

2-201 マルチエージェントの心理力学モデルによる自己組織化挙動

Self-Organizing Behaviors of Multi-Agents Using Mental Force Models

加藤 誠 大阪工業大学

Makoto Katoh Osaka Institute of Technology

Abstract: This paper presents a simulation of self-organizing behaviors of agents, using two mental force models for many application areas. In case of the agents' mental force model without mental dissipation terms, a perturbation of an initial position was caused by a mixture of chaotic attractors and deterministic vibrations. The other model with mental dissipation terms could dissipate both the attractors and vibrations. Another methods which can make a group of agents behave like Reynolds' artificial life 'boid' was also tried.

Keyword: Self-organizing behaviors, MAS, Mental force model

1. はじめに

最近、レイノルズのボイドなどの人工生命による自己組織化の研究が注目されている¹⁾。

人工生命のようにルールに基づき自己組織化ではなく、数式モデルに基づき方法論は、Lotka-Volterraの捕食被捕食モデルによる渦心点の生成が古くから研究されており、著者らが非線形系の同定や制御の例題に利用している²⁾ように理論的な取り扱いがしやすいという利点がある。

また、分散人工知能におけるマルチエージェント法の研究も社会学を始めとして、さまざまな分野で盛んに行われており、Kissはある種のエージェントモデルの動特性がカオスやアトラクタを示すことに注目し、宇宙や原子モデルを始め、さまざまな応用分野を示している^{3),4)}。

本研究ではエコロジーコンピューティング分野⁵⁾で再評価されている捕食・被捕食モデル²⁾のようなヘテロジニアスなエージェントの正負の拮抗非線形フィードバックによる自己秩序化に至るプレモデルとして、ホモジニアスなエージェント間に働く心理的な反発力と引力の拮抗と散逸も考慮した力学的数式モデルによって、心理的な平衡距離を設け、複数のエージェントがある距離を保って自然に結合していくような自己組織化構造を構成した。

このモデルは、Kissの考えた種々の応用分野^{3),4)}にも使えるはずである。本稿ではこのモデルを用いて、あるエージェントの初期位置変化に対する彼らの位置や速度と距離の挙動のダイナミクスを調べ、

さらに、人工生命 boid に似た挙動を示す。

2. 心理力学モデル

1) エージェント間の距離と力のモデル

ここでは、エージェント間に働く引力を中心間距離の逆平方と仮定し、斥力を表面間距離の逆平方と仮定した次のような関数を導入する。ただし、ある位置より離れている時は引力のみで、その位置よりも近づけば斥力が働きますものと仮定する。

$$f_{ij} = \frac{k_1}{r_{ij}^2} = \frac{kl}{2dr_{ij}^2} \quad r_{ij} \geq sl$$

$$f_{ij} = \frac{k_1}{r_{ij}^2} - \frac{k_2}{(r_{ij}-d)^2} \quad r_{ij} < sl$$

$$= \frac{kl}{2dr_{ij}^2} - \frac{k(l-2d)}{2d(r_{ij}-d)^2}$$

$$\approx \frac{k(r_{ij}-l)}{r_{ij}(r_{ij}-d)^2} \quad d \ll r_{ij}$$
(1)

$$r_{ij} = d(x_i, x_j) = \|x_i - x_j\| \quad (2)$$

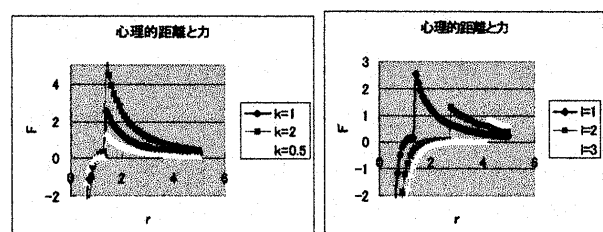


Fig. 1 仮定した心理的距離と力の関数

ここで、 l は力の平衡距離、 k は最大引力定数、 r は距離、 f は力で引力を正、斥力を負とした。 x は位置座標。ただし、問題の簡単化のためにエー

エージェントはホモジニアスで k も l も全て同一とした。

従って、キスが考察したエージェントの軌跡の分類では l がゼロなら安定不動点、 l が無限大なら不安定不動点となる。また、 l を可変にすればエージェントに好悪の 1 次元の感情を導入できる。

2) エージェントの速度則(散逸が無い場合)

$$\dot{v}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^r f_{ij} \quad (3)$$

ここで、 v は移動速度、 m は同一質量

3) エージェントの速度則(接近速度に比例する斥力抵抗および拡散速度に比例する引力抵抗による散逸項がある場合)

$$\dot{v}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^r (f_{ij} + cr_{ij}) \quad (4)$$

3. シミュレーション結果

今回は問題を簡単にするために 2 次元で 4 個までのエージェントを用いて初速はゼロとした。ここでは紙面の都合上 3 エージェントの場合のみ示す。

計算は全て EXCEL を用いてきざみ 0.01 のオイラー法を構築して行った。

a) 3 エージェント群：(秩序の中の混沌)

散逸項が無い場合には正三角形のバランス形状から少し異なる初期値を与えると 3 者はバランス位置の近辺でカオティックな揺動をして、ストレンジアトラクタを形成し、各個間の距離を座標とした空間における軌跡も奇妙な振動をする。

散逸項がある場合には振動は減衰し、各個間の距離の軌跡はその距離の空間における所定の周期点に収束するが、それらの位置は周期点に収束せずに流れていく。

b) 孤立(自律) エージェント+エージェント群

大きく離れた孤立エージェントとエージェント群の場合には孤立エージェントの方が心理的自己質量を軽く調整し、主として移動して、1 つの群として動的な平衡バランスを保とうとする。それに対して孤立エージェントがセルフコントロールによって心理的自己質量を重く調整したり、自らの動きを止めたり、速度制御を行って自律エージェントとなれば、エージェント群の方が

主として移動し、自律エージェントに追従して動的平衡バランス移動することになる。

4. 結論

Kiss のモデルを拡張して、心を有するホモジニアスなエージェント間の心理力として引力と斥力を仮定し、各エージェントにそれらの合成慣性力による速度則を設けることによって、散逸項が無い場合には初期値問題の解や各個間の距離がカオティックな揺動をし、ストレンジアトラクタを形成することを数個のエージェントで確認を行った。

そこで、エージェント間の接近および拡散速度に抵抗する散逸項も考慮することによって、これらの揺動やアトラクタを散逸させるモデルとした。

孤立エージェントとエージェント群の挙動をホモジニアスな場合と心理的自己質量調整能力による自律性を有するヘテロジニアスな場合について調べることによって、自己組織化挙動のみで boid のイメージに近い挙動(群追従、目標追従)を確認することができた。その他の方式やルールベース boid との比較は今後の課題である。

このモデルの応用範囲は広いが、ロボットではなくフーバーマンのエコロジーコンピューティング⁶⁾等のモデルとして発展していくことを期待したい。

参考文献

- (1) 都甲・江崎・林：自己組織化とは何か—生物の形やリズムが生まれる原理を探る—、講談社ブルーバックス (1999)
- (2) M. Katoh, H. Kanoh: A Method of Adaptive Control and identification for Discrete Polynomial Non-linear Systems Containing Parameters Linearly, INT J. Control, Vol. 41, No. 4, 895-907 (1985)
- (3) G. Kiss: Autonomous Agents, AI, and Chaos Theory (1991)
- (4) O'Hare: Distributed Artificial Intelligence, Wiley & Science (1996)
- (5) ニコリス他：散逸構造、岩波書店 (1980)
- (6) Huberman ed.: The Ecological Computing, North Holland (2000)