



有限会社 カオスおもちゃ工房

〒142-0041 東京都品川区戸越5丁目10番20号
Tel 03-5751-7491
Fax 03-5751-7492
E-mail info@c-toys.com

1999（平成11）年2月1日
おもちゃ研究所 野澤 浩

「タマのおともだち™（タマとも）」¹について

1 タマとも開発の背景（販促資料より転載）



図 1: 我家のネコ達。下からタル、フー、ファイ。

最近、一生を家の中だけで過ごすことが原因で、肥満になったり、ストレスを抱えたりするネコ達が増えていますよね。肥満やストレス防止には遊びが最適。そこで、我が家のネコ達（図1参照）と毎日30分遊んでやる目標を立てたんですが、仕事やら家事やらいっぱいあって結局三日坊主に終り、今度は私の方がストレスを感じてしまう始末。きっと同じような問題で悩んでいるネコ達、飼主達が大勢いるに違いない。そう考えて、ネコ達の良き「おともだち」を創ることにしたんです。

¹タマのおともだちは、有限会社カオスおもちゃ工房の登録商標です。

ネコ達の「おともだち」として最も良く知られているのがネズミ。実際ペットショップなどでネズミを模したおもちゃはたくさん見かけますが、不満な点はネズミ達が「生きていない」こと。「生きている」ネコ達にとって「生きていない」ネズミでは、「おともだち」になるための必須条件を到底満足しているとは思えません。

カオス・複雑系は人工生命を創り出す上で最も期待されている科学ですから、この分野の研究者としても「生きているネズミ」を創ることは大変やりがいのある仕事でした。タマともには、ごく最近になって発見されたカオ斯的遍歴と呼ばれる現象（生命に不可欠で本質的な現象）が組込まれています。タマともで夢中になって遊んでいる我が家のネコ達を見て、飼主として、科学者として、良い仕事ができただかなとちょっぴり誇らしく感じています。

2 タマとものハードウェア仕様

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、メモリ内臓CPU、電池から構成される電動式のネコ用おもちゃである（図2参照）。タマともの特徴は、内臓メモリの「カオ斯的遍歴データ」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。

タマともには、15分の自動停止タイマとロッドの回転速度調節機能が付いている。15分の自動停止タイマはネコの遊び過ぎを防止するための機能（獣医師のコメントによる）であり、ロッドの回転速度調節は年齢、性格、血統等の異なるできるだけ多くのネコに対応するための機能である。

タマともをアルカリ電池で駆動したときの電池寿命は、20回×15分である。タマとものフレキシブルロッドは消耗品であり、別売を行っている。



図 2: タマのおともだち。

3 カオス・複雑系

最近、科学雑誌はもとより一般大衆紙や週刊誌にまで取り上げられている科学上のパラダイムにカオス・複雑系がある。カオス・複雑系を取り扱う上で、モデル構築手法の一つに結合写像という枠組がある。近年、構成論的手法によって構築された結合写像によってシミュレーション等は到底不可能だと思われていた様々な自然現象（生命現象も含む）がシミュレート可能になって来ている。

結合写像の枠組では、構成論的手法により、比較的自由度の低いカオス写像をつなぎ合せてある程度高い自由度のカオス力学系を創り出す。これら自由度の高い力学系では、カオス的遍歴と呼ばれる、ある秩序状態と別の秩序状態を行ったり来たりする複雑な現象が観測される。最近では、これが生命現象の本質ではないかと考えられるようになってきている。

ここでは、ネズミの動作特性を創り出す為に、動物の脳・神経系において観測された生理学的知見を基に、構成論的に4~10自由度程度の結合写像モデルを構築し、ネコの飼主達には、ネコが飽きずに遊ぶネコじゃらしを提供し、カオス・複雑系の研究者達には、複雑系の応用可能性を示す。

4 結合写像モデルによるモータ駆動カオス的遍歴データ生成アルゴリズム

ネズミの動作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
 - 動物は生存競争を勝抜く上で、攻撃と守備の相反する動作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
 - この過程で、動物の脳内に攻撃をつかさどる神経細胞群と守備をつかさどる神経細胞群が存在するようになった。
 - 動物達は、これら2つの神経細胞群の活性度の差によって、攻撃か守備かの動作特性を決定している。
- 数理モデル
 - 動物の脳神経細胞を模したカオス写像を6個用意する。
 - 6個の写像を攻撃用（タマともではモーターの右回転、*cw*）として3個、守備用（タマともではモーターの左回転、*ccw*）として3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 ω_a を受けるように結合する。

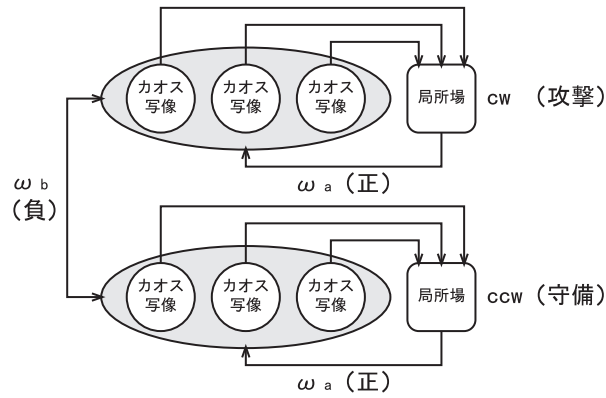


図 3: 各カオス写像間の結合の様子。

- 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 ω_b を受けるように結合する。

図3に、これら写像間の結合の様子を示す。

このようにして構築された結合写像モデルを用いて、以下のようにネズミの動作特性を創り出す。

- 攻撃群に属する写像は内部状態 $x_i^{cw}(t), i = 1, \dots, 3$ を、守備群に属する写像は内部状態 $x_i^{ccw}(t), i = 1, \dots, 3$ を持つ。
- これらの内部状態の時間発展を、それに応じて変化する非線形関数 $F^{cw}(t), F^{ccw}(t)$ に作用させて、次のように計算する。

$$x_i^{cw}(t+1) = F_{\alpha, \beta, \gamma, \omega_a, \omega_b}^{cw} \{x^{cw}(t), x^{ccw}(t)\} \quad (1)$$

$$x_i^{ccw}(t+1) = F_{\alpha, \beta, \gamma, \omega_a, \omega_b}^{ccw} \{x^{cw}(t), x^{ccw}(t)\} \quad (2)$$

- 上の繰返しにより内部状態 $x_i^{cw}(t), x_i^{ccw}(t)$ の時系列データを生成する。このとき、制御パラメータ $(\alpha, \beta, \gamma, \omega_a, \omega_b)$ はカオスの遍歴現象が出る領域に調節されているものとする（写像の具体的な形と制御パラメータの値については**企業秘密**）。
- このようにして得られた時系列データから、攻撃（右回転）を制御する写像群の内部状態の和（cw局所場）と守備（左回転）を制御する写像群の内部状態の和（ccw局所場）との大小関係を比較し、モータ駆動用カオスの遍歴データを生成する。

5 ネズミの動作特性について

既に触れたように、結合写像モデルには5つの制御パラメータ $(\alpha, \beta, \gamma, \omega_a, \omega_b)$ がある。各々の制御パラメータの値を調整することによって、人工ネズミ（ロッドの先端に

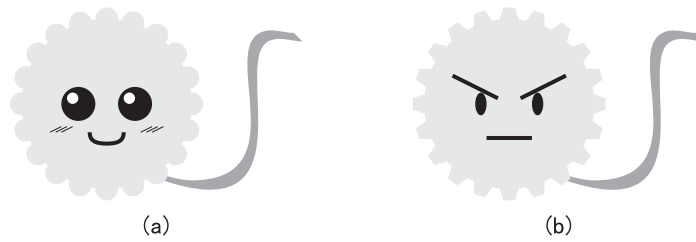


図 4: 人工ネズミのキャラクター達。(a) イーチュウ、(b) ゴーチュウ

取付けられた毛玉) の運動に様々な個性 (本物のネズミであれば遺伝子情報に相当する) を与えることが出来る。

このような個性の例として、「イーチュウ (図4(a) 参照)」、「ゴーチュウ (図4(b) 参照)」について述べる。

- イーチュウ
右回転→左回転→右回転あるいは停止と、動作をめまぐるしく変化させる。予想のつかないバラエティーに富んだネズミらしい運動パターンを創り出せるモデル (くせの少ないモデル、普通のネコに最適と思われる)。
- ゴーチュウ
いったん右回転 (あるいは左回転) し始めると、ピョンピョン跳ねるような動作を時折まぜながら、なかなか停止 (あるいは逆回転) しない、豪快な運動パターンを創り出せるモデル (多少くせのあるモデル、元気なネコに最適と思われる)。

6 著者紹介



理学修士。昭和 61 年：日本大学大学院理工学研究科物理学専攻博士前期課程修了後、(株) ニコンシステム入社。平成 7 年：(株) ニコン入社。平成 10 年：(有) カオスおもちゃ工房入社。現在、同社おもちゃ研究所所長としてカオス・複雑系を枠組とする人工生命の研究に従事。主な業績に「カオスを用いた組合せ最適化問題の解法」、著書に「カオスセミナー」海文堂がある。