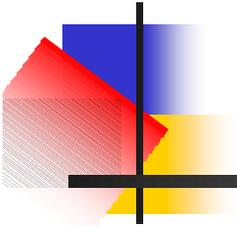




Title	2004年度 混沌系工学特論講義ノート
Author(s)	井上, 純一
Issue Date	2004
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/370">http://hdl.handle.net/2115/370</a>
Rights(URL)	<a href="http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/">http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/</a>
Type	learningobject
Note	当講義資料は著者のホームページ <a href="http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/">http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/</a> からもダウンロードできます。
Note(URL)	<a href="http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/">http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/</a>
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	konton2004_2_present.pdf (第2回講義スライド)



Instructions for use



# 混沌系工学特論 #2

---

情報科学研究科 井上純一

URL : [http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j\\_inoue/](http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/)

平成16年11月1日 第2回講義

# クロストークと想起パターンの安定性評価

$\mathbf{X}^u = (\mathbf{x}_1^u, \dots, \mathbf{x}_N^u)$  : 想起パターンが安定である条件は

$$\mathbf{x}_i^u = \text{sgn}(h_i^u)$$

シグナル

$$h_i^u = \frac{1}{N} \sum_j \sum_m \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m \mathbf{x}_j^u = \underbrace{\mathbf{x}_i^u}_{\text{シグナル}} + \frac{1}{N} \sum_j \sum_{m \neq u} \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m \mathbf{x}_j^u$$

クロストーク・ノイズ

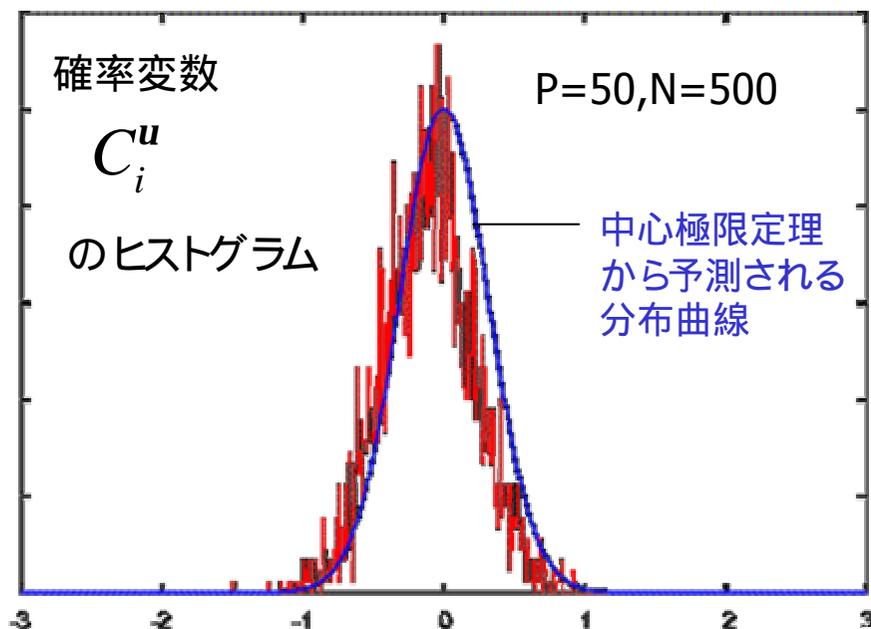
パターン数がオーダ1の場合  $\frac{1}{N} \sum_j \sum_{m \neq u} \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m \mathbf{x}_j^u \sim O\left(\frac{\sqrt{N}}{N}\right) \sim O\left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right)$  無視できる

パターン数がオーダNの場合  $\frac{1}{N} \sum_j \sum_{m \neq u} \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m \mathbf{x}_j^u \sim O\left(\frac{\sqrt{pN}}{N}\right) \sim O(1)$  シグナルと同じオーダで無視できない!

# クロストークの統計的性質

$$h_i^u = \mathbf{x}_i^u \left\{ 1 + (\mathbf{x}_i^u / N) \sum_j \sum_{m \neq u} \mathbf{x}_i^m \mathbf{x}_j^m \mathbf{x}_j^u \right\} = \mathbf{x}_i^u (1 - C_i^u)$$

これが1より大きければ  
不安定



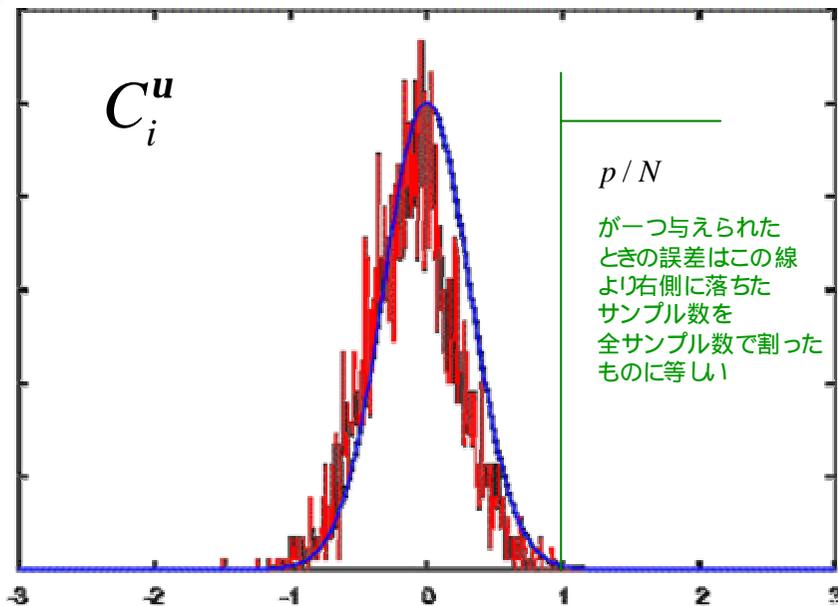
右分布の確率変数が

$$C_i^u > 1$$

を満たす部分の面積が想起に  
失敗する確率を与える

$C_i^u$  の従う分布が分かれば  
失敗する確率が解析的に  
評価できる

# クロストークのガウス性



$x = C_i^u$  は

平均ゼロ 分散  $s^2 = p / N$

のガウス分布に従う

回路網の想起誤り率は

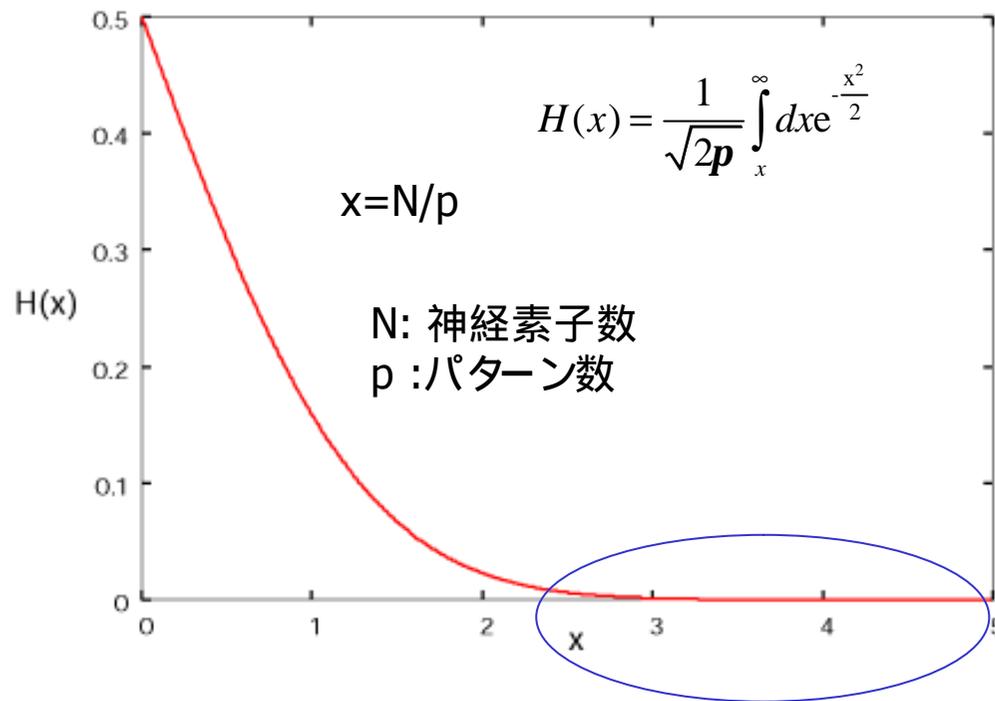
$P_{error}$  を一つ与えると、その誤差以内で想起が成功するパターン数は右の方程式の解として与えられる

$$P_{error} = \frac{1}{\sqrt{2ps}} \int_1^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2s^2}} dx = H \left( \sqrt{\frac{N}{p}} \right)$$

当然Nとに依存している

# 記憶容量の評価

後に見る統計力学的な評価で見積もられる値



$P_{error}$	$p_{max} / N$
0.001	0.105
0.036	0.138
0.01	0.185
0.05	0.37
0.1	0.61

神経素子数に比べて  
 圧倒的にパターン数が少なければ  
 誤り率は限りなくゼロに近づく

# 非対称結合の回路網

非対称Hebb則から得られる時系列

今までわかったこと：パーセプトロンをHebb則でつなげると連想記憶が実現できる

$$w_{ij} = \frac{1}{N} \sum_m x_i^m x_j^m$$

添え字を交換しても不変であるから  
対称結合

結合の対称性を破り

$$w_{ij} = \frac{1}{N} \sum_m x_i^{m+1} x_j^m$$

もはや添え字の交換に対して  
不変ではない

としたら、回路網の動作特性はどのように変わるか？

# 計算機シミュレーション#1



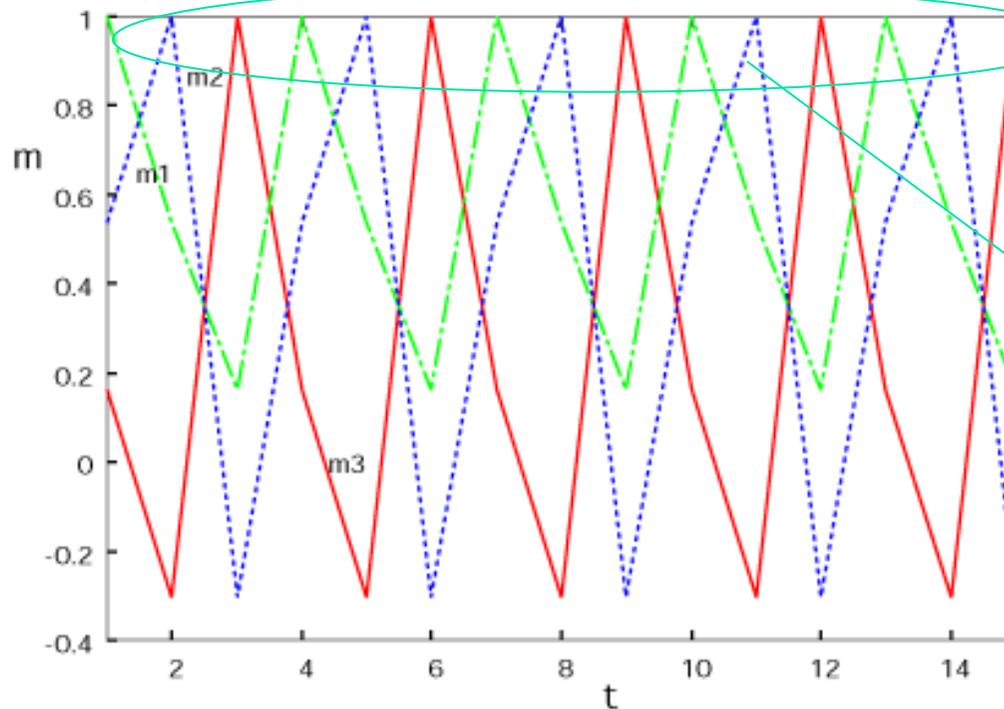
パターン1



パターン2



パターン3



$$m_1(t) = \frac{1}{N} \sum_j \mathbf{x}_j^1 S_j(t)$$

$$m_2(t) = \frac{1}{N} \sum_j \mathbf{x}_j^2 S_j(t)$$

$$m_3(t) = \frac{1}{N} \sum_j \mathbf{x}_j^3 S_j(t)$$

パターン1, 2, 3が交互に  
現れる : リミットサイクル

# 計算機シミュレーション#2



パターン1



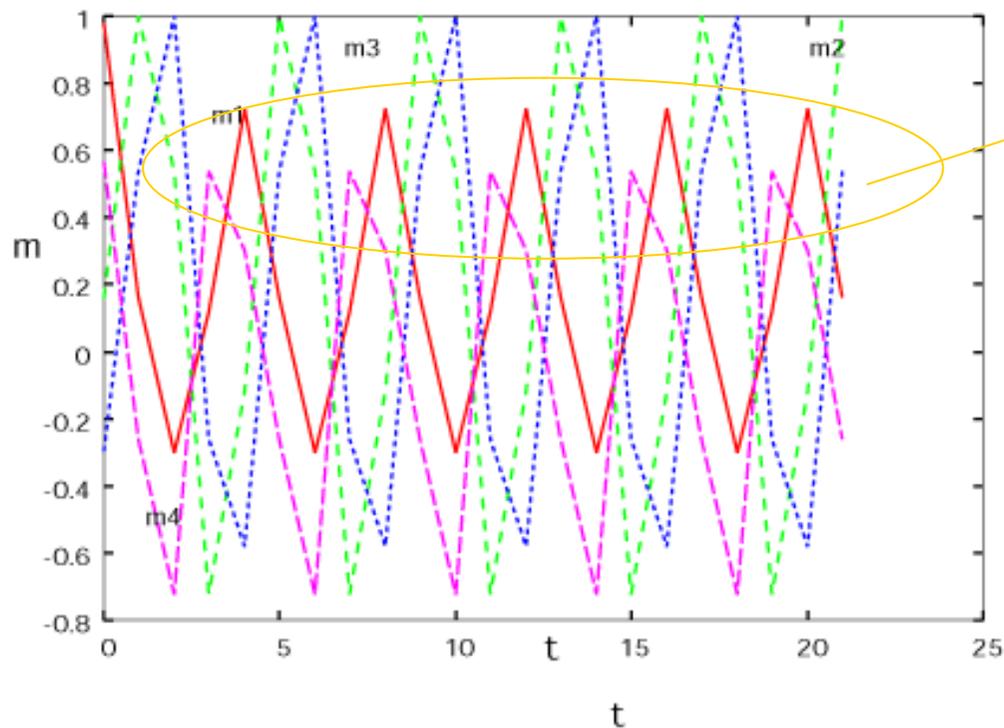
パターン2



パターン3

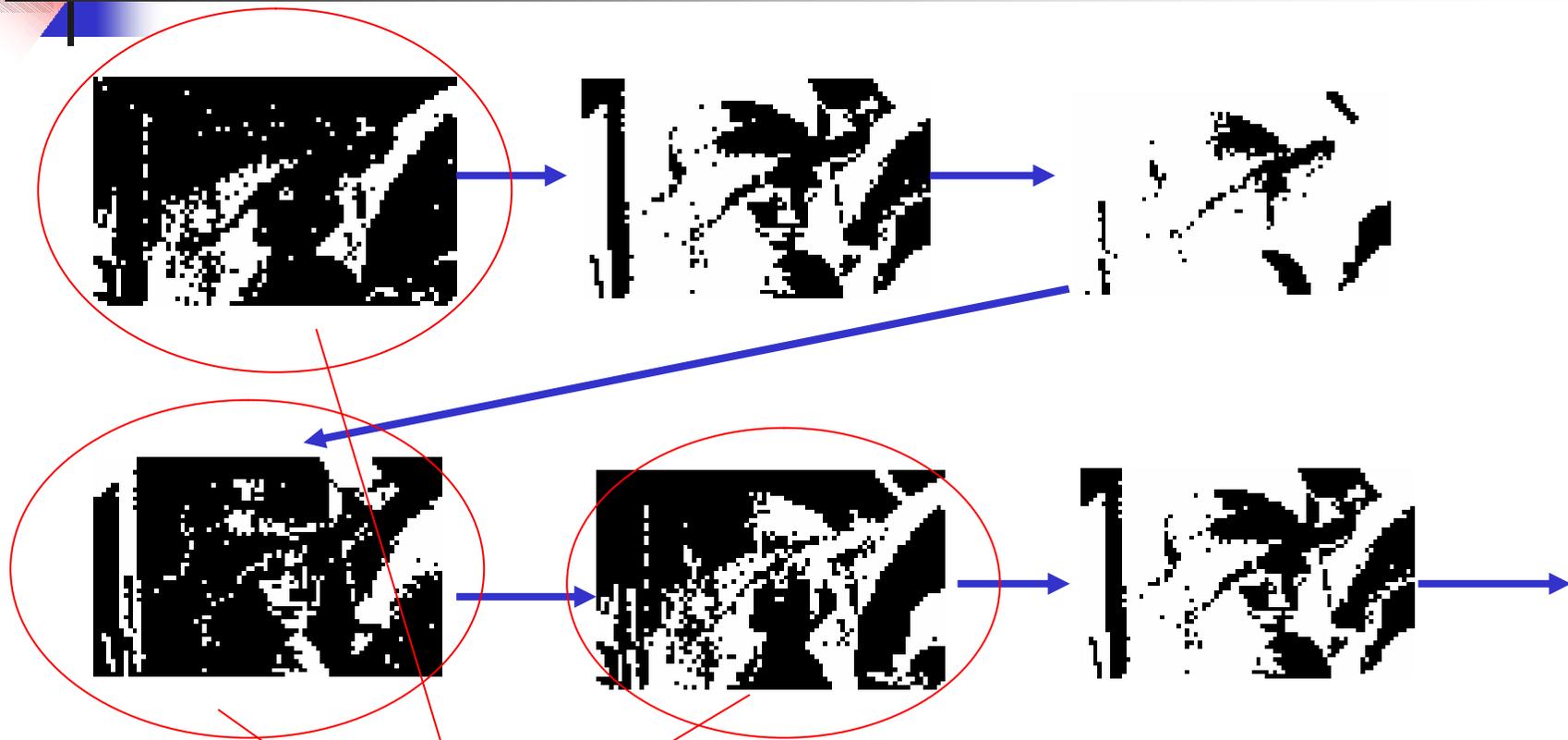


パターン4



周期的な運動をしてはいるが  
パターン1とパターン4に  
かんしては完全に想起され  
ていない

# パターン変遷の様子 $p=4$



うまくパターンが分離できていない 理由は講義ノート参照