

Boid モデルを考慮した人工生命の群行動の生成

北見工業大学 ○村太宏行, 渡辺美知子

要 旨

本研究では, Craig Reynolds が提案している Boid モデルの群れの中心に向かう結合, 群れの中心から離れる分離, 周囲のエージェントと速度を合わせる整列の単純な 3 つの機能を採用し, 生物界の群れの群行動の獲得や群れによる障害物回避行動の挙動獲得を行う. 最後に, 有効性を確認するために数値シミュレーション実験を行い検証する.

1. 緒言

1987 年, ロスアラモスで開催された第 1 回人工生命国際会議をきっかけに, 人工生命 (Artificial life, Alife) という言葉と概念が大きな勢いで世界中に普及した. 人工生命の提唱者の一人である Christopher Langton らは, 人工生命を「我々の知っている生命 (life · as · me · know · it)」から「生命のありうる姿 (life · as · it · could · be)」になっていくかもしれないと述べている¹⁾.

Craig Reynolds は, 人工生命の一つである Boid モデルを提案している²⁾. この Boid モデルの群行動は, 群れの分離, 整列, 結合の単純な 3 つのルールで自然界の生物の群れを表現している.

本研究では, この Boid の機能をエージェントに持たせることにより, 人工生物の群行動の挙動獲得および生成を行う. 次に, 新たなルールを加えて障害物回避行動の獲得や天敵が出現した時の群行動の獲得と生成を行う. 最後に, その有効性を確認するために数値シミュレーション実験を行い検証する.

2. Boid モデル

Boid モデルは, 1986 年に C. Reynolds によって考案され, Boid の語源は bird · oid (鳥もどき) の略である. また, Boid モデルは単純な 3 つのルールに従うことで, 自然界における鳥や魚などの複雑な群行動をシミュレーションすることが可能である. 以下に, その 3 つのルールについて述べる. なお, 分離, 結合については成瀬氏ら³⁾の提案しているルールを採用し, 整列に関しては新たなルールを設定した.

1) 分離

分離は, センサー領域内のエージェントから離れる機能である. 自エージェントの座標を x , センサー領域内の他エージェントの座標を x_i , x と x_i の距離を d とした時の力の大きさを式(1)で定義する.

$$F_s = -\sum \frac{x_i - x}{d^2} \quad (1)$$

2) 整列

整列は, センサー領域内のエージェントと速度を合わせる機能である. センサー領域内の他エージェントの速度を v_i , センサー領域内の他エージェントの数を c とした時の力の大きさを式(2)で定義する.

$$F_A = \frac{\sum v_i}{c} \quad (2)$$

3) 結合

結合は, センサー領域内のエージェントに近づく機能である. 群れの重心の座標を g , 自エージェントの座標を x , x と g の距離を d_g とした時の力の大きさを式(3)で定義する.

$$F_c = \frac{g - x}{d_g} \quad (3)$$

図 1 は, エージェントを中心とした時の分離, 整列, 結合のセンサー領域と前方を示す.

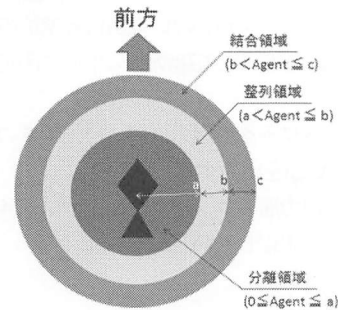


図 1. 分離, 整列, 結合のセンサー領域

3. 目的地へ向かう群行動の獲得

フィールド内に目的地が存在する場合, エージェントは常に目的地に向かって進み続ける機能を有する. 目的地の位置を m , 自エージェントの位置を x , x と m の距離を d_m とした時の力の大きさを式(4)で定義する.

$$F_m = \frac{m - x}{d_m} \quad (4)$$

4. エージェントの障害物回避行動の獲得

図 2 はエージェント群が移動するフィールドを示す. ここで, フィールド中央付近にある 2 つの長方形は障害物であり, フィールド下方領域でエージェント群を初期発生させる.

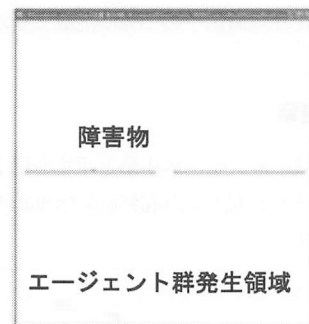


図 2. エージェント群の移動フィールド

エージェント群は障害物に最も近い点 O を求め, 点 O がエージェントのセンサー領域内に入った時, 点 O の逆方向の右か左にランダムに移動し, 障害物を回避する. センサー領域内の O を (O_x, O_y) , 自エージェントの位置を (x_x, x_y) , O と (x_x, x_y) の距離を d_1 , x を中心とした時の X 軸方向と O のなす角度を rad , (x_x, x_y) と $(\cos(rad + r), \sin(rad + r))$ の逆方向の移動距離を d_2 である. また, 左右に旋回する場合を r とすると, 右に旋回する場合は $+0.5\pi$, 左に旋回する場合は -0.5π とした時の力の大きさを式(5), (6)で定義

する。

$$F_{AVx} = -\sum \frac{O_x - x_x}{d_1^2} + \frac{\cos(rad + r)}{d_2} \quad (5)$$

$$F_{AVy} = -\sum \frac{O_y - x_y}{d_1^2} + \frac{\sin(rad + r)}{d_2} \quad (6)$$

図3は、エージェントを中心とした障害物回避行動のセンサー領域を示す。ここで中央に自エージェント、前方の半円をセンサー領域、半円上部のX軸に平行な直線を障害物の一辺、エージェントと障害物間の最短距離の交点をOとする。

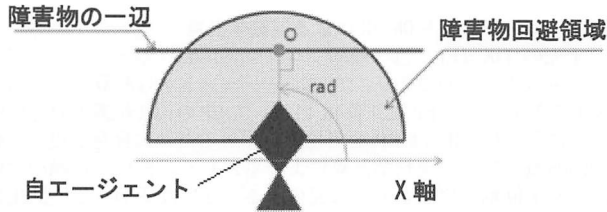


図3. 障害物回避行動のセンサー領域

5. 天敵出現時の群行動の獲得

群エージェントに天敵が出現した場合は、以下のルールが必要である。

- 1) 天敵は、常に最も近いエージェントに接近し、その時の力の大きさは式(4)で与える。
- 2) エージェントはセンサー領域内に天敵を確認した場合、天敵に対して分離の機能が働く。
- 3) エージェントのセンサー領域は、結合と同じ領域を使用する。

6. 数値実験

実験の共通条件と各実験条件を以下に示す。

[実験の共通条件]

フィールドサイズ	: 300×300
エージェントの数	: 100
最大速度	: 1.5

[実験1]

実験1は、エージェント群が目的地に向かう群行動獲得の実験である。群エージェントはフィールド下方に発生させ、フィールド上部の目的地に向かわせる。ここで、図4は群エージェント発生直後、図5は目的地に到達している様子を示している。

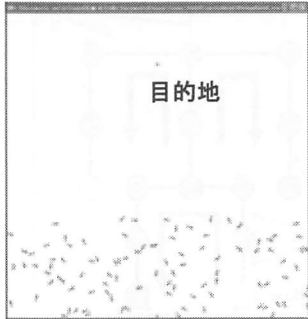


図4. 発生直後

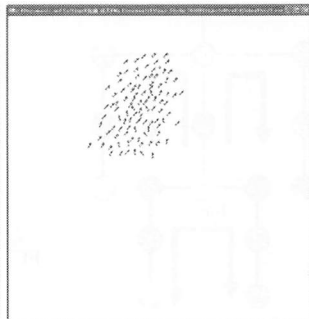


図5. 目的地到達

[実験2]

実験2は、エージェント群が障害物を回避しながら目的地へ向かう群行動獲得の実験である。この実験は、実験1

のフィールドに中央付近の2つの長方形の障害物を配置している。図6は群エージェント発生直後、図7は障害物を回避し、目的地へ到達している様子を示している。

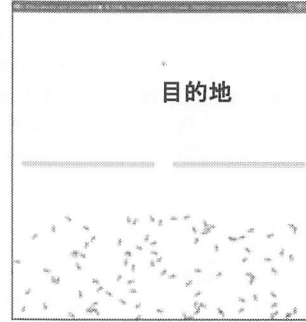


図6. 発生直後

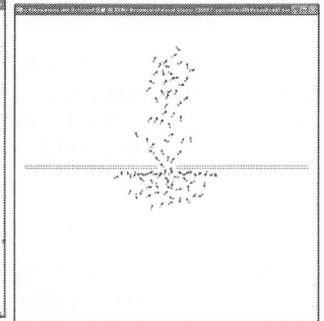


図7. 障害物回避行動

[実験3] 天敵の最大速度: 1.3

実験3は、エージェント群と天敵が存在する場合の群行動獲得の実験である。

実験1のフィールドから目的地を取り除き、フィールド上部に天敵を発生させた。図8は群エージェント発生直後、図9はエージェント群が天敵を回避する様子である。

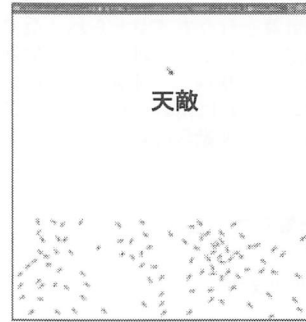


図8. 発生直後

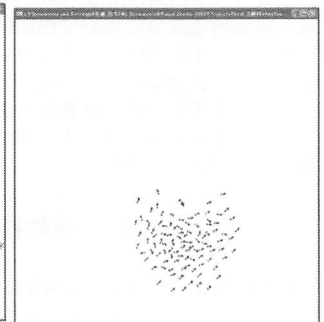


図9. 天敵回避行動

7. おわりに

本研究では、エージェントに Boid の機能や新たな機能を持たせることで群行動の挙動獲得、障害物回避行動の獲得、天敵出現時の群行動の挙動獲得と生成を行った。その結果、以下の事柄が得られた。

1. Boidモデルの基本的な3つのルールを付加することで、各エージェントが適度に距離を保持しつつ群れをなす群行動が確認された。
2. 障害物回避センサーを用いることで障害物を回避し、目的地へ到達することが確認された。今後、目的地の配置位置や複雑な形状の障害物の回避を考慮する必要があることが分かった。
3. エージェントが天敵と遭遇した場合、群れを崩さず天敵から逃げる行動が確認された。今後、天敵がエージェント単体ではなく、群れ全体を認識して追跡する群行動の獲得が課題である。

参考文献

- 1) 人工生命研究会, 人工生命, 共立出版株式会社, (1994)
- 2) Craig.W.Reynolds, "Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model," SIGGRAPH '87 Conference proceedings, vol.21-4, pp. 25-34
- 3) 末永圭吾, 成瀬継太郎, 久保正男, Boidsモデルを用いたマルチエージェントの群れの制御, 本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 2P2-G10 (1)-(2) (2008)