「ニューラルネットワーク」

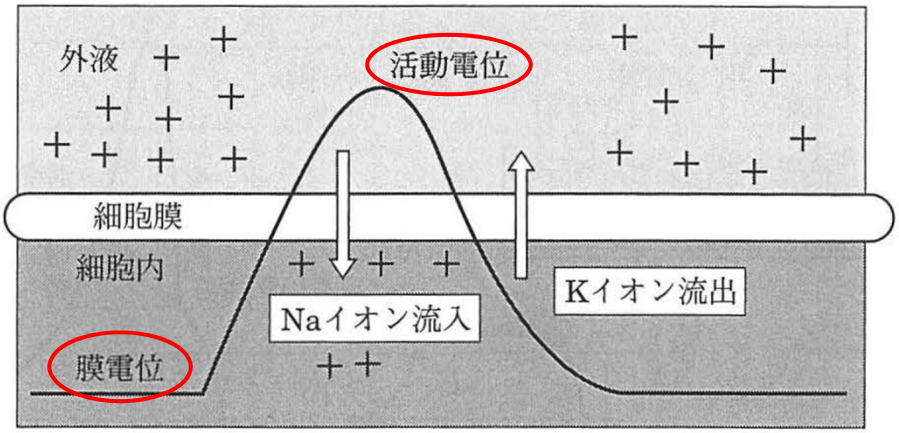
1．ニューロン

脳を構成する細胞：
ニューロン（神経細胞）とグリア細胞

ニューロン：約1000億個，情報処理を行う
グリア細胞：ニューロンの10倍以上の個数，栄養供給などニューロンの活動を補助

1

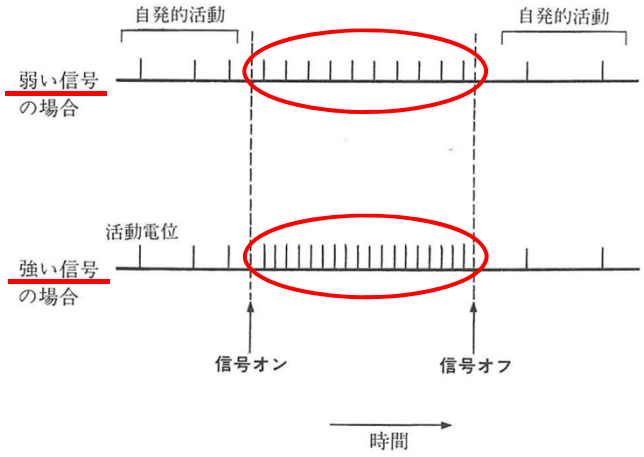
静止電位：静止状態での膜電位，約－70mV～－90mV
活動電位：興奮により発生する膜電位，約＋40mV，
数msec程度（パルス）



細胞膜の興奮とイオンの動きの説明図（時間は左から右に経過）

2

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

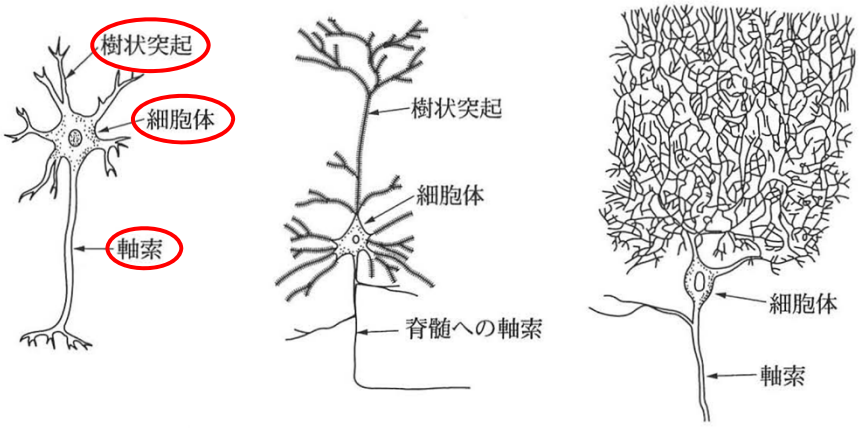


神経細胞の電気的活動

3

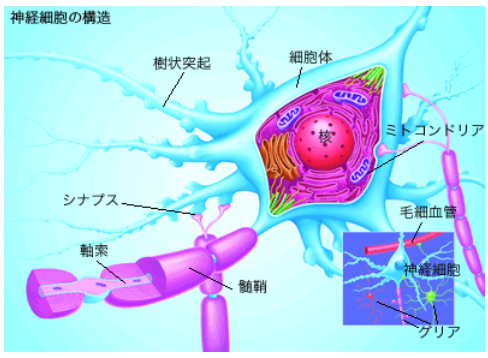
ニューロン：
- 細胞体
- 軸索（神経線維）：
  - 他のニューロンへパルスを伝送する伝送路
- 樹状突起：
  - 他のニューロンからの信号を受信
  - 軸索の終末部は樹状突起か細胞体にシナプスを介して接続

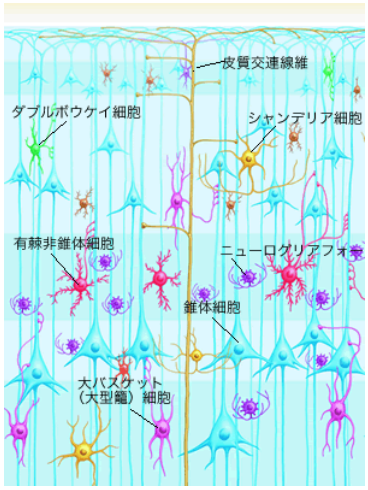
4



（a） 脊髄運動ニューロン （b） 大脳皮質の錐体細胞 （c） 小脳皮質のプルキンエ細胞
さまざまなニューロンの形態(模式図)

5





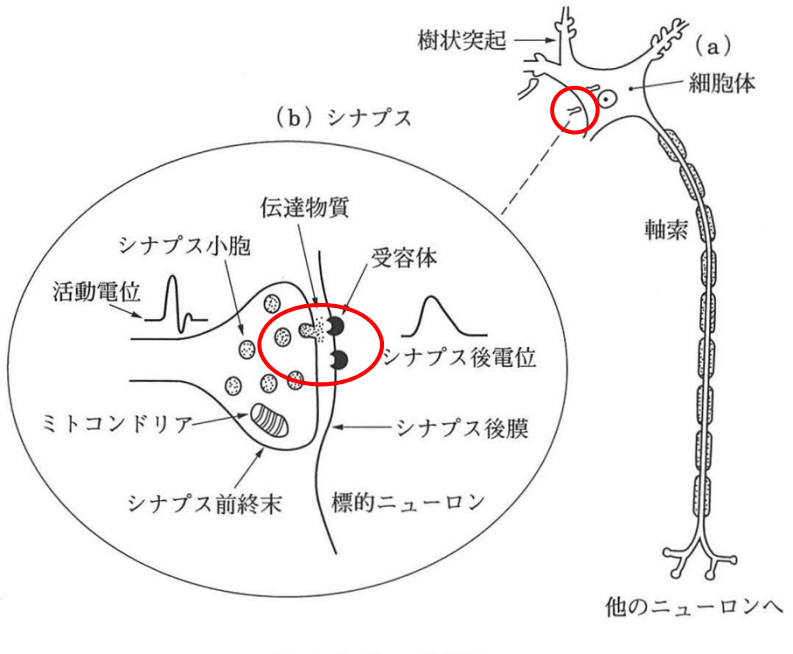
6

シナプス：
ニューロン間の接続部位
シナプスの終末部はシナプス小頭となり，標的のニューロンに密着
しかし，直接は接触せず，電気的に絶縁

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（例：アドレナリン）

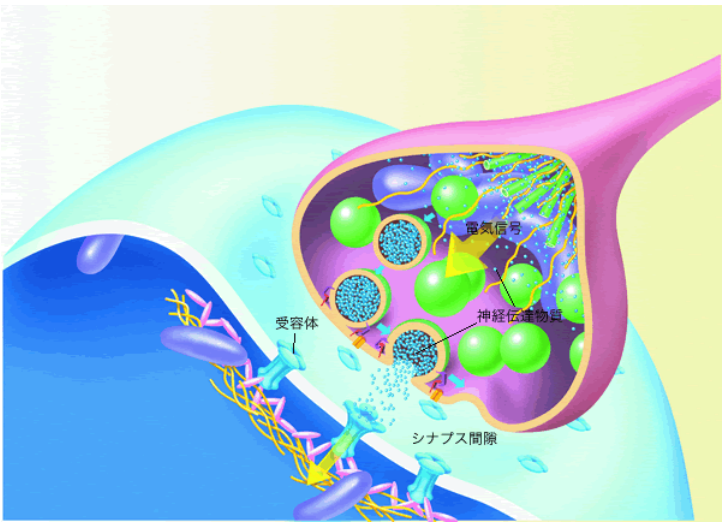
シナプス後電位：
神経伝達物質により，膜電位が変化
伝達物質の種類によって興奮性と抑制性のものがある

7



シナプスの仕組み

8



9

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

10

以上をまとめると…

入力：他の多くのニューロンからシナプス結合を介して情報を受け取る

処理：入力の総和が，ある値を越えるとパルスが発生

出力：シナプス結合を介して他のニューロンに情報を送る

シナプス結合には興奮性と抑制性のものがある

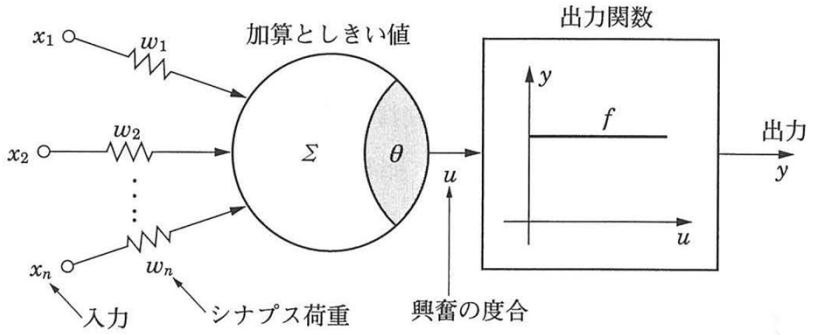
11

2．ニューロンのモデル

形式ニューロンモデル：（マカローとピッツ）

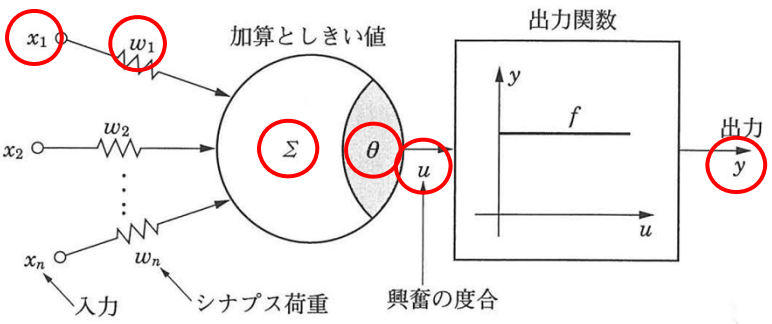
空間的加算と閾値処理だけに単純化したもの

しかし，原理的な計算能力は汎用計算機と同等



形式ニューロンモデル

12



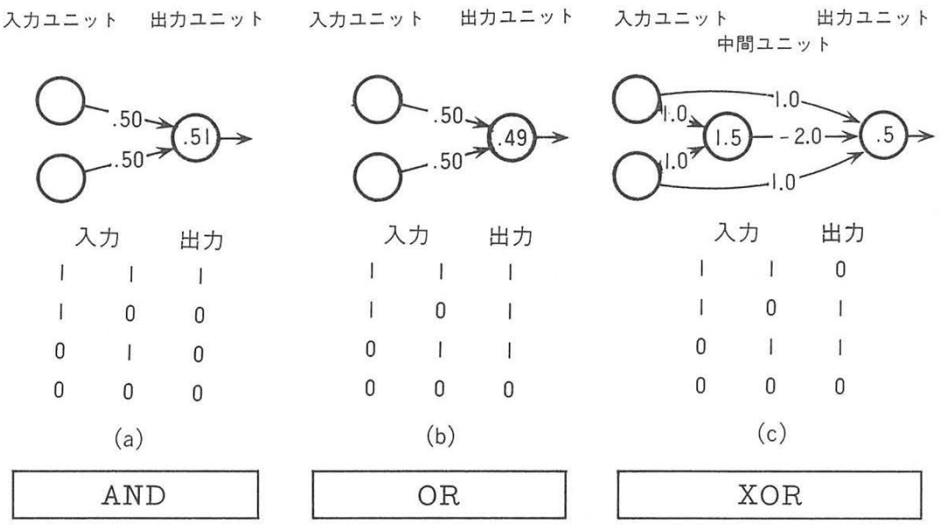
形式ニューロンモデル

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

ただし,

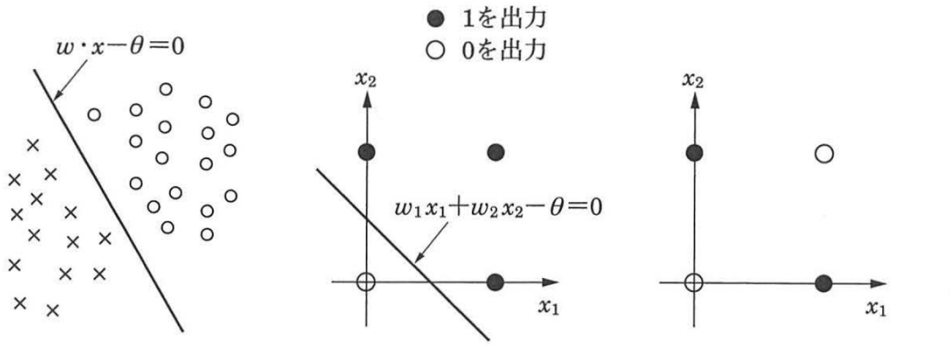
$$1[u] = \begin{cases} 1 & (u \geq 0) \\ 0 & (u < 0) \end{cases}$$

13



論理演算をする神経回路網モデル

14



（a） 線形分離可能な例　（b） 2 変数の例，線形分離が可能(OR)　（c） 線形分離が不可能(XOR)

パターン分類と線形分離

15

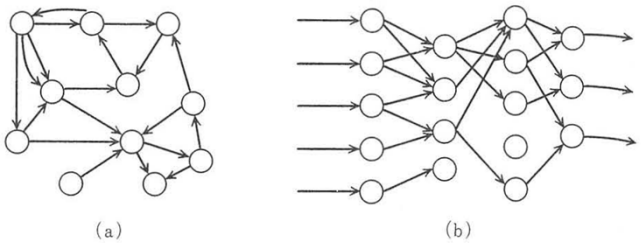
3．神経回路網（ニューラルネットワーク）のモデル

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)

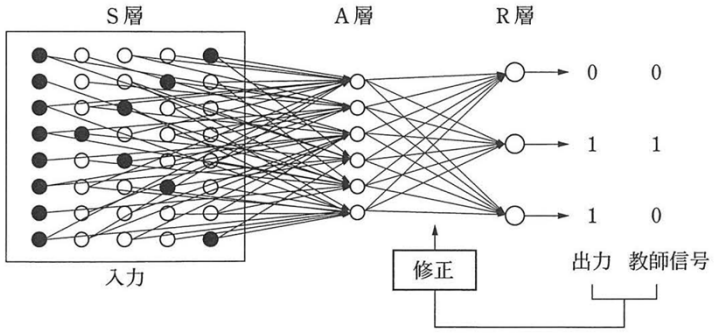
16

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）



17

単純パーセプトロン

4. シナプスの可塑性

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

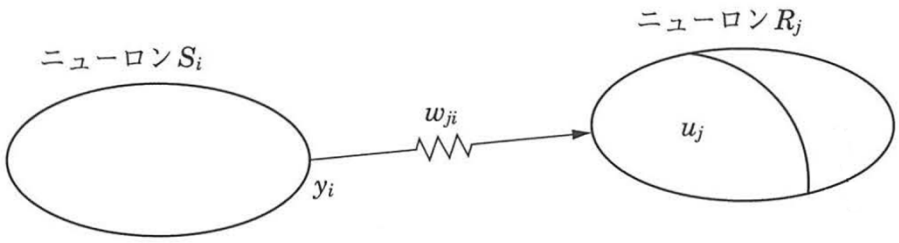
シナプス伝達の可塑性：伝達効率の増加（長期増強）と減少（長期抑制）

ヘブの学習則：

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

18



ヘブの学習則の説明図

19

5．ニューラルネットワークの学習

教師信号の有無で分類される

教師なし学習の例：
　ヘブ型学習アルゴリズム
　　ヘブの学習則に基づく学習
教師あり学習の例：
　誤差逆伝搬法（バックプロパゲーション）
　　学習アルゴリズム：
　　教師信号と実際の出力の誤差を用い，
　　この誤差が0になるように結合荷重を学習する

20

6. ニューラルネットワークの研究

理論的神経科学の立場
　生理学的・解剖学的に厳密な脳神経系のモデルを構築する
コネクショニズムの立場
　厳密な脳神経系のモデルは求めず，心のモデルを構築する
実用化の立場
　情報処理分野で応用できればよい
ニューロコンピュータの研究開発
　脳神経系のモデルをヒントにした新しいコンピュータを開発する

21

参考書
　中村隆一編：リハビリテーション医学講座・第4巻・神経生理学・臨床神経学
　（医歯薬出版）
　御領　謙他著：新心理学ライブラリ7・認知心理学への招待（サインエス社）
　安西祐一郎他著：岩波講座・認知科学2・脳と心のモデル（岩波書店）
　麻生英樹著：ニューラルネットワーク情報処理（産業図書）

キーワード
　ニューラルネットワーク，パーセプトロン
　バックプロパゲーション

22