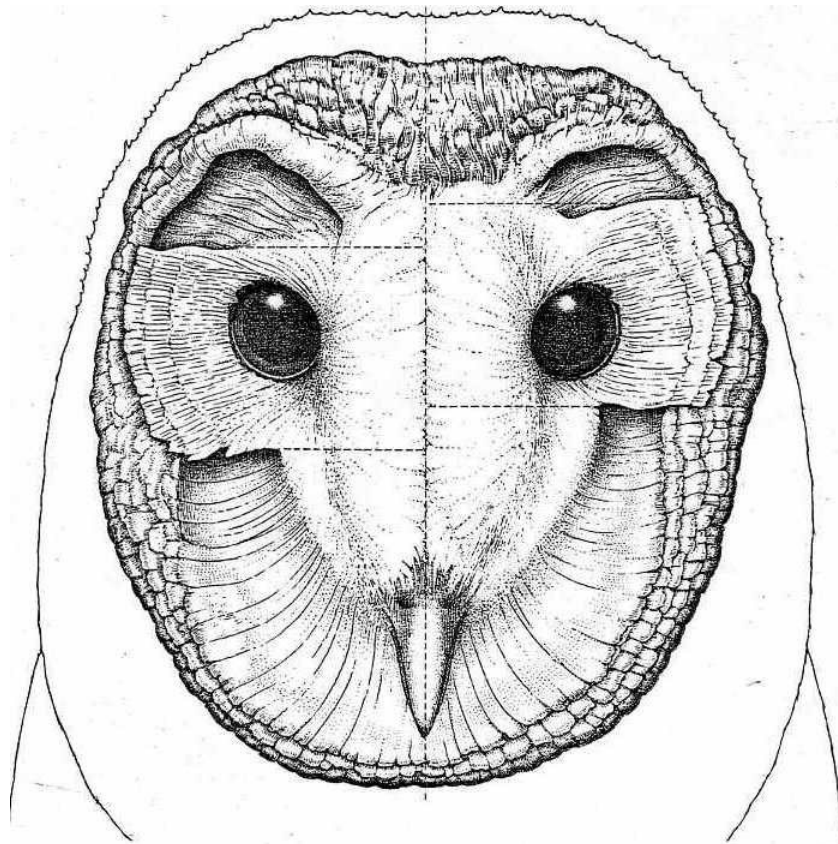
- 生まれてから視覚、触覚と相互作用で学習する
 - 音源定位の精度は約5度、視覚の中心視野の範囲も約5度
 - 聴覚は視覚をガイドする役割がある

■ 人間はどのように音源定位するのか

- 神経情報処理は証拠処理システム
- 音の来る方向によって
 - 左右の耳の音の強さが違う（主に高音域）
 - 神経細胞（群）の発火頻度によって表される
 - 左右の耳の音の時間差（0.6-0.8ms）が違う（主に低音域）
 - 神経細胞の発火頻度（単一の細胞で数十～数百）で表せるか
 - 5 kHz以上の音で位相に追従できなくなる
 - 周波数特性（それぞれの周波数成分の強さ）が変化する

左右の耳の時間差をどう感じるのか

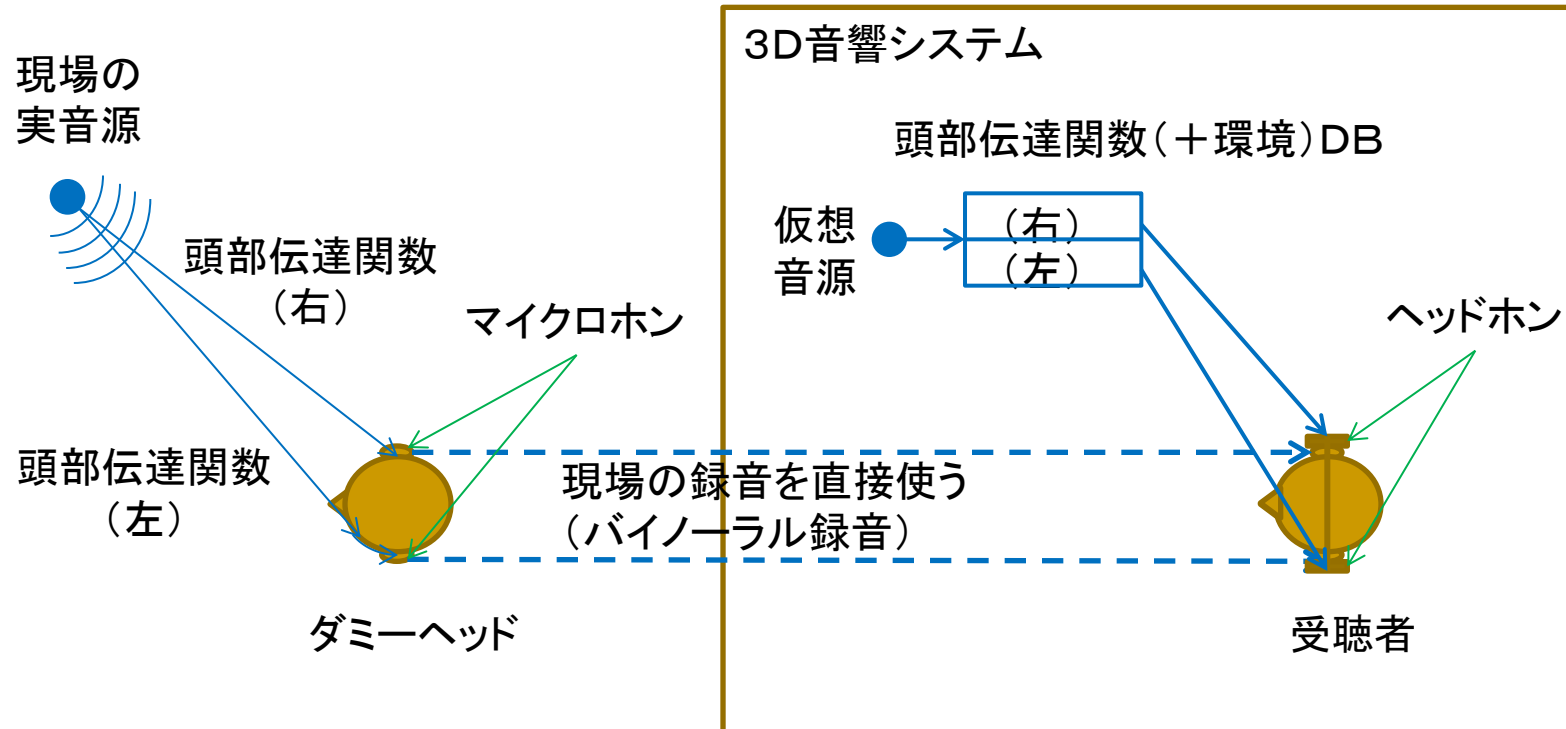
■ フクロウの聴覚系を見てみよう



画像はThe hearing of the barn owl, Knudsen, Scientific American, 245-6, 1981

Listening with two ears, Konishi, Scientific American, 268-4, 1993

バイノーラル録音と3D音響システム



3D音響システムの問題点

- 頭部伝達関数の個人差
- マイクrohホンおよびヘッドホンの特性による影響
- 頭部伝達関数が音源定位にどう影響するかが明らかでない

空間聴覚に関する音響心理学実験



- 無響室
 - 外部の音を完全にシャットアウトする
 - グラスファイバー吸音材による音の吸収
 - 音響的に無限に広がる空間
- 仮説により音源定位に関するパラメータを変える
- 仮説と実際の聴覚の認識との整合性を調べる
- 新たな現象の発見
- 新しいシステムの開発