

# 複雑系応用ネコじゃらし

—タマのおともだち—

有限会社 カオスおもちゃ工房

おもちゃ研究所 野澤浩  
電子生命研究所 波多野将明  
メディア研究所 大木恵美子

## 内容

- 疑問
  - 生物の有する多様で複雑な運動形態（特性）を「複雑系」を用いて創出（再現）することができるか？
- 肯定的には（ちょっと乱暴ですが...）
  - これまでに提案されてきた様々な（色物）モデル、（結合写像やオートマトン等）、を通して得られてきた結果・経験からは、いけそうに思える（少なくとも我々にはそう思える）。
- 否定的には
  - しかし、人（特にモデラー）の判断のみに依存することは危険なのではないか？
- 解決のための糸口（1つの可能性として）
  - 人よりも（多少でも）客観的と思われる、他の生物に判断をゆだねてはどうか？（賢ければ、もう少し科学的な方法を考えたいところですが...）。
  - 例えば、狩を行う動物（ネコ等）に、その獲物のような振舞をする（運動特性を有する）人工生命を与えてみる方法はどうか？

- 今回の報告

- カオス的遍歴を発現する結合写像モデルを構築し、そのデータで運動する人工ネズミ（電腦ネコじゃらしータマのおともだち<sup>TM</sup>）を開発した。
- このネコ用おもちゃをネコに与えた結果について、特に、動物行動学的に知られている狩猟時の反応が得られるかどうかについて報告する。

- さらに（本当はいけないと思うのですが...）



図 1: タマともポップ。

- のところ、アカデミックディスカウントと致しまして、3,980円にて、タマのおともだちの即売も致しますので、ご購入を希望される方は、お気軽にお尋ね下さい。

# カオス的遍歴

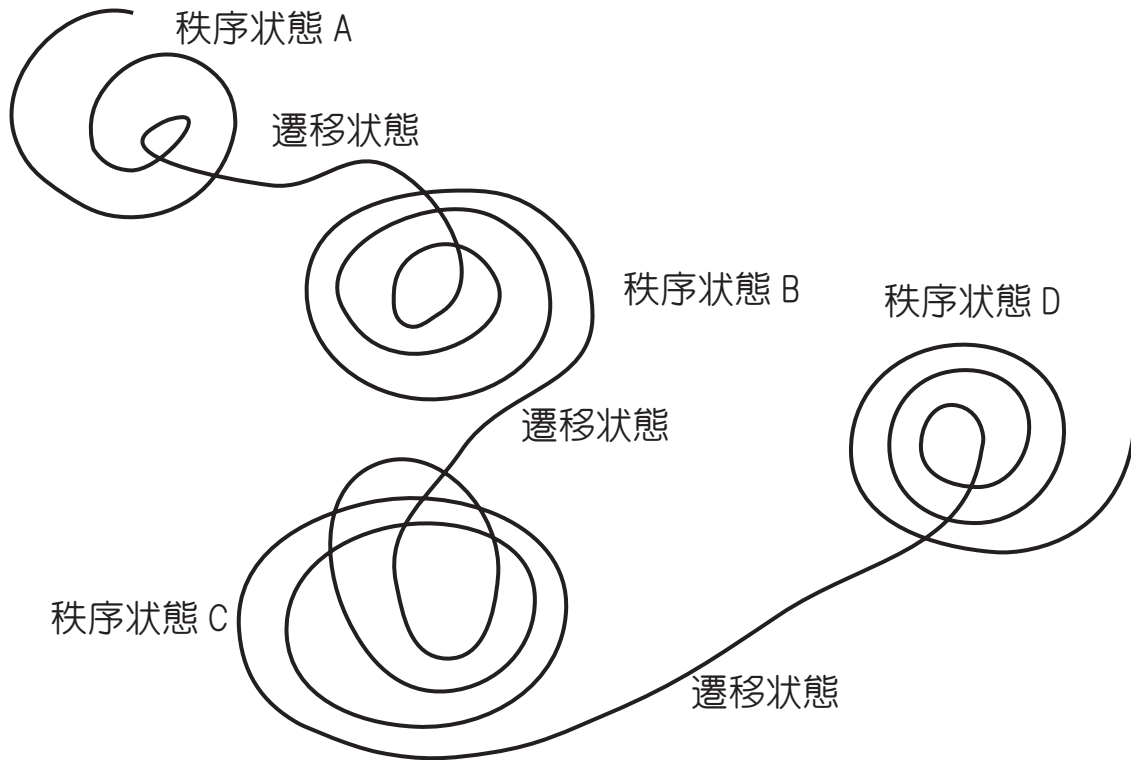


図 2: カオス的遍歴のイメージ。

- 生物の動きは、何らかの秩序を持った状態とその間の遷移状態の組合せにより構成されていると考えられる。
- 結合写像を用いた数理モデルにより生成される時系列データは、同様の性質を有する（カオス的遍歴）。
- このことから、そのデータを用いて生物の運動特性を創出することを試みた。

## 「タマのおともだち（タマとも）」って何？

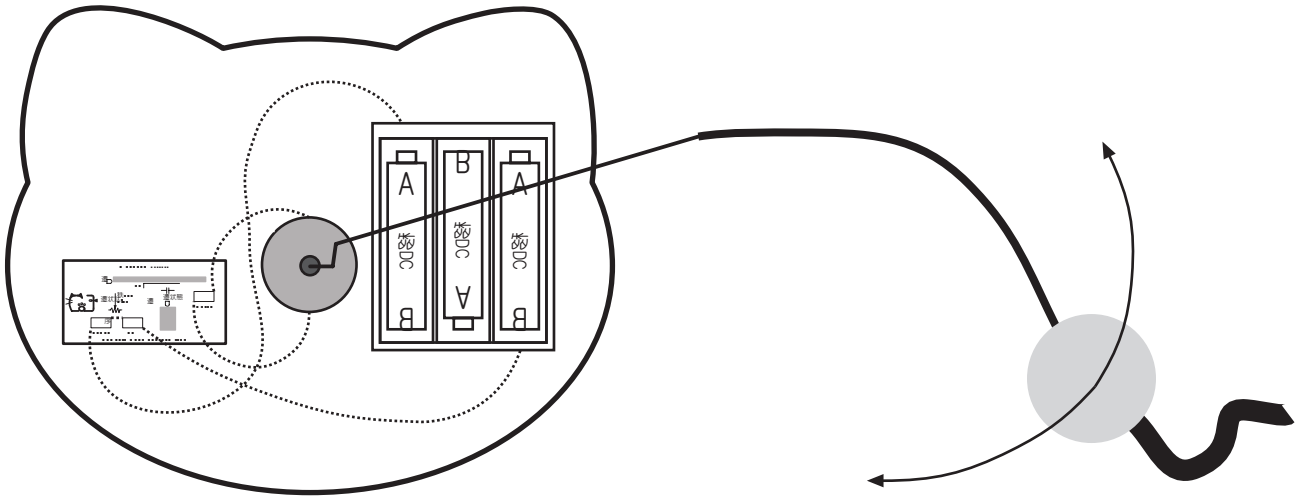


図 3: タマのおともだち。

- タマともは、毛玉付フレキシブルロッド、モータ、モータ駆動部、メモリ内蔵CPU、電池から構成される電腦式のネコ用おもちゃである。
- タマともの最大の特徴は、CPUの内蔵メモリ内の「カオス的遍歴データ」に従ってフレキシブルロッドを右回転、左回転、停止させ、ロッドの先端に取付けられた毛玉にネズミのような動きを与えることが可能な点にある。
- その他
  - － 15分の自動停止タイマ機能、及び、ロッドの回転速度調節機能が付いている。
  - － アルカリ電池で駆動したときの電池寿命は、20回×15分であり、フレキシブルロッドは消耗品であり、別売を行っている。

## タマともの数理モデル

ネズミの運動特性を創り出す結合写像モデルを以下のように構築する。

- 背景

- 生物は生存競争を勝抜く上で、攻撃と守備の相反する運動特性を周囲の状況に応じて巧みに（複雑に）使い分ける習性を獲得して来た。

- 仮定（かなり強引ですが...）

- この過程で、生物の脳神経系細胞内に攻撃をつかさどる群と守備をつかさどる群が存在するようになった。
- 生物達は、これら2つの脳神経細胞群の活性度の差によって、攻撃か守備かの運動特性を決定している。

- 数理モデル

- 生物の脳神経細胞を模したカオス写像を  $2N$  個用意する。
- カオス写像として、脳神経細胞の内部状態  $x(t)$  を状態変数とする次の差分方程式 (NZ 写像) を試用する。

$$x(t+1) = F_{y(t)}\{x(t)\} \quad (1)$$

$$y(t) = 0 \quad (2)$$

$$F_y(x) = \text{企業秘密} \quad (3)$$

ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は制御パラメタである。

- $2N$  個の写像を攻撃用 ( $cw$ ) として  $N$  個、守備用 ( $ccw$ ) として  $N$  個の 2 群に分ける。
- 各写像を同一群に属する写像からは正のフィードバック  $\omega_a$  を受けるように結合する。
- 各写像を異なる群に属する写像からは負のフィードバック  $\omega_b$  を受けるように結合する。
- 攻撃群に属する写像は内部状態  $x_i^{cw}(t), i = 1, \dots, N$  を、守備群に属する写像は内部状態  $x_i^{ccw}(t), i = 1, \dots, N$  を持つ。
- 攻撃群に属する写像の内部状態の和  $s^{cw}(t)$  と守備群に属する写像の内部状態の和  $s^{ccw}(t)$  から、2 群間の活性度の差  $d(t)$  を求める。

$$d(t) = s^{cw}(t) - s^{ccw}(t) = \sum_{j=1}^N x_j^{cw}(t) - \sum_{j=1}^N x_j^{ccw}(t) \quad (4)$$

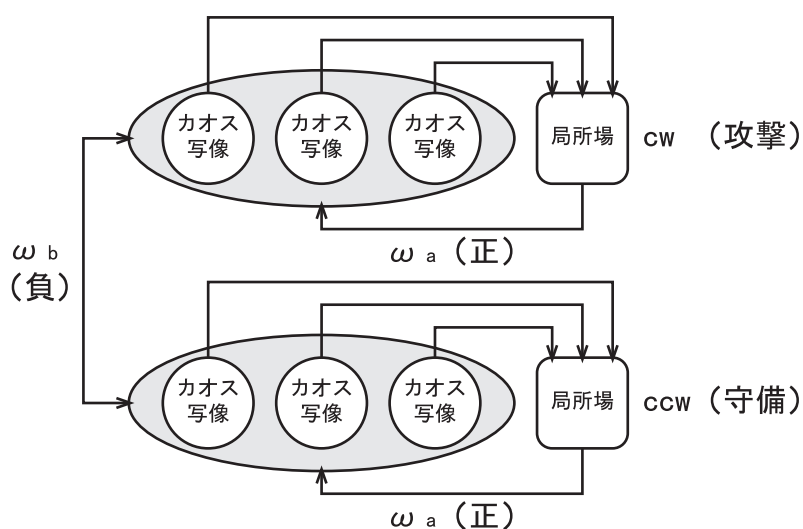


図 4: 各カオス写像間の結合の様子。  $N = 3$  のとき。

- 活性度の差により、ネズミの運動特性を次のように決定する。

$$\begin{aligned}
 & \text{if } d(t) > \epsilon \text{ then 攻撃 (cw)} \\
 & \text{if } |d(t)| < \epsilon \text{ then 停止 (stop)} \\
 & \text{if } d(t) < -\epsilon \text{ then 守備 (ccw)}
 \end{aligned} \tag{5}$$

- 各内部状態の時間発展を次式により計算する。

$$x_i^{cw}(t+1) = F_{y_i^{cw}(t)}\{x_i^{cw}(t)\} \tag{6}$$

$$y_i^{cw}(t) = \frac{\omega_a}{N-1}\{s^{cw}(t) - x_i^{cw}(t)\} + \frac{\omega_b}{N}s^{ccw}(t) \tag{7}$$

$$x_i^{ccw}(t+1) = F_{y_i^{ccw}(t)}\{x_i^{ccw}(t)\} \tag{8}$$

$$y_i^{ccw}(t) = \frac{\omega_a}{N-1}\{s^{ccw}(t) - x_i^{ccw}(t)\} + \frac{\omega_b}{N}s^{cw}(t) \tag{9}$$

- このとき、各制御パラメータ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega_a$ ,  $\omega_b$ ) を「カオス的遍歴」が観測される領域に調節しておく。



# タマともの時系列

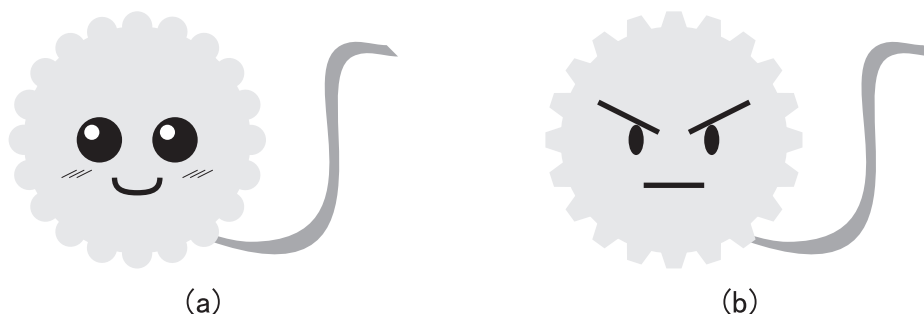


図 5: 人工ネズミのキャラクタ達。(a) イーチュウ、(b) ゴーチウ

- イーチュウ ( $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 0.006$ 、 $\gamma = 0.06$ 、 $\omega_a = 0.45$ 、 $\omega_b = -0.1$ )。

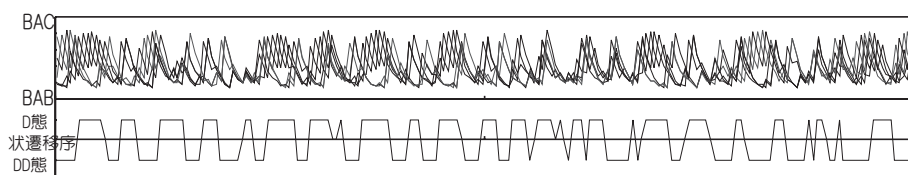


図 6: イーチュウの時系列。

- ゴーチウ ( $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 0.006$ 、 $\gamma = 0.126$ 、 $\omega_a = 0.26$ 、 $\omega_b = -0.4$ )。

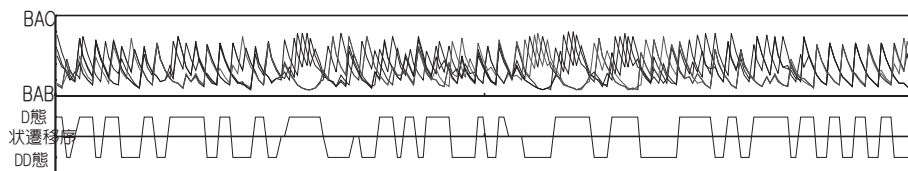


図 7: ゴーチウの時系列。

## ネコにタマともを与えてみる

- ビデオ参照
- 動物行動学的に知られているネコの狩猟行動が確認された。
  - － 人工ネズミの尻尾を押え付ける行動。
  - － 人工ネズミをすくい上げる行動。
  - － 物陰に潜んでタッチアンドゴーする行動。

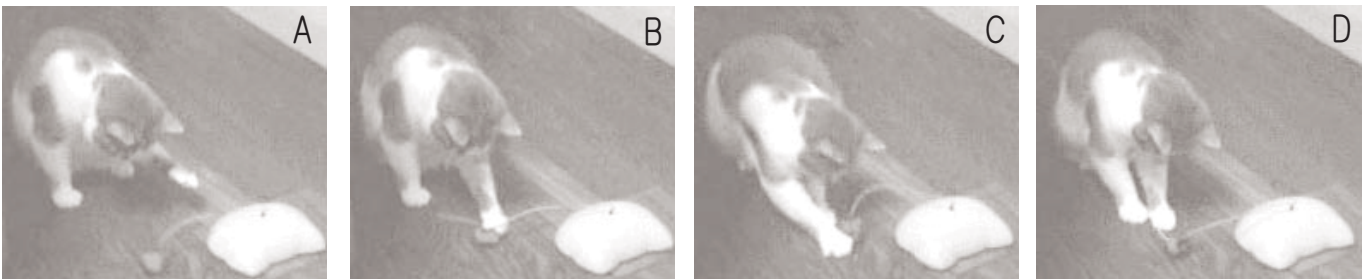


図 8: 人工ネズミの尻尾を押え付ける狩猟行動。

- 結果
  - － ネコは人工ネズミを本物のネズミとして捉えているようである。