

旭川高専 ○堀内 勝誓 渡辺 美知子 古川 正志  
北大工 嘉数 侑昇

### 要旨

スームモデルにおいて、各エージェントは局所的かつ自律的な行動のみを起しているにも関わらず、大域的な次元で協調的な群行動が見られる。本研究は、パルミターの虫を原型とする標的追跡型オートマトンを用いてコンピュータシミュレーションを行い、協調的な群行動に関する考察を行う。

### 1 はじめに

近年、種々の生命現象をコンピュータシミュレーションを用いて再現することにより、生命に関する理解を深めることを目指した人工生命(Artificial Life:AL)の研究が注目されている。

ALの一例として、スームモデルがある。これは、相互作用しあう単純なエージェントの集団が、複雑な協調動作を実現するモデルである。このような協調動作の例は、ある種の社会性の昆虫等に見られ、以下に示す特徴を有する。1) 各々のエージェントは、単純な機能で自律的に活動を行う。2) 各々のエージェントは、環境内における局所的な状況のみに反応し、全体を認識しない。3) 各々のエージェントの局所的な振る舞いが大域的な現象を創発させる。

本研究は、極めて単純な機能しか持たないパルミターの虫モデルを原型とした標的追跡型オートマトンエージェント<sup>1)</sup>を定式化する。又、コンピュータ内の仮想空間における追跡群行動をシミュレーションし、協調的な群行動に関する考察を行う。

### 2 標的追跡型オートマトンモデルの定式化

本研究では、エージェントを確率的オートマトンとして以下の様に定式化する。虫1匹を1個のオートマトン $A_i$ として定義すると、虫全体の集団は集団オートマトン $A$ として、

$$A = \{ A_i ; i=1,2,\dots,Nall \} \quad (1)$$

と記述される。ここでNallは虫の総数である。個々のオートマトン $A_i$ を具体的に三項組で、

$$A_i = \{ I_i, O_i, g_i \} \quad (2)$$

と定義する。ここで、それぞれの記号は、

I: 入力 O: 出力 g: 出力関数  
を示す。

#### 2.1 入力

標的を追跡するために最も効率の良い方法は、標的に対して直線的に移動することである。そこで、時点

$n$ におけるエージェントの入力 $I(n)$ は、ベクトル $(dx, dy)$ で与える。

$$I = \{ dx, dy, c ; c=\{0,1\} \} \quad (3)$$

ここで、 $c$ は時点 $n$ における衝突判定のフラグであり、0は衝突することなく移動できることを示し、1は衝突回避行動を意味する。

#### 2.2 出力

出力は、エージェントの移動方向とする。又、各々のエージェントは図1に示すように、6方向へ移動できる。

$$O = \{ F, R, HR, RV, HL, L, P \} \quad (4)$$

ここで、移動方向を示す記号はそれぞれ、直進(Forward)、右前(Right)、右後(Hard Right)、後退(Reverse)、左後(Hard Left)、左前(Left)を表している。また、エージェントの衝突を避けるため、停止状態(Pause:P)を導入している。

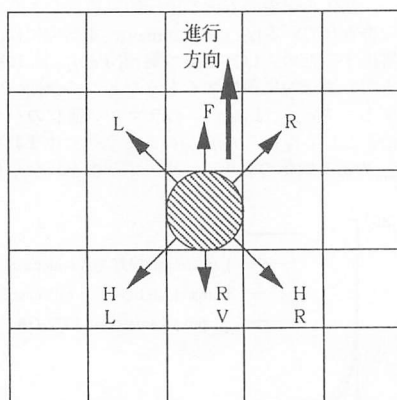


図1 エージェントの移動方向

#### 2.3 出力関数

各エージェントの行動は入力に左右される。エージェントの移動方向に障害物が存在する場合、エージェントの行動は一旦取り消され、わずかに軌道を変えて

移動する。これは、衝突判定を設けることにより実現される。各エージェントの衝突判定は2通りあり、それぞれの行動が7通りあるので出力関数 $g$ は、

$$g = \begin{bmatrix} g_{0,1g}, 2g, 3g, 4g, 5g, 6g, 7 \\ g_{1,1g}, 2g, 3g, 4g, 5g, 6g, 7 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{但し、} \sum_{u=1}^7 g_{0,u}=1, \sum_{u=1}^7 g_{1,u}=1$$

と表すことができる。

### 3 数値実験

上述で定式化した標的追跡型スオームモデル群を用いて数値実験を行う。ここで、各エージェントは、距離の遠近に関わらず標的の位置情報を得ることができる。本シミュレーションでは、エージェント数を100として群行動の実現を試みる。

#### <実験1>

実験1は、仮想空間内に存在する標的の数を1とし、その場に静止しているものとする。又、各エージェントは初期状態として一直線上に縦に並んでいるものとする。

シミュレーション開始後、各エージェントは直線的に標的を目指し、標的に近づくに従い群れとなり、標的を中心に群行動が見られた(図2)。

#### <実験2>

実験2は、実験1に於ける標的が移動する場合のシミュレーションである。各エージェントの初期状態は実験1と同じとする。標的はランダムに移動し衝突回避行動を行わない。

図3に示すように、実験1と同様に直線的に標的に近づき群れになる。このとき、標的を中心に尾を引きながらエージェントの追跡が見られた。

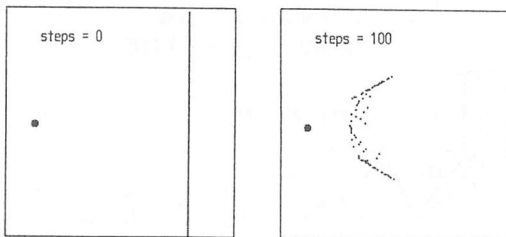


図2 実験1に於けるスオームモデルの群行動

#### <実験3>

実験3では、静止する複数個の標的に対してエージェントが追跡を行う。初期状態として各エージェントを空間内に一様に分布させる。又、エージェントは距離の最も近い標的を目指すものとする。シミュレーションの結果からエージェントは適度に分散し、各標的への追跡を行っていることがわかる(図4)。

#### 4 おわりに

以上の数値実験から単純な機能しか持たない標的追跡型スオームモデルの特徴が確認された。又、本実験では標的を追跡する虫を生成することにより、自然界におけるエージェントの追跡群行動を確かめることができた。今後、移動する複数の対象物を適度に分散して追跡する自律型ロボットへの適用が考えられる。

#### 参考文献

- (1) 福田、古川他：ボルテラ方程式上のパルミターの虫の進化とその応用、FANSIMPOSIUM講演論文集(1993)
- (2) 福田、古川他：パルミターの虫の競争学習に関する研究、学術講演会論文集(1993)
- (3) 星野 力：人工生命の現状と将来への期待、計測と制御(1993)

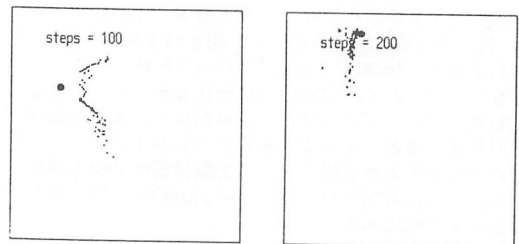


図3 実験2に於けるスオームモデルの群行動

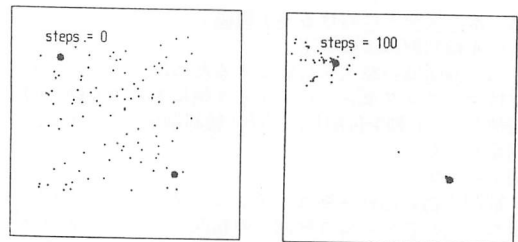


図4 実験3に於けるスオームモデルの群行動