

## 第7回講義内容

1. 前回講義の補足説明と出席点問題の解説
2. ホームワークの解説 (5月14日出題)
3. 感覚器とセンサー
  - 3.1 センサーとは何か
  - 3.2 構成要素としてのセンサー
4. ヒトの感覚器
  - 4.1 眼の機構と特徴
  - 4.2 耳の機構と特徴
  - 4.3 その他のセンサー

# 補足説明

Osteoblast 骨芽細胞

(Osteo 骨, blast 芽)

骨を付加する働きがある.

Osteoclast 破骨細胞

(Osteo 骨, clast 分解, 碎屑物 (さいせつぶつ) )

破骨細胞は「骨を削る」というよりは「骨を溶かして吸収する」という表現の方が適切.

# 骨組織の構成

骨組織は鉄筋コンクリートの構造に似ている。

コラーゲン（タンパク質） + リン酸カルシウム



鉄筋

+

コンクリート

人工物と異なる点：骨は生きている（リモデリングの機能がある）！

リモデリングの機能があるため、骨は「最小材料最大強度」の形をしているという説をRouxが唱えた。

# 生物のセンサ（感覚器）

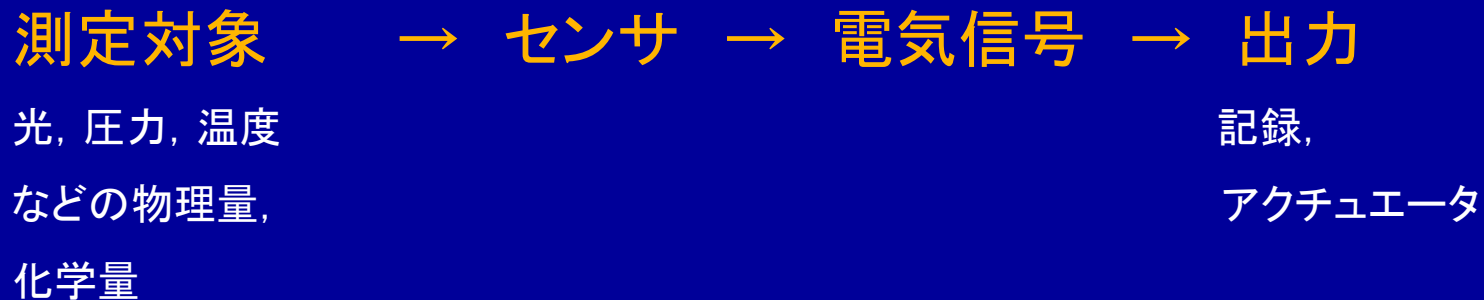
Sensor: 光・熱・音などに反応する感覚器

（30年くらい前の辞書にはない）→Transducer（変換器）

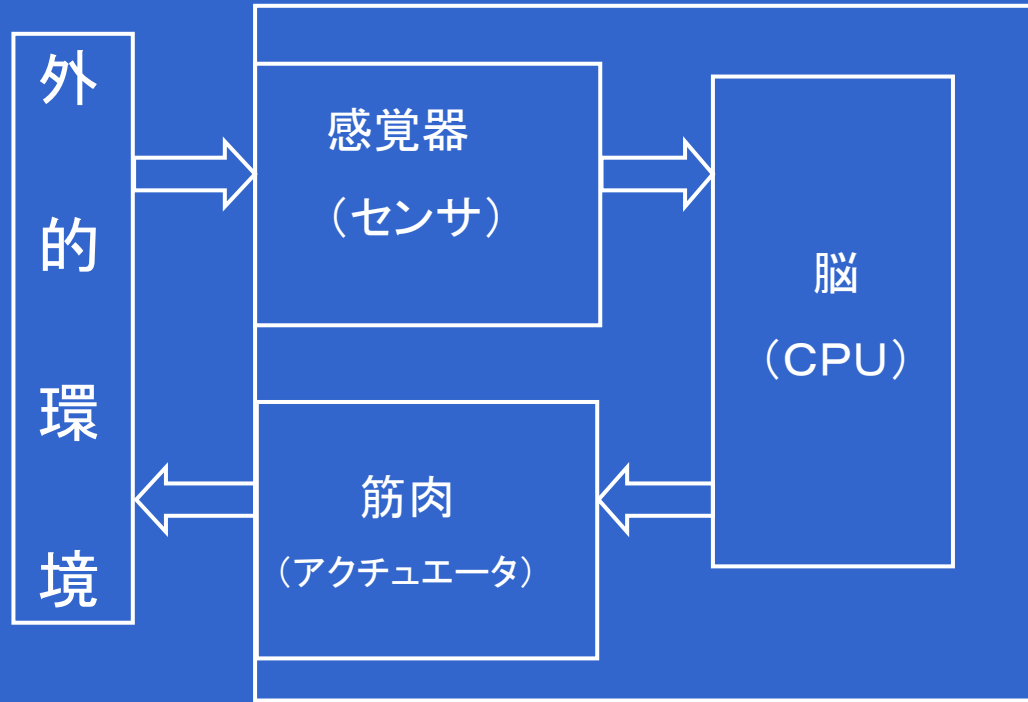
Sensory: 感覚の，知覚の

「センサ（センサー）」は生物学から派生した言葉

センサとは，対象の情報を得るために信号の変換を行う系の最初の要素



# センサの位置づけ



# 人間と昆虫のセンサ

歴史

人類 < 600万年

ほ乳類の台頭 6500万年

昆虫 4億年

桁違いに長い時間を生き延びてきた。

→昆虫にも学ぶべき点があると考えられる。

# 人間の五感

視覚, 聴覚, 嗅覚, 味覚, 触覚 (温覚も含む)

なかでも視覚の役割は重要  
「百聞は一見に如かず」

感覚系の入力情報量

視覚 :  $10^6 \sim 10^8$  ビット/sec

聴覚 :  $10^4 \sim 10^5$  ビット/sec と言われている.

# 人の眼（視覚）の特徴

高感度, ダイナミックレンジが広い

フォトン1個から晴天時の明るさまで対応.

高分解能である

明視距離において1mmあたり6本を認識

時間分解能はあまりよくない

TV(NTSC) 30コマ/sec, TV(PAL) 25コマ/sec,

映画24コマ/sec, 交流電圧による灯も気にならない.

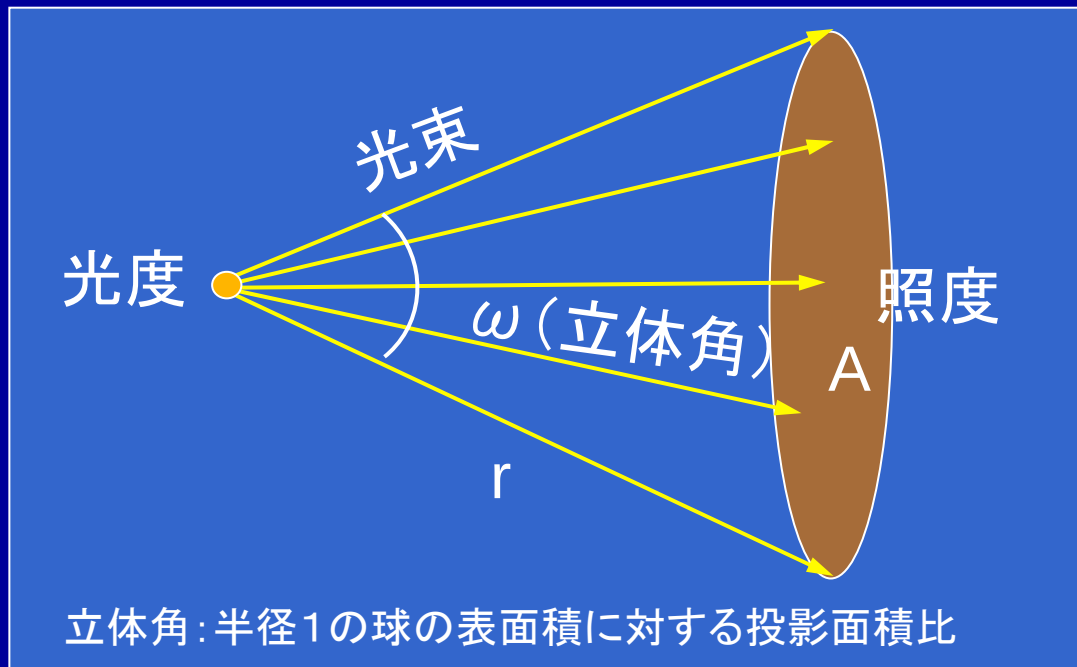
# 照度について

照度：lx（ルクス），照らされる場所の明るさ（=ルーメン/m<sup>2</sup>）

光束：lm（ルーメン），光の量

光度：cd（カンデラ），光の強さ

エネルギーとの関係：555nmの光が単位立体角当たり  
1/683ワットの出力=1cd（1979年国際度量衡総会）



1 カンデラの光 =  $4\pi$ ルーメン

照射距離 1 m なら総照射面積  
が $4\pi$  m<sup>2</sup>なので，照度は1ルクス。  
(1 m<sup>2</sup>の立体角は1ステラジアン  
= 単位立体角)。

立体角(ステラジアン) =  $A/r^2$

# ろうソクの照度（出席点）

暗闇で1m 先に置かれたろうソクで照らし出される照射面の明るさは約1ルクスである。ではこのろうソクを1m離れて見つめると、眼には555nmの光に換算して何個分の光子が入るか。

# 人間の眼の構造

略

## 視細胞の構造

錐体 (cone cell) :

600万個, 色を認識

杆体 (rod cell) :

12億個, 明るさを認識

# タコの眼とほ乳類の眼

養老孟司「形を読む」

タコの眼の方が合理的な構造をしている。

# 眼の機械的特徴

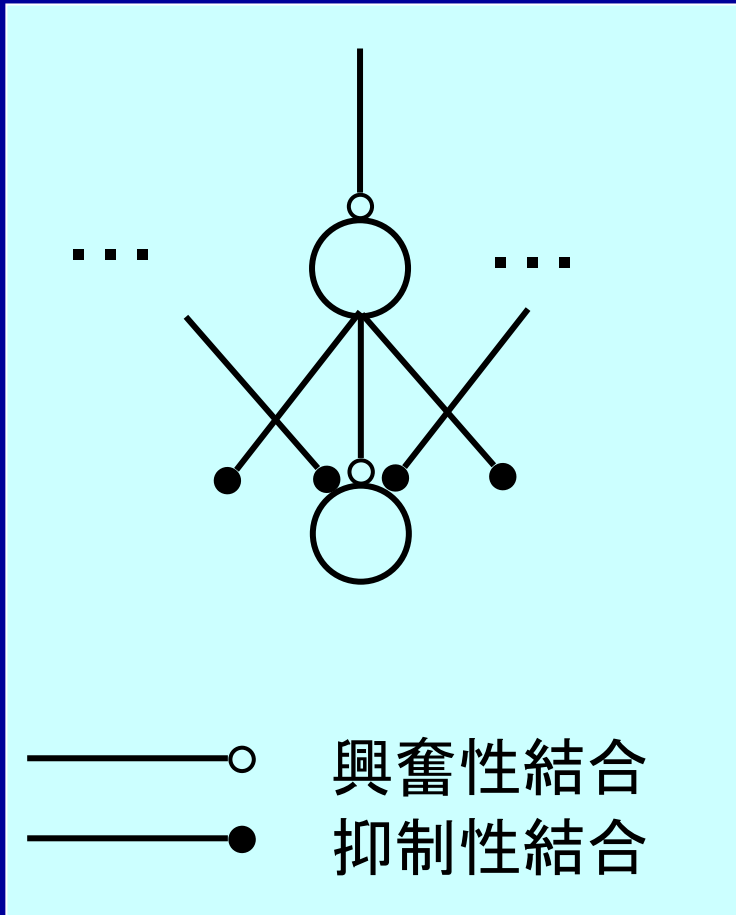
焦点距離可変レンズ=柔らかいレンズ  
毛様体筋の張力で焦点距離を調整

屈折率分布型レンズ  
中心部が高く，周辺ほど低い  
→レンズの曲率を大きくしないで済む

複数の筋肉で眼球運動を制御  
パラレルリンク機構と類似

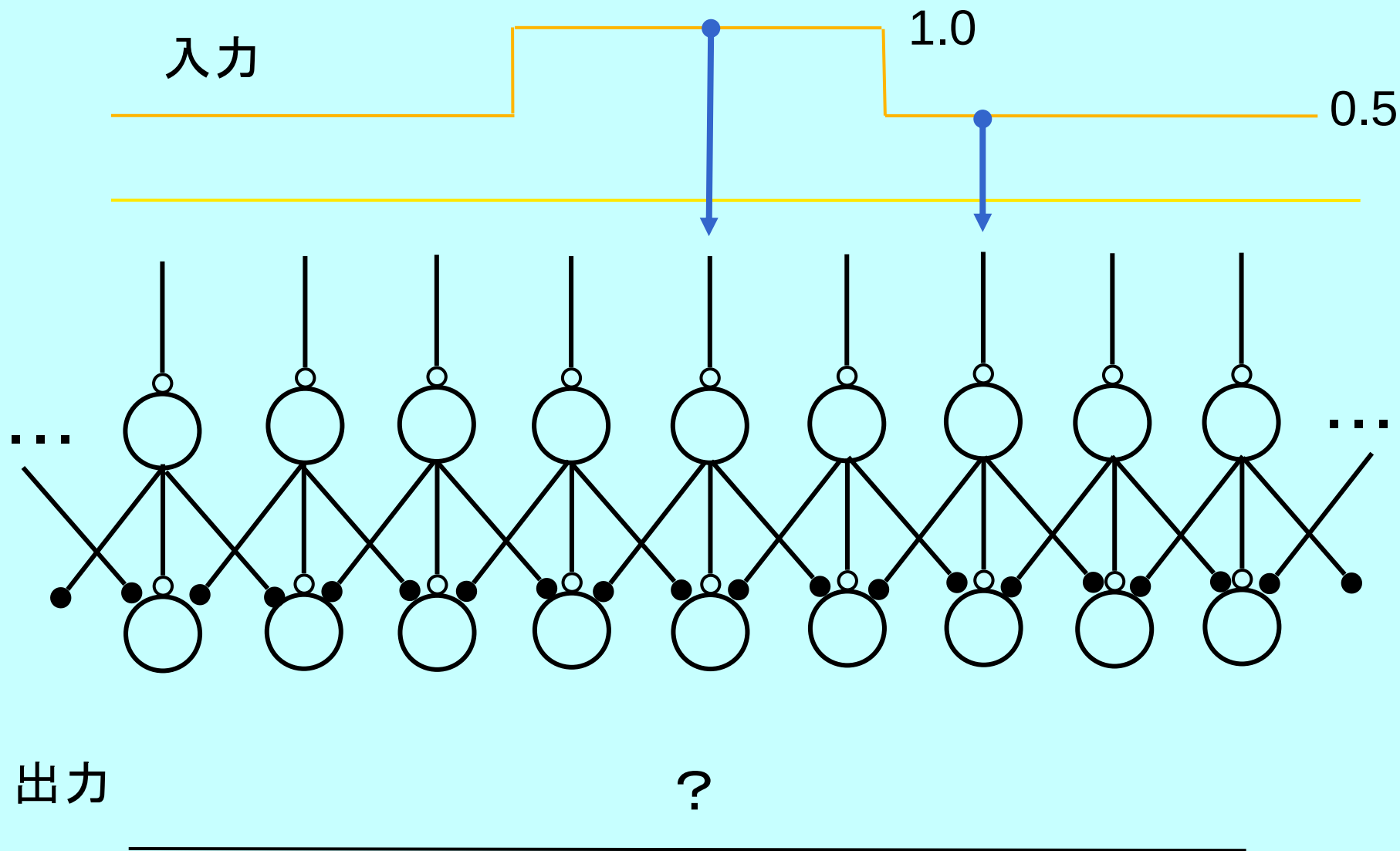
# 側抑制効果

エッジ部分を強調する効果がある.



側抑制結合

# 側抑制回路（出席点）



# 耳のステイフネス

$$m\ddot{x} = -kx$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

蝸牛の軟組織は入り口  
ほど弾性があり，軽く  
できている．

# 人工内耳の仕組み

略

# フレッチャマンソン カーブ

略

# 音の大きさと耳の感度

可聴可能な最小音圧 :  $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

最大可聴の音圧 :  $p_{\text{max}} = 20 \text{ Pa}$

単位面積, 単位時間あたりの音のエネルギー

$$I = p^2 / (\rho v) \quad \rho : \text{空気の密度}, v : \text{音速}$$

音の大きさ

$$[\text{dB}] = 10 \log(I/I_0) = 20 \log(p/p_0)$$

鼓膜の面積は約 $0.5\text{cm}^2$ である. 鼓膜が可聴可能な最小音を100% 捉えたと仮定する. この仕事率は光子エネルギー (緑色 :  $4 \times 10^{-19}\text{J}$ ) に換算すると毎秒何個分に相当するか.

# 耳の姿勢センサー

略

# 皮膚のセンサー

略

# 運動野と皮膚感覚野

Penfield and Rasmussen (1950)