

「神経細胞」

1. 生体の電気特性

受動的性質

電流密度が小さい範囲（ 1 mA/cm^2 程度以下）では，興奮現象が生じない
線形な電気材料（導電・誘電材料）
電氣的等価回路で表すことができる（p. 35：図 3.5）

能動的性質

電流密度が大きくなると，神経細胞や筋細胞が興奮する
非線形な跳躍現象（p. 33：図 3.3）

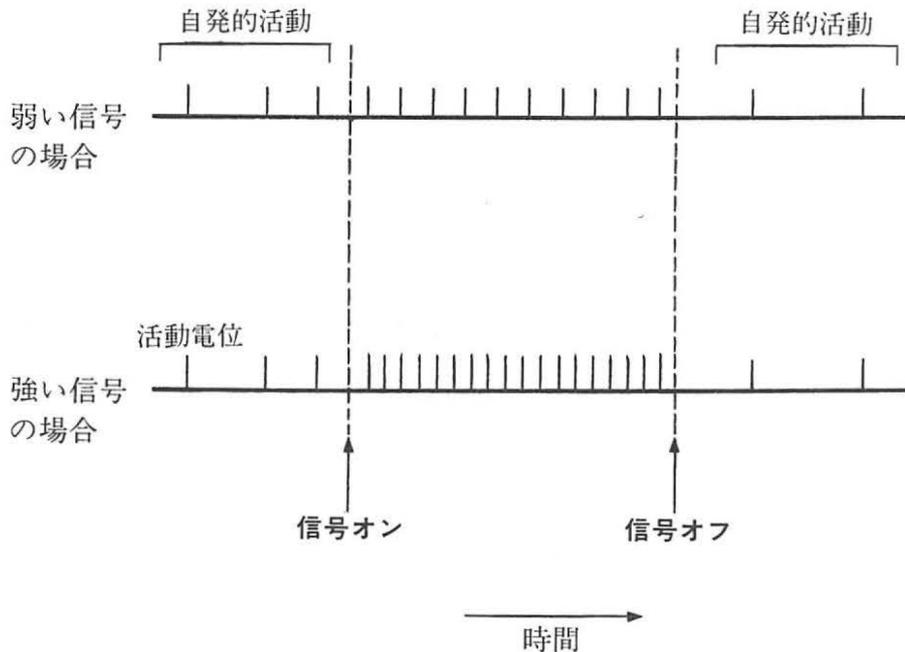
細胞膜での能動輸送

ポンプ作用により，外側には Na^+ が多く，内側には K^+ が多い
電氣的に外側が陽性，内側が陰性（分極）
この電位差を膜電位という

静止電位：静止状態での膜電位，約 $-70\text{ mV}\sim 90\text{ mV}$

活動電位：興奮により発生する膜電位，約 $+40\text{ mV}$ ，数 msec 程度

伝達された信号には関係なく，一定
ただし，信号が強い場合や持続する場合は，発生頻度が高くなる
信号がなくても，自発性活動を行う細胞もある



神経細胞の電氣的活動

跳躍現象（脱分極）（p. 34：図 3.4）

（電位増加）→（透過性増加）→（ Na^+ イオン流入）→（電位増加）
一種の正帰還作用
数 msec で K^+ イオンが流出して，元の電位に戻る（再分極）

限界刺激：興奮を起こす最小の刺激（閾値，しきい値）

興奮の伝導 (p. 36 : 図 3. 6)

興奮部は非興奮部に対して外側が陰性なので，興奮部に電流が流れ込む
この局所電流により非興奮部が刺激され興奮する
これにより興奮が周囲に広がる

2. 神経細胞

ニューロン：神経細胞，神経組織の構成単位 (p. 49 : 図 5. 2)

軸索突起：神経線維ともいう

シナプス：2個の神経細胞，または神経細胞と筋細胞の接合部 (p. 50 : 図 5. 3)

シナプスの終末部はシナプス小頭となり，シナプス後神経細胞に密着
しかし，直接は接触せず，電氣的に絶縁

神経伝達物質：活動電位の伝達により，シナプス小胞から放出

シナプス後電位：神経伝達物質により，膜電位が変化

伝達物質の種類によって興奮性と抑制性のものがある

信号の伝達：活動電位の場所の移動

神経細胞が持つ多数のシナプスの興奮性および抑制性の電位が
時間的，空間的に加重されたものが，閾値を越えると，
活動電位が発生，他に伝達される
神経細胞内では，信号は変化しない

ニューロンのモデル (マカローとピッツ) (p. 54 : 図 5. 7)

空間的加算と閾値処理だけに単純化したもの
しかし，計算能力は汎用計算機と同等

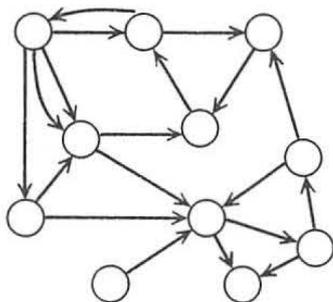
$$y = 1 \left[\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta \right]$$

ただし，

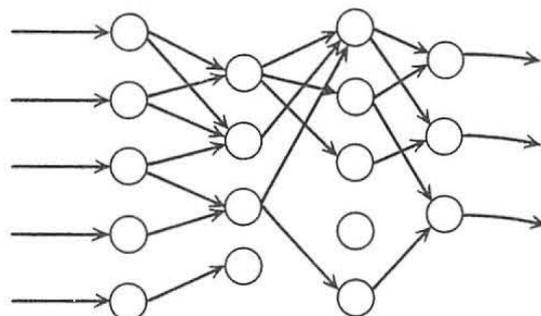
$$1[u] = \begin{cases} 1 & (u \geq 0) \\ 0 & (u < 0) \end{cases}$$

神経回路網のモデル

ニューロンに対応した多数のユニットを結合させ，ネットワークを構成
階層的であるか，相互結合的であるか，
さらには，フィードバック結合を含むか含まないか，
などにより，分類される



(a)



(b)

巡回型神経回路(a)と写像型神経回路(b)

ニューラルネットワークの例：単純パーセプトロン (p. 57 : 図 5.9)

2つの観点

ニューロン間をどのように結合するか (アーキテクチャ, 自己組織化)
ニューロン間の結合の強さをどのように決定するか (学習)

3. シナプスの可塑性 (p. 71~p. 75)

記憶・学習の本質：脳の可塑性

シナプス結合の可塑性：新しいシナプスの形成

シナプス伝達の可塑性：伝達効率の増加 (長期増強) と減少 (長期抑制)

ヘブの学習則 (p. 76 : 図 7.5)

シナプス前細胞からシナプス後細胞へのシナプスが活性化され、
同時にシナプス後細胞が興奮したときのみ、このシナプスが増強される、
つまり、伝達効率 (シナプス荷重) は増加する

参考書

御領 謙他著：新心理学ライブラリ 7・認知心理学への招待 (サイエンス社)

橋田 浩一他著：岩波講座・認知科学 2・心と脳のモデル (岩波書店)