

疑似生態系モデルを用いた人工生命の群れ行動の解析

3S-4

杉浦 俊一† 松井 藤五郎† 森脇 康介† 犬塚 信博† 伊藤 英則†
†名古屋工業大学

1 はじめに

自然界では多くの生物が群れを成している。そしてそれらが群れを成すには何か理由があると考えられる。そこで本稿では特に天敵から身を守る手段としての群れに注目し、被食者・捕食者の関係で構成された単純な疑似生態系モデルを用いて群れをシミュレートする。またシミュレーションでは遺伝的アルゴリズム(以下 GA)を用いて群れ行動を選択する可能性のある人工生命(以下 AL)とそうでない AL を同条件でそれぞれ進化させ、群れの効果を明確にするとともに、その因果関係について考察する。

2 群れモデル boid

本稿で用いる群れモデル boid は Reynolds, W.C. によって発案されたシステム [1] で、ハリウッド映画などでは既にアニメーション技術として応用されている。従来、群れをシミュレートするときは各個体の経路を逐次記述する必要があったが、boid の場合は3つの基本ルールを各個体に与えるだけで、まるで本物の群れのように振舞うという利点がある。各個体は群れを意識して行動するのではなく、3つのルールに従って行動する個体が多数集まると結果として全体で群れを成す所が大きな特徴である。

boid のアルゴリズムでは、1ステップ前の自分自身の位置ベクトル \vec{p}_m 、その速度ベクトル \vec{v}_m 、自分の視野内の仲間のから受ける各斥力ベクトル \vec{r}_i 、それらの各位置ベクトル \vec{p}_i 及びそれらの各速度ベクトル \vec{v}_i によって次の自分の速度ベクトル \vec{v}_{next} を決定する。その具体的な定義については以下で述べる。また以下の定義中の N は視野内の仲間の総数である。

1. 視野内の仲間との衝突を回避するベクトル

$$\vec{A} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{r}_i}{N}$$

2. 視野内の仲間の速度に調和するベクトル

$$\vec{B} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{v}_i + \vec{v}_m}{N + 1}$$

3. 視野内の仲間の側に留まり続けるベクトル

$$\vec{C} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_i + \vec{p}_m}{N + 1} - \vec{p}_m$$

4. 上記の3つのベクトルの重み付き和によって次の自分の速度ベクトルを定義

$$\vec{v}_{next} = \alpha \cdot \vec{A} + \beta \cdot \vec{B} + \gamma \cdot \vec{C}$$

An Analysis of An Artificial Life's Grouping Action within A Quasi-ecosystem.

Shunichi Sugiura, Tohgoroh Matsui, Kousuke Moriwaki, Nobuhiro Inuzuka and Hidenori Itoh

†Nagoya Institute of Technology

3 疑似生態系モデルによる実験

3.1 AL の遺伝子構造

本稿の実験で用いる3種類のAL(肉食AL, 草食AL, 植物AL)は多出力二分決定グラフ(以下 n-BDD)を遺伝子として持ち、この遺伝子がALの行動戦略を決定する。またn-BDDとはBDDを拡張してn通りの出力を可能としたものであり、本稿のような実験環境では、有限オートマトンやクラシファイア・システムよりも良好な結果が得られることが知られている [2]。またここでn-BDDの入力となるのは、環境から得られる図4に示す知覚情報を表したビット列であり、出力値は図1に示すそのステップのALの行動である。

3.2 実験環境

40マス×40マスのフィールド上に植物ALと草食ALと肉食ALをランダムで配置し、行動戦略の最適化実験を行なう。ただし肉食ALの行動戦略は固定し、草食ALの行動戦略はGAにより進化させる。

肉食ALは近くに草食ALがない限りランダムに8近傍に移動し続け、草食ALが近くにきた場合のみその捕食を試みる。さらにここでの肉食ALは餓死しないものとする。

草食ALは知覚情報をもとに図1に示す walk, runaway, eat, do-nothing, approach, group-together の6種類(群れ行動を選択しないALはgroup-togetherを抜いた5種類)の行動から1つを出力として選択する。草食ALは肉食ALから逃れながら、かつ餓死しないように植物ALを捕食する行動戦略の獲得が期待される。

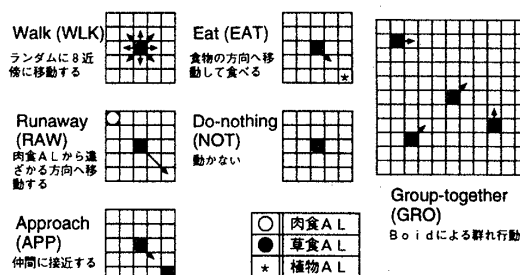


図1: ALが選択できる行動

3.3 GAによる進化方法

同じ遺伝子を持つ8個体を1団体とし、1世代の集団を草食AL6団体から構成し、各団体を独立に評価する。フィールド上で8個の草食ALが生き延びたステップ数の平均を適応度とし、2団体のエリート戦略を用いて次世代の団体を選択する。以下の図2にGAによる進化の流れを示す。

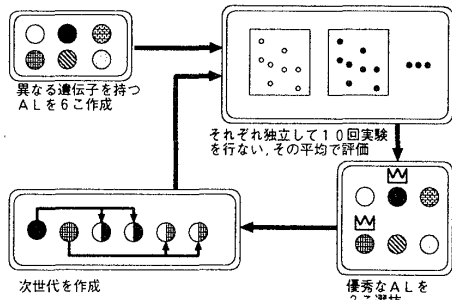


図 2: 進化の流れ

3.4 結果

群れ行動を選択する可能性のある AL とそうでない AL を用いて、それぞれを 250 世代まで進化させた結果を図 3 に示す。ただし実験における結果が乱数に大きく左右されるため、10 回の各世代ごとの適応度の平均値をとった。また図 4 に群れ行動を選択する可能性のある草食 AL の BDD の推移と、その AL が一生で選択した行動の割合を示す。

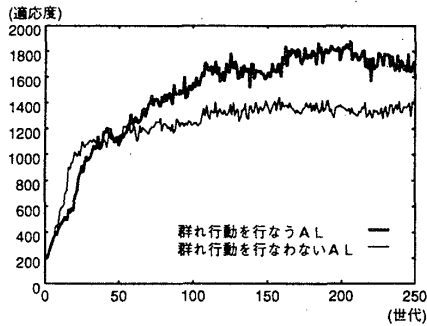


図 3: 世代増加による適応度の推移

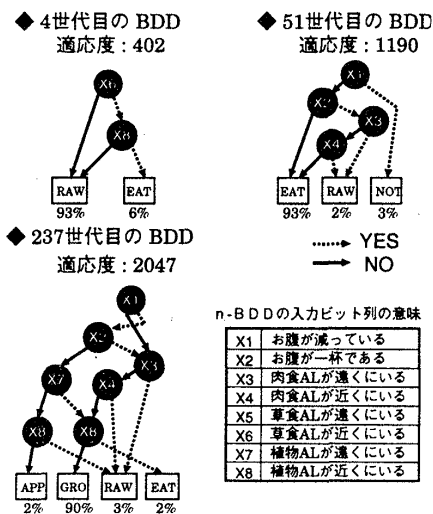


図 4: 草食 AL の BDD の推移

4 群れ行動の解析

まず図 3 を見ると群れ行動を選択する可能性のある AL の方が、そうでない AL に比べて、適応度の収束

値が高くなっているのが解る。また図 4 で 237 世代目の BDD を観察すると、肉食 AL が視野内にいる場合は逃げて (RAW), 植物 AL が近くにある時は食物を求め (EAT), それ以外はほとんど群れ行動 (GRO) を選択しており、群れ行動を加えた適切な行動戦略 (以下 群れ戦略) は有効であることが解る。この原因には大きく以下の 2 つの理由が考えられる。

1. 群れ戦略による AL の視野の拡大

群れに属する各個体が単体でもある程度適切な行動をとる場合、その群れに属し仲間の行動に歩調を合わせることは大変有益であるといえる。例えば、群れの端に属する少数の個体が危険を感知して逃げる行動を実行したとする。その影響を受けて、群れ全体の進行ベクトルが次第に危険な場所と反対方向に向くことにより、群れに属するその他多数の個体も危険を回避することができる。また同様に食物を発見する可能性も大きくなる。ここで重要なのは、群れに属する大多数の個体は視野外の天敵や食物を感知しておらず、ただ boid の規則に従って群れ行動を実行しているだけという点である。しかしこれは結局、視野外の重要な個体に対し適切に対応していることになり、群れ戦略は個々の AL の視野が拡大したものとはほぼ同等の効果があるといえる。

2. 群れ行動による被食による死亡率の減少

これは単に個体が集って行動する点に大きな意味がある。単純に天敵に発見される確率が減少するだけでなく、仮に発見されたとしても、一部の個体が天敵に襲われている間にその他の個体は更に遠方に逃げるので、個体が拡散して行動する集団と比較して、被食による死亡率は減少するものと考えられる。

以上の実験結果及びその理由より、本稿では、捕食者・被食者で構成された単純な疑似生態系モデルにおいて、群れ行動及び群れ戦略の効果が大きいことを確認するとともに、boid の群れモデルがアニメーション技術だけでなく、生存のための行動戦略の重要な部分を成しうることを示した。よって現実の世界においても、主に天敵から逃れる行動戦略を重要とし、boid の様な単純な群れ行動を行なっている生物においては、その生物が自然界の進化の過程で生存競争における有効な行動の 1 つとして群れ行動を選択したことは、必然であったといえる。

参考文献

- [1] Craig W. Reynolds, "Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavior Model", [ACM SIGGRAPH] Computer Graphics 21(4), pp. 25-34, 1987.
- [2] 森脇康介, 犬塚信博, 山田雅之, 世木博久, 伊藤英則, 遺伝的プログラミング技法を用いた多出力二分決定グラフの進化, 人工知能学会誌, 14-3 号, 1999, 載録決定.