

1K-01 カオスに潜む記憶能力

湯口晴美、穴田一

武蔵工業大学工学部

1. はじめに

生命系における柔軟で多様な反応系は、高度な認識能力と記憶能力に基づいている。しかし、それらの能力の起源は明らかにされていない。生命系は、内部ダイナミクスを持つ要素が相互作用し自発的に多様性が生じるという機構を内在している。これらが、外部からの刺激に対し柔軟な反応することのできる系と考えられる。また、生命系における様々な現象にカオスが存在していることは、すでに多くの研究から明らかである。カオスは、比較的簡単な規則に支配されながらも予測不可能な振る舞いを示す。このことから、カオスを用い生命系における現象を理解する試みがなされている。

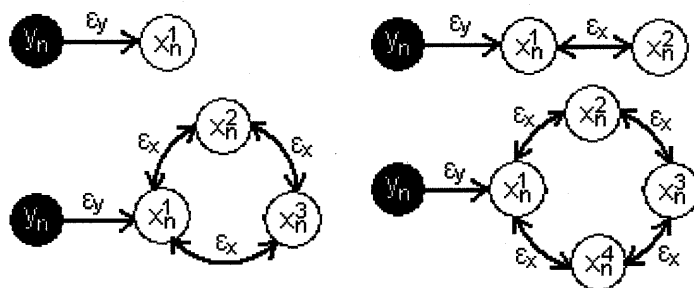
これらのことから、本研究では情報処理能力を持つと言われているカオスに注目し、カオスに潜む認識能力と記憶能力について研究した。その結果、カオスが持つ認識能力がネットワークの形状や規模に依存していることが明らかになった。

2. モデル

ここでは、外部刺激としてのカオス振動を別のカオス振動子やカオス振動子のネットワークがどのように認識する能力があるかを調べた。双方のカオス振動はマップで生成され、マップとして本研究ではロジスティックマップ

$$x_{n+1} = f(x_n), \quad f(x) = 1 - ax^2 \quad (1.1)$$

ここで、 x 、 y は状態、 n はステップ数、 a は非線形性を表すパラメーターである。下図のように外部刺激 (y) の認識能力を認識する側のネットワークが1つの振動子からなる場合から4つの振動子からなる場合まで調べた。



ここで、 ϵ は結合度、 n は時間を表している。4つの図に示されたカオス結合系はそれぞれ次の式で与えられる。式(1.2)は1つの振動子に刺激を入れた場合、式(1.3.1)、(1.4.1)、(1.5.1)はそれぞれ1の方がネットワークの結合方法を示し、式(1.3.2)、(1.4.2)、(1.5.2)の方は刺激を考慮した場合の刺激の入る振動子の結合の様子を示したものである。

$$x_{n+1} = (1 - \epsilon_y) f(x_n) + \epsilon_y f(y_n) \quad (1.2)$$

The Ability to Memorize External Stimulus in Chaos

Harumi Yuguchi, Hajime Anada

Musashi Institute of Technology

$$\begin{aligned} x_{n+1}^1 &= (1 - \varepsilon_x) f(x_n^1) + \varepsilon_x f(x_n^2) \\ x_{n+1}^2 &= (1 - \varepsilon_x) f(x_n^2) + \varepsilon_x f(x_n^1) \end{aligned} \quad (1.3.1)$$

$$x_{n+1}^1 = (1 - \varepsilon_x - \varepsilon_y) f(x_n^1) + \varepsilon_x f(x_n^2) + \varepsilon_y f(y_n) \quad (1.3.2)$$

$$\begin{aligned} x_{n+1}^1 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^1) + \varepsilon_x (f(x_n^2) + f(x_n^3)) \\ x_{n+1}^2 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^2) + \varepsilon_x (f(x_n^1) + f(x_n^3)) \\ x_{n+1}^3 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^3) + \varepsilon_x (f(x_n^1) + f(x_n^2)) \end{aligned} \quad (1.4.1)$$

$$x_{n+1}^1 = (1 - 2\varepsilon_x - \varepsilon_y) f(x_n^1) + \varepsilon_x (f(x_n^2) + f(x_n^3)) + \varepsilon_y f(y_n) \quad (1.4.2)$$

$$\begin{aligned} x_{n+1}^1 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^1) + \varepsilon_x (f(x_n^2) + f(x_n^4)) \\ x_{n+1}^2 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^2) + \varepsilon_x (f(x_n^1) + f(x_n^3)) \\ x_{n+1}^3 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^3) + \varepsilon_x (f(x_n^2) + f(x_n^4)) \\ x_{n+1}^4 &= (1 - 2\varepsilon_x) f(x_n^4) + \varepsilon_x (f(x_n^1) + f(x_n^3)) \end{aligned} \quad (1.5.1)$$

$$x_{n+1}^1 = (1 - 2\varepsilon_x - \varepsilon_y) f(x_n^1) + \varepsilon_x (f(x_n^2) + f(x_n^4)) + \varepsilon_y f(y_n) \quad (1.5.2)$$

外部刺激と認識する側のネットワークを独立に 5000 ステップ間振動させる。その後、T ステップ間(ここでは 5000 ステップまで 1000 ステップごと)に計算)外部刺激とする振動子を 1 要素にのみ投入し、各振動子が外部刺激とする振動子の振る舞いに対して同期した時認識したと解釈し、同期するステップ数を計算した。同期の判定は下記の式を用いる。

$$D^i = \begin{cases} 1 & \text{if } \left(1 - \frac{(x_{n+1}^i - x_n^i)/(y_{n+1} - y_n)}{y_n - y_{n+1}}\right)^2 \leq 0.01 \\ 0 & \text{else} \end{cases}, \quad K^i = \sum_{m=1}^T D^i$$

ここで、 D^i は振動子 x_i が同期しているかどうかを示し、 K^i は同期頻度を表す。

3 結果・考察

初期条件として、 $x_i = x \pm \delta$ 、 $a_i = a \pm \delta$ とし、 $x \cdot 1$ 以上 1 以下の乱数、 a は 1.45 から 1.90 を用いた。ここでは、ネットワークが 3 つの振動子からなる場合と 4 つの振動子からなる場合について結果を示した。この図からネットワークの大きい方が認識能力が高い事がわかる。他の結果も総合すると、ネットワークの規模や形状によって認識能力が異なることがわかった。発表では記憶能力についても触れる予定である。

