

第8回講義内容

1. 前回ホームワークの解説
2. 感覚器とセンサー
 - 2.1 センサーとは何か
 - 2.2 構成要素としてのセンサー
3. ヒトの感覚器
 - 3.1 眼の機構と特徴
 - 3.2 耳の機構と特徴
 - 3.3 その他のセンサー

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

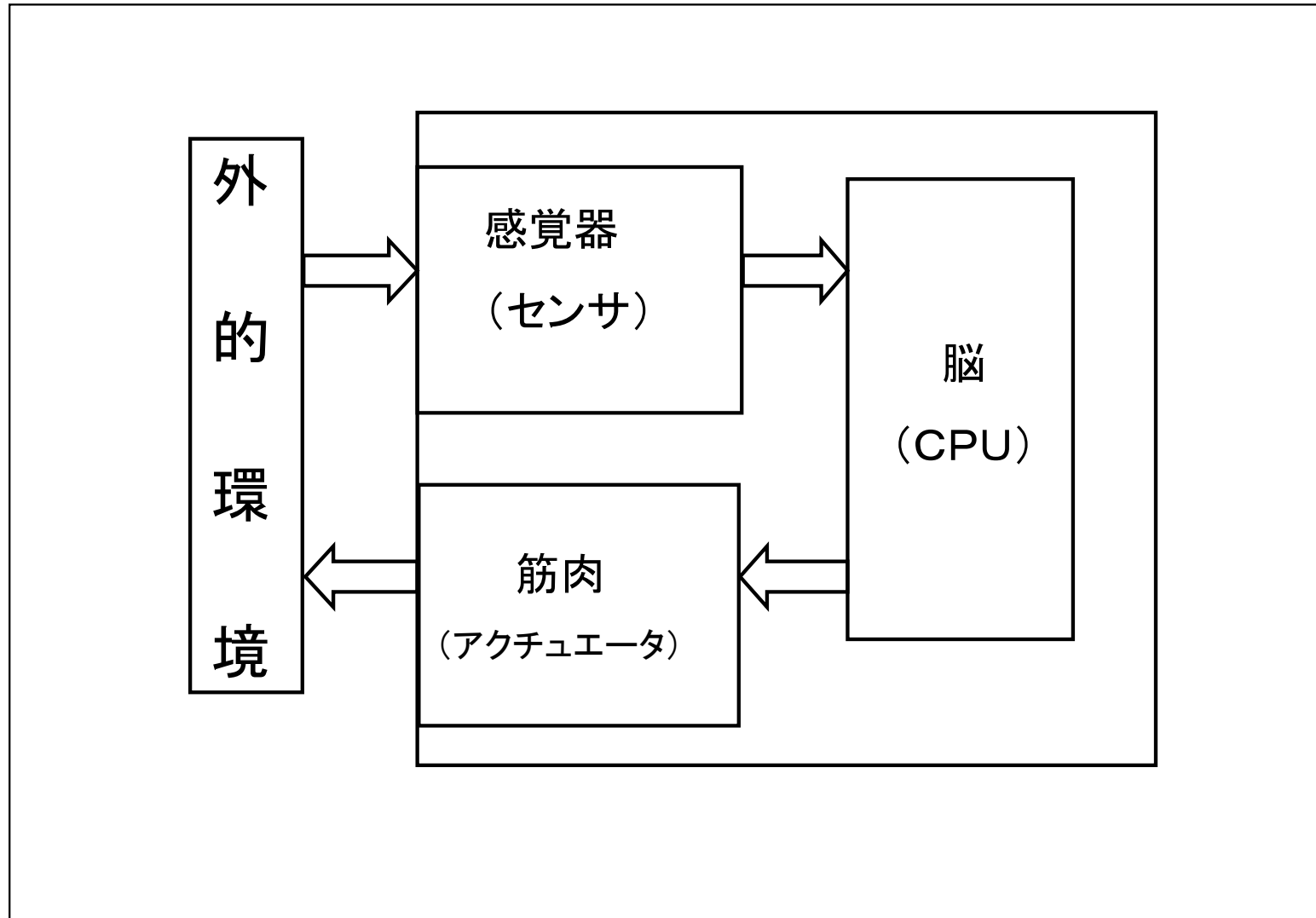
センサとは, 対象の情報を得るために信号の変換を行う系の最初の要素

測定対象 → センサ → 電気信号 → 出力

光, 圧力, 温度
などの物理量,
化学量

記録,
アクチュエータ

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とされている.

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.

光の単位について

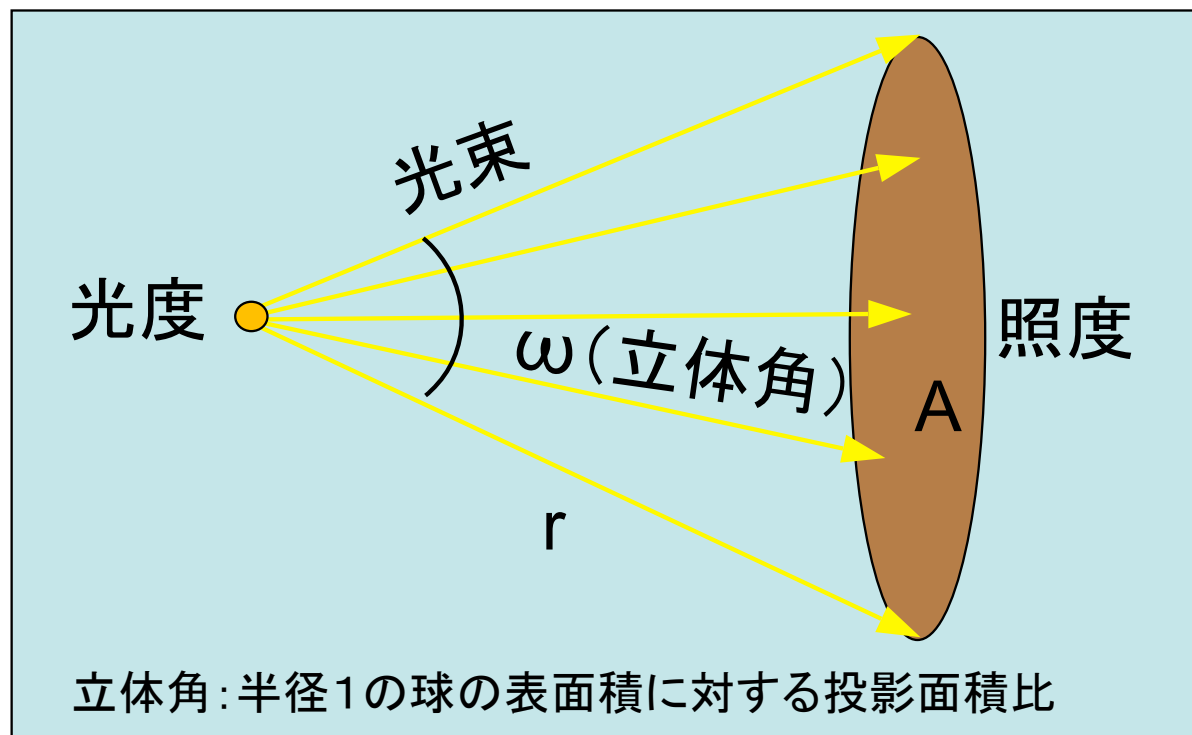
光度：cd（カンデラ）， 光の強さ

光束：lm（ルーメン）， 光の量（1 cdの光の量 = 4π lm）

照度：lx（ルクス）， 照らされる場所の明るさ（=ルーメン/ m^2 ）

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）



光度1cdの光源が半径 1 m の球面（内側）に照射する場合：

照射面積 $4\pi \text{ m}^2 \rightarrow$ 照度 1 lx.

$$\text{立体角(ステラジアン)} = A/r^2$$

上記の設定で照射面積 1 m^2 の
立体角は 1 ステラジアン
= 単位立体角

出席点 1

暗闇に置かれたローソクが1 m先を照らす明るさは約1 ルクスである. この照射面で 1 cm^2 当たり受けるパワーは, 何 ワットになるか.

人間の眼の構造

構造は精巧だが合理的ではない.

視細胞の構造と特徴

錐体 (cone cell) :

600万個, 色を認識

杆体 (rod cell):

1.2億個, 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。

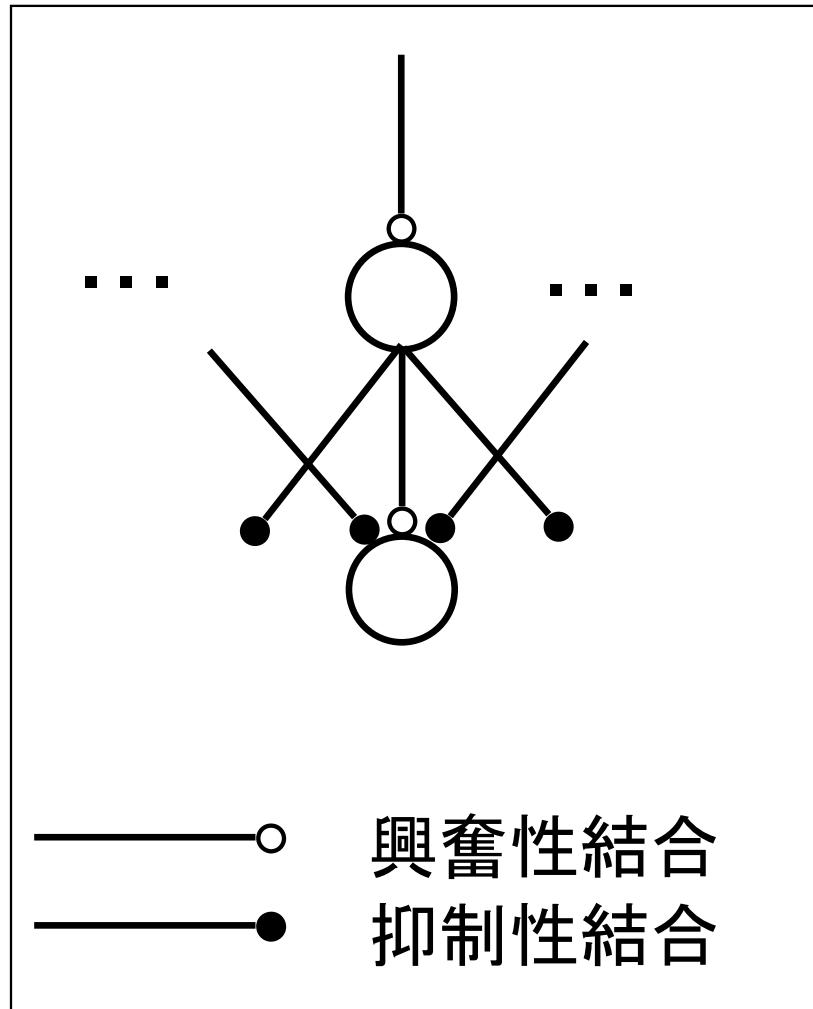
眼の機械的特徴

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

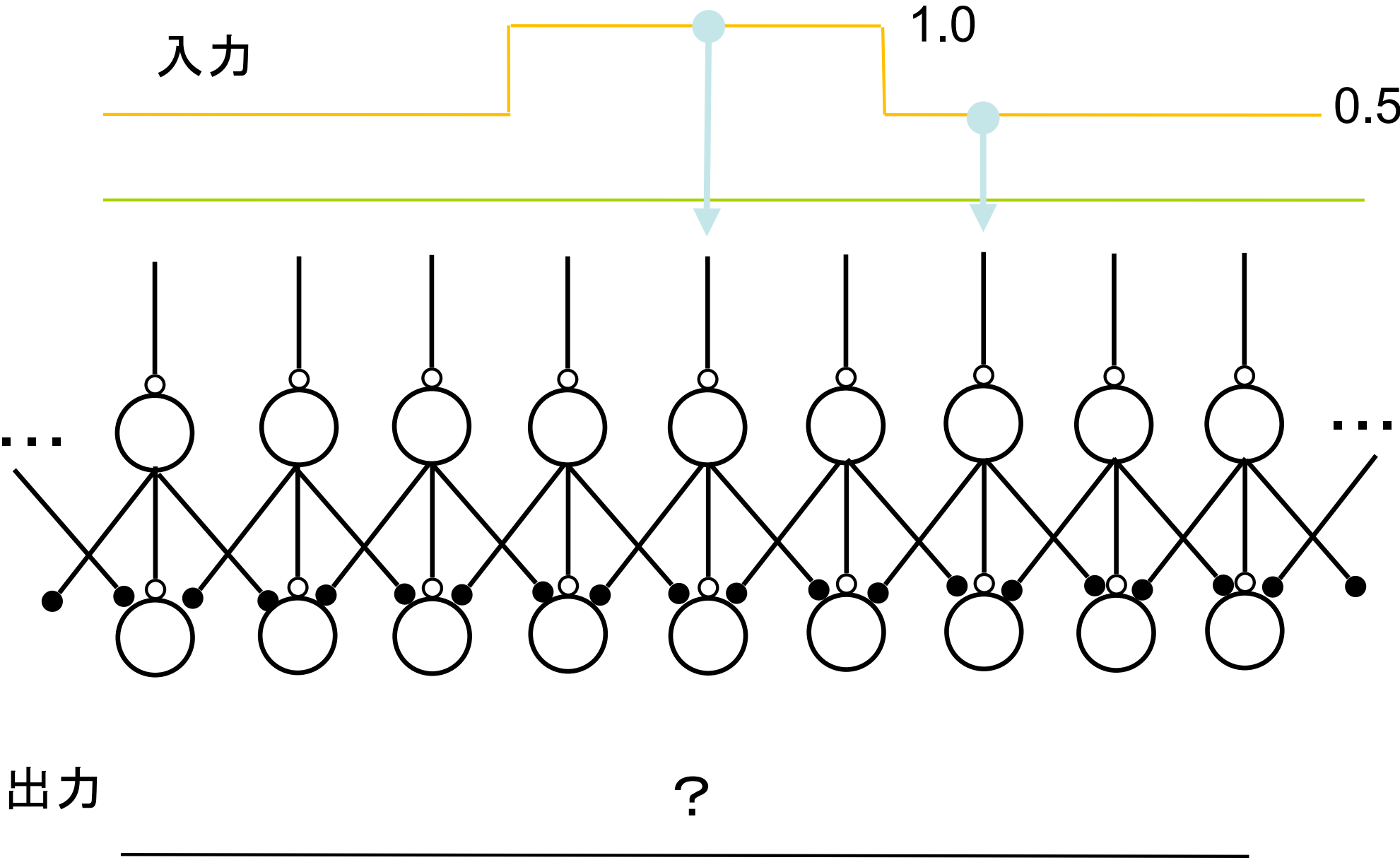
側抑制効果



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2）



耳のスティフネス

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

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

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

フレッチャー・マンソン カーブ

人間の耳は周波数帯によって敏感な箇所とそうでない箇所がある。3～4kHzが敏感。

図は略。

耳の姿勢センサー

三半規管:三次元的な回転運動を感知

図は略

皮膚のセンサー

略

運動野と皮膚感覚野

Penfield and Rasmussen (1950)