

仮想生物による群行動の創発

北見工業大学 ○飯淵敬太, 渡辺美知子, 鈴木育男, 岩館健司

要 旨

自然界では、鳥や魚に見られるように大きな群れとなって行動しているのが観測される。本研究では、仮想人工生物をエージェントとしてモデリングし、そのモデルにレイノルズが提案している 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機能を用いて群行動の創発を試みる。数値実験では、群行動の創発をシミュレーションにより検証する。

1. 緒言

1987年に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 Reynolds²⁾は、人工生命の一つである Boid モデルを提案している。この Boid モデルは、群れからの分離、群れの整列、群れの結合の単純な3つの機能で自然界の生物の群行動を表現している。

本研究では、仮想人工生物をエージェントとしてモデリングし、そのエージェントに Boid の機能を持たせて様々な群行動の創発を試みるのが目的である。本シミュレーション実験では、フィールド内に Boid 機能をもつエージェント群を生成し、そのフィールド内に目的地を設定して群行動の創発を試みる。

2. Boid モデル

Boid モデルは、1987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。Boid モデルは、Separation (分離), Alignment (整列), Cohesion (結合) という単純な3つの機能を用いて、自然界の鳥や魚などの複雑な群行動のシミュレーションを実現することができる。

以下に Boid モデルの3つの機能について述べる。ここで用いる Boid の分離と結合については、成瀬ら³⁾が提案している機能を採用する。また、整列については、村太ら⁴⁾が開発した機能を採用する。

各エージェントには、それぞれの機能の適用範囲(センサー領域)が設定され、その範囲内に他のエージェントが入ったときにそれぞれの機能が適用される。

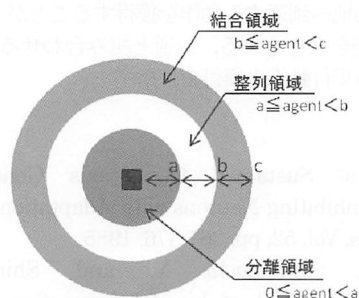


図1. エージェントのセンサー領域

図1は、各エージェントに設定した機能が適用されるセンサー領域を示している。エージェントに近い領域から分離領域、整列領域、結合領域となっている。次に、Boid の機能について述べる。

(1) 分離 (Separation)

図2に示す分離は、センサー領域内のエージェントと近づき過ぎないように距離をとるための機能である。自エージェントの座標を x 、領域内のエージェントの座標を x_i 、領域内の各エージェントとの距離を d_i としたとき、自エージェントの離れようとする力を以下の式(1)で求める。

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

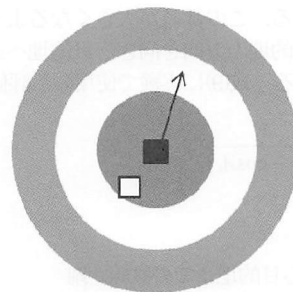


図2. Boid 機能の分離 (Separation)

(2) 整列 (Alignment)

図3に示す整列は、センサー領域内のエージェントと速度を合わせるための機能である。領域内の他のエージェントの数を c 、他のエージェントのそれぞれの持つ速度を v_i としたとき、自エージェントが他のエージェントと整列して進もうとする力を以下の式(2)で求める。

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

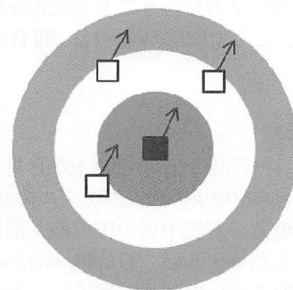


図3. Boid 機能の整列 (Alignment)

(3) 結合 (Cohesion)

図4に示す結合は、センサー領域内のエージェントに近づくための機能である。自エージェントの座標を x 、領域内のエージェントの群れの重心の座標を g 、自エージェントと群れの重心との距離を d_g としたとき、自エージェントが群れに近づこうとする力を以下の式(3)で求める。

$$F_c = k_c \frac{d_g}{d} \quad (3)$$

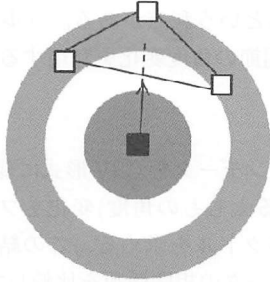


図4. Boid 機能の結合 (Cohesion)

(4) 目的地へ向かうエージェント群の行動獲得

目的地へ向かうエージェント群の行動獲得には、村太らが開発した方法を用いる。

フィールド内に目的地が存在する場合、エージェントが目的地に向かって進み続ける機能を追加する。目的地の位置を m 、自エージェントの座標を x 、目的地と自エージェントとの距離を d_m とするときの自エージェントが目的地に向かう力を以下の式(4)で求める。

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

3. 実験

数値シミュレーション実験では、Boid モデルの機能をもつエージェント群をフィールド内に発生させ群行動の創発を試みた。実験条件を以下に示す。

[実験条件]

フィールドサイズ:	400×400
エージェント数:	50
分離範囲:	$0 \leq x < 20$
整列範囲:	$20 \leq x < 35$
結合範囲:	$35 \leq x < 50$

実験 1

図5は、フィールド内に発生した初期エージェントを群を示す。図6は、エージェント群に Boid 機能を持たせたときの群行動である。

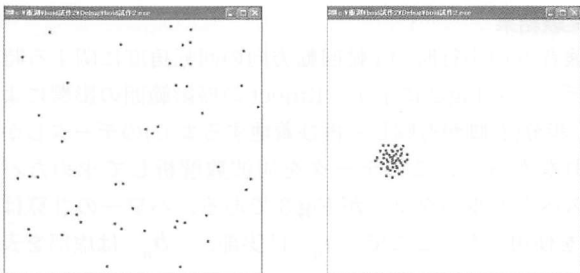


図5. 初期エージェントの発生 図6. エージェントの群行動の創発

実験 2

実験1で採用した Boid モデルの機能に加えて目的地まで向かう機能を採用し、群行動を獲得した状態で目的地に到達するかを検証する。

図7は、エージェント群をフィールド下方に発生させ、目的地を上方に設定した初期配置である。図8は、フィールド上方に設定した目的地にエージェントが到達している様子を示す。図9は目的地を左下に再設定し、図10は、その後エージェント群が目的地に到達している様子を示す。

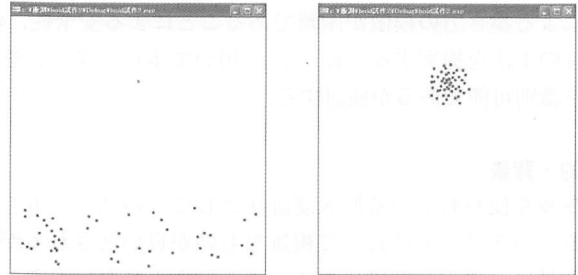


図7. エージェントの目的地の初期配置 図8. 目的地周辺のエージェントの群行動の創発

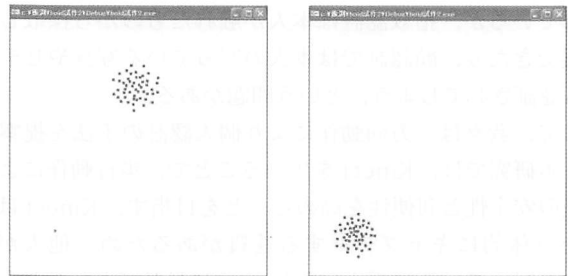


図9. 目的地の再設定 図10. 目的地再設定後のエージェントの群行動の創発

4. おわりに

本研究では、フィールド内に Boid 機能をもつエージェント群を生成し、そのフィールド内に目的地を設定して群行動の創発を試みた。その結果、以下が得られた。

- (1) エージェントが向かう目的地が存在する場合、Boid の3つの機能に従ってエージェントの群行動が創発されていることが確認できた。
- (2) エージェントが向かう目的地が存在しない場合、全てのエージェントが一つの群れとなったとき、その群れを形成した場所からあまり移動しないことが分かった。
- (3) フィールド内でエージェント群が複数の群れを形成する創発も確認された。

文献

- 1) 人工生命研究会, 人工生命-情報と生命と CG の交差点-, 共立出版株式会社, 1994
- 2) C.W.reynolds, "Flocks, herds, and school: A distributed behavioral model," SIGGRAPH,87 Conference Proceedings, vol121-4, pp.25-34,1987.
- 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
- 4) 村太宏行, 渡辺美知子, 群行動の創発, 2010 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, pp63-64, 2010