



混沌系工学特論 #1

情報科学研究科 井上純一

URL : http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/

平成16年10月25日 第1回講義



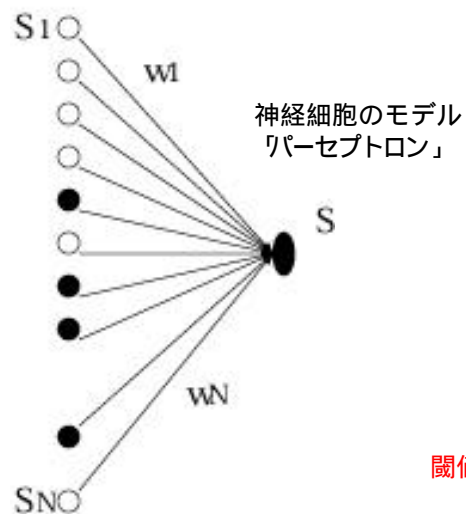
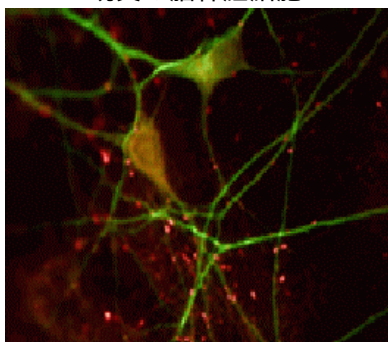
神経回路とコンピュータ

ノイマン型コンピュータ	脳
単位：プロセッサ	単位：ニューロン
演算速度： $\sim 10^8$ Hz	演算速度： $\sim 10^2$ Hz
シグナル/ノイズ \sim	シグナル/ノイズ ~ 1
シグナルスピード： $\sim 10^8$ m/s	シグナルスピード： ~ 1 m/s
コネクション数： ~ 10	コネクション数： $\sim 10^4$
特徴：直列演算、プログラム&データ、外部プログラミング	特徴：並列演算、シナプス結合、閾値、自己プログラミング、適応
ハードウェアの欠陥が致命的	ハードウェアの欠陥に対しロバスト

生理学から数理モデルへ

「多入力」閾値素子としての数理モデル

現実の脳神経細胞



2.2 神経細胞の基本的性質

「神経細胞が行う情報処理とメカニズム」
松本元、大津展之共編 培風館 (1991)
より抜粋 41

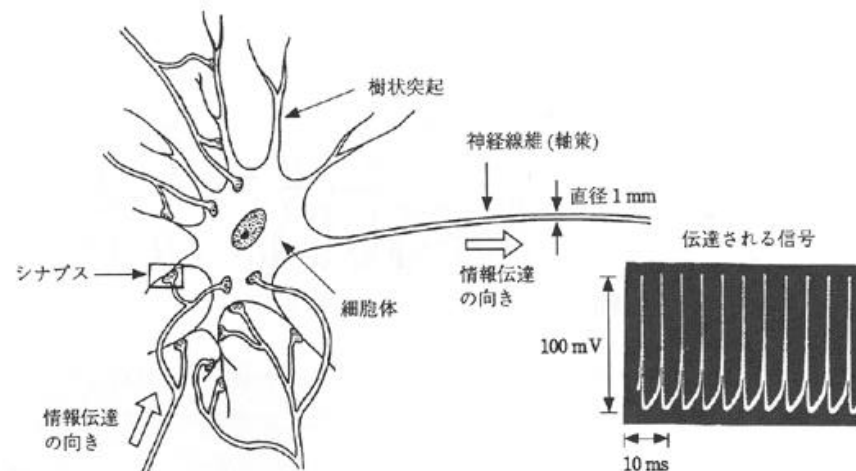


図 2.1 神経細胞の形態と各機能部位の名称。

単一のニューロンを素朴に数理モデル化すると

$$S = \Theta(w_1 S_1 + w_2 S_2 + \dots + w_N S_N - q)$$

閾値関数

重み付きの多入力

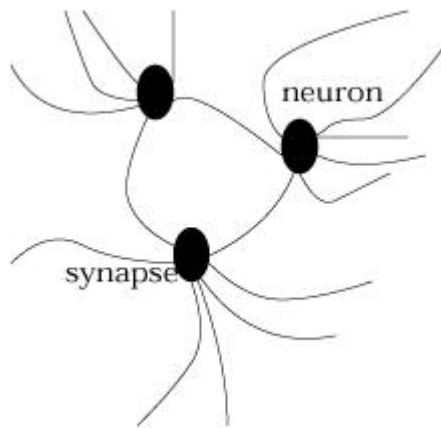
複数のニューロンをつなげる

個々のニューロンで次の状態更新を行えばよい

$$S_i = \Theta(w_{i1}S_1 + w_{i2}S_2 + \dots + w_{iN}S_N - q_i)$$

すると個々のニューロンは次のような時系列を作る

$$S_i(0) \rightarrow S_i(1) \rightarrow S_i(2) \rightarrow \dots \rightarrow S_i(t) \rightarrow S_i(t+1) \rightarrow$$



同期的状态更新：全てのニューロンが一斉に状態更新

非同期的状态更新：ある時刻に1つだけのニューロンが状態更新

工学的応用上は場合によって両者を使い分ける

連想記憶とは何か？

ここでの定義： ヒントが与えられたときにそれを足がかりに正解を見つけること

$(\mathbf{x}_1^m, \mathbf{x}_2^m, \dots, \mathbf{x}_N^m), m = 1, \dots, p$: 回路網に記憶させるパターン

この中で1番目のパターンを想起する過程を考える

$\mathbf{S}(0) \rightarrow \mathbf{S}(1) \rightarrow \dots \rightarrow \mathbf{x}^1$ のような時系列を作ることができれば成功
ヒント 正解

$$S_i(t+1) = \text{sgn} \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} S_j(t) \right)$$

神経素子間をどのように「つなげるか」が成功の鍵となる

十分に時間が経過した後に $\mathbf{x}_i^1 = \text{sgn} \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} \mathbf{x}_j^i \right)$ となれば成功



どのように回路網を作るか？

ニューロンどうしのつなげ方

Hebb則

$$w_{ij} = \frac{1}{N} (\mathbf{x}_i^1 \mathbf{x}_j^1 + \mathbf{x}_i^2 \mathbf{x}_j^2 + \dots + \mathbf{x}_i^p \mathbf{x}_j^p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^p \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m$$

互いに発火したニューロン対の結合が強化される

問題：いくつまでのパターンが回路網に埋め込めるか？

計算機シミュレーションで感じをつかむ

$$S_i(t+1) = \text{sgn} \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} S_j(t) \right) \quad w_{ij} = \frac{1}{N} (\mathbf{x}_i^1 \mathbf{x}_j^1 + \mathbf{x}_i^2 \mathbf{x}_j^2 + \dots + \mathbf{x}_i^p \mathbf{x}_j^p) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^p \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m$$

これらを計算機上でシミュレートする

想起パターン以外の寄与が
ノイズとして想起を妨害する

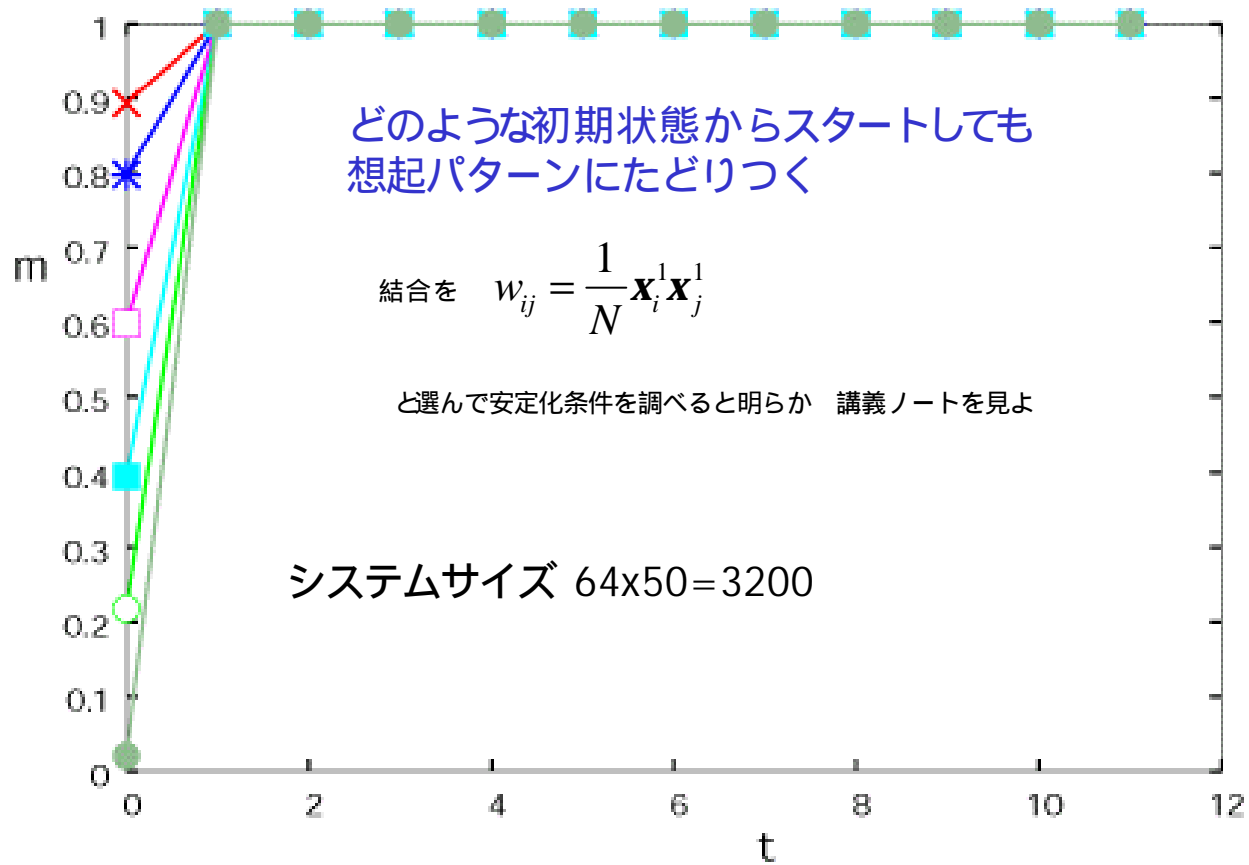
想起させようとするパターンは
右の画像 (レナの2値化画像)



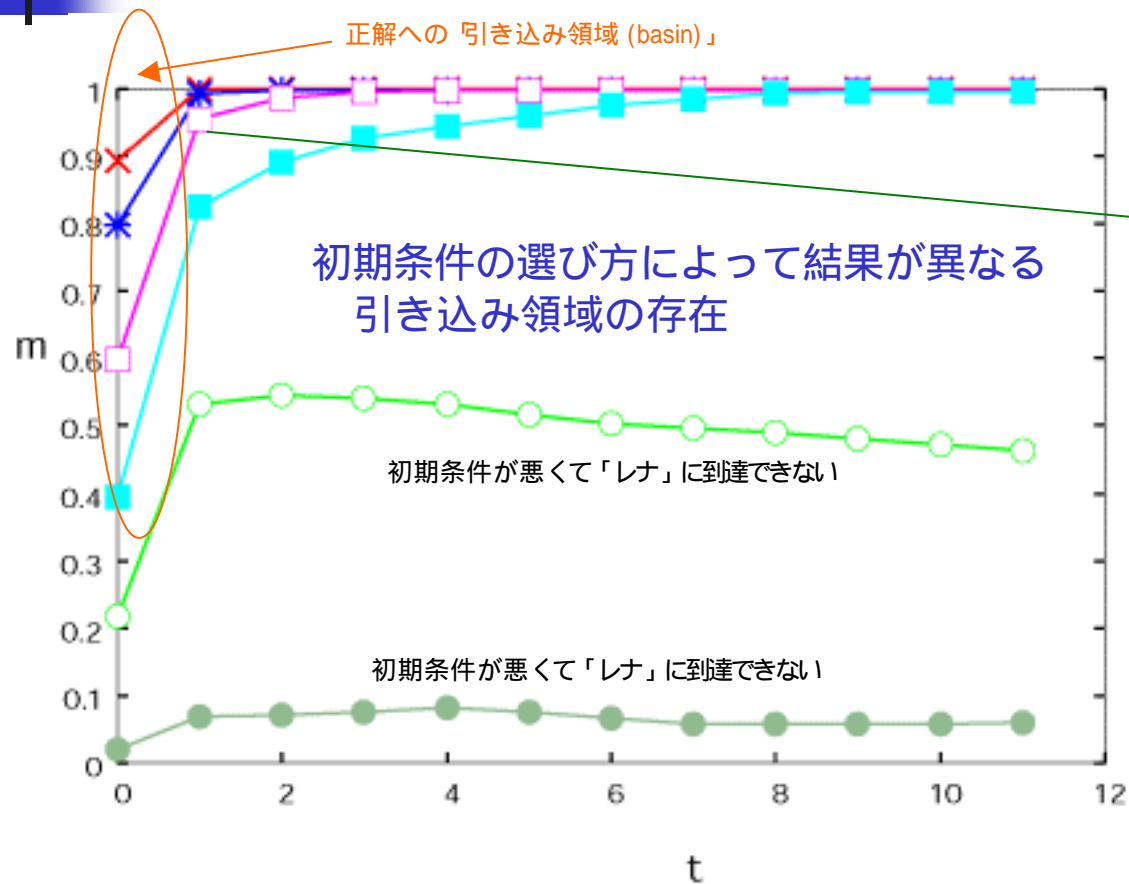
各ステップで重なりをプロットする

$$m(t) = \frac{1}{N} \mathbf{S}(t) \cdot \mathbf{x}^1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^p S_i(t) \mathbf{x}_i^1$$

結果1：1つだけのパターン



結果 2 :300個のパターン



t=0



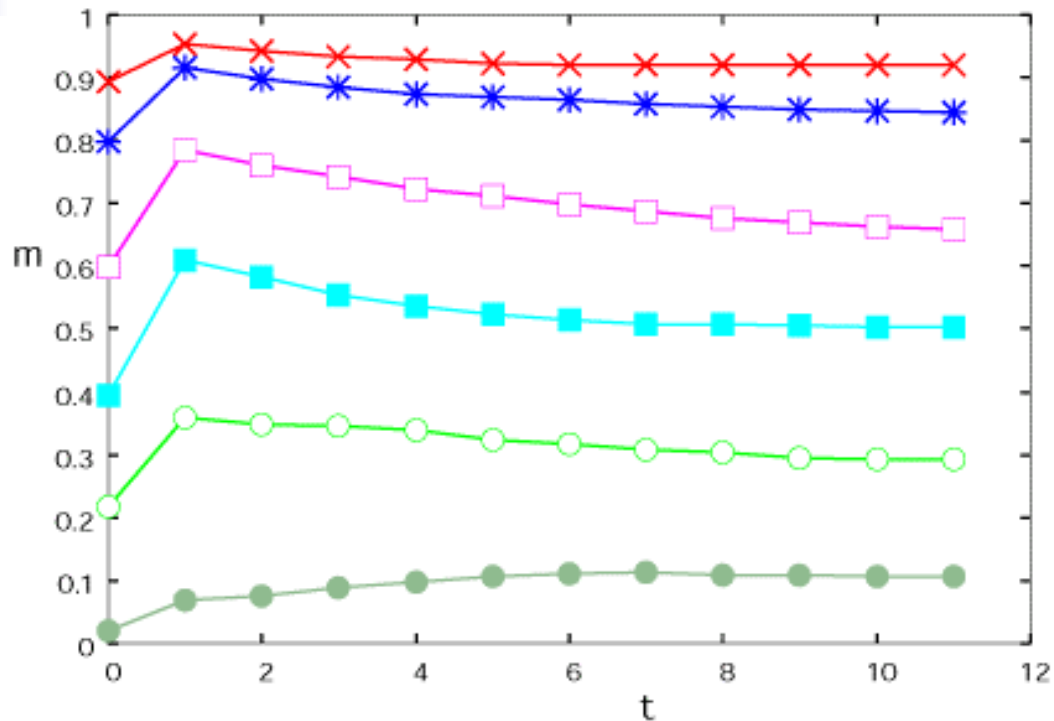
t=1



t=11



結果3 :1000個のパターン



回路網にパターンを埋め込み過ぎたため、もはやいくら正解に近い初期状態からスタートしても正解には行き着かない 回路網の最大記憶容量はいくつであろう?
次回に詳しくみることにする