

自律エージェントと実世界との協応について*

3P-10

栗原 聡[†] 岡田 美智男 中津 良平

NTT 基礎研究所

概要

人間の行なり認知的情報処理を含め自然界の現象の多くは複雑系であり、従来の物理学がとってきた還元的手法ではうまく説明できないことがわかってきている。我々は構成論的手法を用いて複雑系を理解することを基本方針として、人間の認知機構を非線形非平衡系としてモデル化することを目的とした「認知的協応アーキテクチャに関する研究」を進めている [1]。

協応するということは複数の非線形非平衡系が相互作用することによって互いの間に一つの秩序が形成されることを指す。これをモデル化するために計算機上で実際に複雑系を実現する必要があり、マルチエージェントによる非線形非平衡系の実現に関する研究を進めている。このモデルは行動選択ネットワーク [3] を基本アーキテクチャとしており、集中制御系を持たず自律エージェント間での相互作用により合目的な動きが実現される [2]。このモデルには潜在的に非線形系としての性質があり、本論ではシミュレーションによりマルチエージェントの持つ非線形性について考察する。このモデルが複雑系としての基本的な挙動を示すことが確認できれば、エージェント集合間、またはエージェント集合と実世界(人間)との間において協応構造を形成することができると考えられる。

1 マルチエージェントモデル

ここでの自律エージェントは高い知能を持たない小さなレベルのものであり、一つのエージェントが一つの「行動(behavior)」を担当する behavior-based なものである¹。

エージェントは複数存在し、それらの集合として一つの行動主体を構成する。行動主体はゴールを持ち環境内に存在する。エージェントには「行動エージェント」と「メンタルエージェント」の2種類があり、それぞれ行動エージェント層とメンタルエージェント層を構成する。

環境、ゴール、エージェントなどは基本的に STRIPS に類似した形で記述され、複数の命題により構成される。エージェントは活性エネルギー伝搬により機能し、このエネルギーの流れが非線形系を構成するための一つの要因となる。

*A Coordination between Autonomous Agents and The RealWorld

[†]Satoshi KURIHATA (kurihara@atom.ntt.jp), NTT Basic Research Laboratories.

¹(例)「持つ」という行動を担当するエージェントや、「見る」という行動を担当するエージェント。

2 エージェントモデルの持つ非線形性について

マルチエージェントモデルが非線形性を持つかどうかをシミュレーションを用いて確認する。まず振動現象について簡単に整理すると、一般に振り子やバネの振動は振幅が小さい時は調和振動子として見ることができ、摩擦などによってエネルギーが散逸する減衰振動である。しかしながら現実存在する振動系のほとんどは非線形振動であり、エネルギーの供給/散逸構造と非平衡状態が持続する中である振動のリズムが形成される。一般に非線形系の特徴としては以下のものが挙げられる、(1)ある秩序が形成される。(2)ある秩序で振動している時に、この系に外乱を与えても再び元の振動状態に回復する。(3)初期値に影響されない。(4)ある秩序においてパラメータを変化させるとモードの分岐現象が起こる。(5)複数の非線形系が影響し合う状態を構成すると、引き込み現象を起こし同調する。(6)カオスが発生する。

2.1 振動子によるシミュレーション

数個のエージェントを結合させ活性伝搬により簡単な振動子を構成した。この振動子において、エージェントの活性度の初期値を変化させても振動数振幅などには変化はなく、振動中に外乱を与えても外乱を与えた直後は乱されるが再び元の振動状態に回復することが確認できた。さらに新たな振動子を構成し振動子同士を相互作用させた結果、引き込み現象が起こりそれぞれ新しい周期で振動を開始した。そして系のパラメータを変化させたところ、ある閾値を過ぎた時点で振動のパターンが大きく変化し、分岐現象が起こることが確認できた。これらは振動子に限定したケースでの結果であり、多数のエージェントから構成されるネットワークの挙動についてはさらに調べていく必要がある。

2.2 エージェントと実世界との協応

協応するということはいわば引き込み現象が起こっているということと同じである。本論では上述した非線形系の特徴の中で特にこの引き込み現象に注目し、多数のエージェントから構成されるネットワークを単位とした場合の挙動について以下の2点においてシミュレーションを行った。

1. エージェントネットワーク 対 エージェントネットワーク
2. エージェントネットワーク 対 実世界(real world)

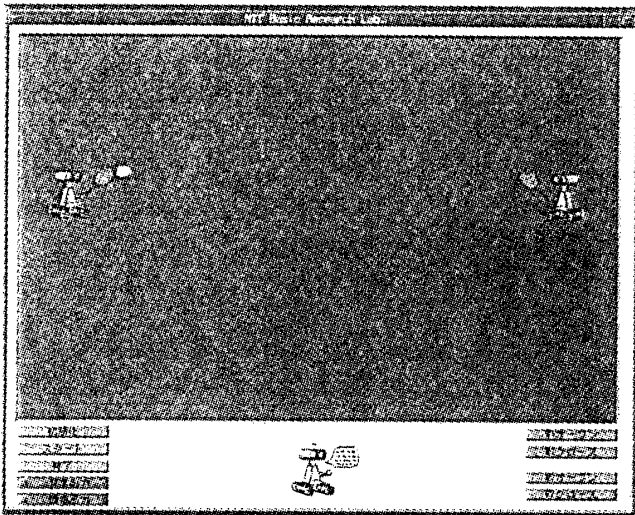


図 1: テニスロボット

●エージェントネットワーク 対 エージェントネットワーク: 2組のエージェントネットワークを用意しそれらを相互作用させた時に引き込み現象を起こすかどうかを確認することが目的である。現在テニスゲームを用いたシミュレーションプログラムが実装されている。各プレイヤーが複数のエージェントにより構成されており、互いの打ち合うペースが引き込みにより同調する過程を確認している。

●エージェントネットワーク 対 実世界 (real world): ここではマンマシンインタラクションの考え方に新しい枠組を提案するという目的も含まれている。人同士のコミュニケーションがうまく続いている状態というのは非線形系同士が引き込みあい協応構造が形成されている状態である。協応構造が形成されることで楽しくコミュニケーションすることができる。我々がコンピュータとのインタラクションで違和感を感じるのは、従来のコンピュータ側のシステムが我々が考えるような非線形システムではないために人との間に協応構造が形成され得なかったからである。

そこでコンピュータ側にも非線形なシステムを用意することにより、人とインタラクションすることによって協応構造が形成されるかどうか確認を行なうことが必要となる。

テニスプレイヤーと同様に複数のエージェントから構成されるハチが飛び回る環境を実装した。実際にこの環境の中でハチを動作させると、あるリズム周期でエネルギーを補給したり休んだりする。ハチの動く平面を位相座標にとればハチのリズムをリミットサイクルとして見ることが出来る。ハチの住む環境にはマウスからの入力による外乱を与えられるようになっており、実世界(人間)とのインタラクションができるようになってきている。人が外乱を与えるリズムとハチの生活リズムとの間にどのような引き込みが起こるかを調べることで、非線形系システムとして人とうまく引き込み合うためにコンピュータ側に必要な要素を調べる作業を行なっている。現在のところ人間があるリズム間隔でマウスボタンを押すことによりハチが新しいリ

ズムで飛び回るようになる程度のシステムが実装されており、人とマシンとの間に簡単ではあるが協応構造形成のための土台といえるものが実装されている。

3 考察

マルチエージェントモデルが非線形な振舞いをするのは、活性伝搬の部分とエージェント内での活性度の処理の部分によるものである。しかしながら、現状のモデルではファレイ数列に従った引き込みやカオス現象などまでは確認できていない。モードの分岐はカオスの淵において発生するものであり、さらなるモデルの分析と同時に非線形系としての特徴を引き出すために改良を加える必要がある。

このエージェントモデルではメンタルエージェント層を複雑化することがモデル全体の非線形度を向上させることになる。そこでメンタルエージェント層を改良し、さらに複雑な非平衡状態を形成できるようにすることを考えている。また活性伝搬の部分に非線形項としての特徴を付加することで、活性伝搬式そのものを非線形系化することも計画中である。

3.1 おわりに

脳は大きな複雑非線形系システムであり、非線形系特有のメカニズムが脳の行なう情報処理のベースとなる部分を担っていると考える動きもある [4][5]。脳が体すべてを 100%コントロールしていると考えのには無理があり、その意味でも少数自由度の非線形系が複雑なダイナミクスを示すというのは重要な点である。従来自然界(生物も含む)において観測測定されてきた複雑な現象が、実はその背後に存在する少数自由度の非線形系が示すダイナミクスに基づいて発生しているのではないかと考えられるからである。

分岐現象は学習や推論モデルの基本的な部分として必要な機能であると考えられ、引き込みは協応構造形成のために必要な現象である。マルチエージェントモデルを複雑系のモデルとして適用していくことにより、従来の学習・推論・記憶のモデルをはじめ、協応構造形成によるマンマシンインタラクションメカニズムについて新しい枠組を提案していくことができると思われる。

参考文献

- [1] 岡田, 栗原, 中津: 対話者間での協応構造の構築について, 人工知能学会全国大会, 1994.
- [2] 栗原, 岡田: 行動選択ネットワークの双方向性について, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集 (1993).
- [3] Maes, P.: The Agent Network Architecture(ANA), *SIGART Bulletin*, Vol.2, No.4, 1991/08.
- [4] 合原: 「ニューラルシステムにおけるカオス」, 合原一幸編著, 東京電機大学出版局 1993.
- [5] 松本: 「神経興奮の現象と実体(上)」, 丸善 1981.