B204

群れ行動のパターンとネットワークによる表現

山出真也[○](東京大学), 白山 晋(東京大学人工物)A Representation of Patterns of Crowd Behavior
Using a Hidden Network Structure

Shinya YAMADE and Susumu SHIRAYAMA

ABSTRACT

Various patterns emerge from crowd behaviors, for instance, march, vibration, straying and a swarm of mosquitoes. It has been considered that such a pattern is caused by some interaction between individuals forming the crowd. Reproduction of the pattern have been explored in many previous works. Patterns represent a static and a dynamic state. Both have a certain kind of beauty, so that they are used for the particular motif of a picture or industrial design. In this paper, we try to reproduce the patterns using a network structure assumed to exist behind crowd behavior.

Keywords: Patterns, Crowd behavior, Network structure

1. 結 論

群れとしての集団行動には様々なパターンが現れる。それらのパターンは群れを形成する個体間の何かしらの相互作用から生じるものと考えられ、計算機シミュレーション等による再現が試みられてきた。例えば、建築物における避難効率を調査する目的で行われるシミュレーションや、設計の安全評価や歩行者の行動ルールと移動効率の関係を調査するためのスクランブル交差点の群集歩行のシミュレーションが例として挙げられる。これらのシミュレーションは個体の行動をできる限り正確に再現することに重点が置かれている。歩行者同士のインタラクションや、歩行者が衝突などによって受ける影響を詳細に扱うことが重視され、大局的にみた場合は検証のためのマクロ的な量として用いられる。しかしながら、局所的にも、大局的にも、行進、振動、迷走、蚊柱のような興味深いパターンが現れることが多い。このような群れ行動のパターンには動的なものや静的なものがあり、双方ともに見た目の美しさがある。このため、絵画のモチーフや工業デザインなどに利用されることもある。

本稿では、群れ行動の背後に隠されたネットワーク構造を見出すことによって大局的にみたパターンの再現を試み、サイエンティフィックアートという観点から、生じるパターンのアートへの利用について検討する。

2. 提案手法

2.1 エージェントの移動モデル

文献1と同様に、エージェントの移動する空間をネットワークで構築し、ネットワーク上をエージェントが移動するというモデルを採用する。

群れ行動の主体となる個体をエージェントとして扱い、移動方向、目的地などの情報をやり取りすることで、多様な群集行動を表現する。相互作用はエージェントの移動する空間領域を形成するネットワークにおいてエージェントの接触時に起こるものとする。

ネットワークの生成方法については次節で述べ、本節では、移動に関して説明する。様々なエージェントの移動形態が考えられるが、本稿で扱う基本的なルールは2つである。一つはランダムウォーク、もう一つは、与えられた方向に移動するというものである。

Fig.1 ネットワークによるエージェントの移動空間の表現とエージェントの移動

ランダムウォークの場合には、Fig.1 左図のようにエージェントが移動する。エージェントを4角形で、あるノード i のリンクを矢印で示している。はじめに、自分がいるノード(図中の i)とリンクしているノードに他のエージェントがいるかどうかを調べる。もし、他のエージェントが存在する場合、そのノードは移動候補から除外する(図中の×マーク)。次に、自分のいるノードと、リンクしているノードで他のエージェントが存在しないノードから移動先をランダムに選択する。

定式化すると、以下のようなものである。自分のいるノードを v_i とする。また、このノードの次数を k_i とする。はじ

めに, v_i に接続する k_i 個のノードの中で, 移動エージェントが存在するノードの数 a_i を求める. 移動先の候補は, 自身を含めて, $(k_i - a_i + 1)$ 個のノードになる. それらのノードに, 0 から $(k_i - a_i)$ の局所番号を割り当てる. この番号を n_R とする. 次に, 移動先の候補となるノードを v_j とし, $v_j = T_i(n_R)$ という関係をおく. $[0, 1]$ の一様乱数 p を発生させ, p を利用して, 移動先のノードを,

$$n = \text{int}((k_i - a_i + 1) \cdot (p - \varepsilon)), \quad v_j = T_i(n) \quad (1)$$

で決定する. ここで, ε は十分小さい正数とする. q をラベルを示す変数とすれば,

$$q_{v_j} = q_{v_i}, \quad q_{v_i} = 0 \quad (2)$$

が移動を示すことになる. ここで, ラベル 0 は, エージェントが存在しないことを示すものとする.

与えられた方向 (進行方向) への移動は以下のように確率的に行う. Fig.1 右図の矢印を進行方向とする. v_i に接続する k_i 個のノードの中で進行方向との角度 θ が, $-\pi/2 < \theta < \pi/2$ のノードに対して, g を

$$g = \begin{cases} (\alpha + \beta(l_0/l))\cos\theta, & (l \geq l_0) \\ (\alpha + \beta(l/l_0))\cos\theta, & (l < l_0) \end{cases} \quad (3)$$

と求める. ここで, l は物理空間でのリンク長, l_0 は一ステップあたりの平均移動距離, α , β は定数とする. g を重みとするルーレット選択によって移動先のノードを選ぶ. いくつかのエージェントの移動先が重複する場合は, エージェントの選択を行い, 移動可能なエージェントを決める. 移動エージェントの位置を v_i , 移動先のノードを v_j とした場合, (2) 式に従って移動する.

2.2 ネットワーク生成

ネットワークは, Fig.2 のような基準となるノードにリンクを加えることによって生成する. リンクの生成にはネットワークモデルを用いる. Fig.3 に WS モデル²⁾ によるネットワーク生成の例を, Fig.4 に BA モデル³⁾ によるものを示す.

Fig.2 基準ノードの配置

Fig.3 WS モデルによるネットワーク生成

Fig.4 BA モデルによるネットワークの生成

3. パターン生成

Fig.5 左図に示す交差点での群れ行動を扱う. Fig.5 右図は格子に対する結果である. 交差点中央に塊状のパターンが生じる. Fig.6 に WS モデルの例を示す. この場合は, すり抜けのパターンが生じる. 他のパターンについては発表時に示す.

Fig.5 格子に現れるパターン

Fig.6 WS モデルに現れるパターン

4. 結論

群れ行動の背後にネットワークの存在を仮定し, そのネットワーク上でマルチエージェントシミュレーションを行うことによって大局的なパターンの創出を試みた. サイエнтиフィックアートという観点から, 生じるパターンのアートへの利用の可能性を検討した.

参考文献

- 1) 白山 晋, 山出真也: 地理的条件を有するマルチエージェントシミュレーションにおけるエージェントの移動に関する基礎的研究, 土木学会応用力学論文集, 9 (2006), pp. 315-322.
- 2) D. J. Watts and S. H. Strogatz, Collective dynamics of 'small-world' networks, Nature, 393 (1998), pp. 440-442.
- 3) A-L. Barabasi and R. Albert, Emergence of scaling in random networks, Science, 286 (1999), pp. 509-512.