

季節変化を伴う食物連鎖シミュレーションにおける 生存戦略の発現

3K-08

高見 敦司 田村 謙次 武藤 敦子 中村 剛士 伊藤 英則

名古屋工業大学 知能情報システム学科

1 はじめに

自然界には異なる種類の生命体が被食と捕食の関係を持ち、それぞれが種族を絶滅させず世代交替する食物連鎖関係が存在している。我々は自然界に存在する生命体を3種類に単純化した生態系モデルにおいて、被食者、捕食者の行動戦略を多出力二分決定グラフ (n-output Binary Decision Diagram ; n-BDD) で表現した食物連鎖シミュレーションに関する研究を行ってきた。本研究では、我々の従来研究になかった概念としてエージェントの行動するフィールドに対し“季節変化”を加えシミュレーション実験を行なった。その結果として、エージェントが季節変化に対応して進化し、新たな行動戦略を獲得する過程およびその獲得戦略を示す。

2 生態系シミュレーションモデル

2.1 エージェントの設定

3種類のエージェント(肉食エージェント、草食エージェント、植物エージェント)がそれぞれ複数個体存在する環境の中で世代交替を繰り返すものとする。各動物エージェントは、自分の周囲から知覚情報を入力として得て、出力としてそのステップ*の自分の行動を決定する。動物エージェントはエネルギー値を持っており、1ステップ毎に行動に応じてエネルギーを消費するものとする。肉食エージェントは草食エージェントを、草食エージェントは植物エージェントを食べることにより各々のエネルギーを増加させる。動物エージェントはエネルギーがある一定値以上を越えると生殖活動を行ない、エネルギーが0になると餓死する。また、植物エージェントは一定周期 T_p 毎に、自分の周囲に種をまいて増殖する。

2.2 フィールドの設定

フィールドは $N \times N$ マスのトーラス状で構成され、3種類のエージェントが配置される。図1に示すように、フィールド上には1つのA季節帯とそれに接する2つのB季節帯が存在する。A季節帯は $N \times M$ 、B季節帯は $N \times K$ のサイズをとる。各季節帯は同じ位置関係のまま一定周期 T_s で左方向へ1マス移動するものとする。ここでは、AB季節帯を総称して“冬”と呼び、“冬”の移動によって季節変化を疑似的に表現する。

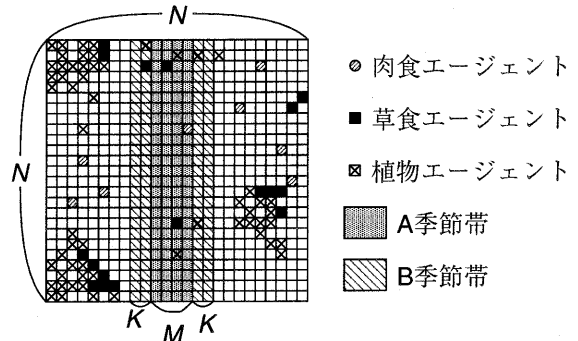


図1: 季節変化フィールド

3 n-BDDの入出力

肉食エージェント及び草食エージェントは遺伝子をn-BDDによって表現する。入力には表1の $X1 \sim X10$ を知覚情報としてフィールドから獲得する。また、出力としては表2に示す5つの行動をn-BDDにより唯一決定し出力する。なお動物エージェントはNOT以外の行動を選択した場合エネルギーを消費する。その消費率はA、B季節帯以外のフィールド上では ρ とし、A季節帯では $n \times \rho$ 、B季節帯では $m \times \rho$ の消費率でエネルギーを消費する。

表1: 入力ビット列(知覚情報)

X1	自分の周囲の温度が低い
X2	自分の周囲の温度が高い
X3	自分が空腹である
X4	自分が満腹である
X5	肉食エージェントが自分の視界の遠くに存在する
X6	肉食エージェントが自分の視界の近くに存在する
X7	草食エージェントが自分の視界の遠くに存在する
X8	草食エージェントが自分の視界の近くに存在する
X9	植物エージェントが自分の視界の遠くに存在する
X10	植物エージェントが自分の視界の近くに存在する

表2: エージェントの行動

walk(WLK)	ランダムに8近傍へ移動する
runaway(RAW)	肉食エージェントから遠ざかる方向へ移動する
eat(EAT)	食物の方向へ移動して食べる
do-nothing(NOT)	動かない
approach(APP)	仲間に接近する

4 n-BDDの遺伝的操作

n-BDDを遺伝的プログラミングとして用いるにあたって本研究では、“突然変異”、“接点追加”、“接点削除”、“交叉”の4つの遺伝的操作を行う。動物エージェントが生殖時に自分の周囲に自分と同種のエージェントがいれば、そのエージェントの遺伝子と自分の遺伝

Some observations on a food chain simulation model under a concept of seasonal change.

Atsushi TAKAMI, Kenji TAMURA, Atsuko MUTOH, Tsuyoshi NAKAMURA, and Hidenori ITOH
Department of Intelligent and Computer Science, Nagoya Institute of Technology
Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan

* 1ステップはエージェントが知覚情報の入力と行動の出力を各1回行なう単位時間である。

子を“交叉”させたものを子供の遺伝子とし、周囲に同種のエージェントがいなければ、自分の遺伝子に“突然変異”，“接点追加”，“接点削除”のいずれかを施したものを子供の遺伝子とする。

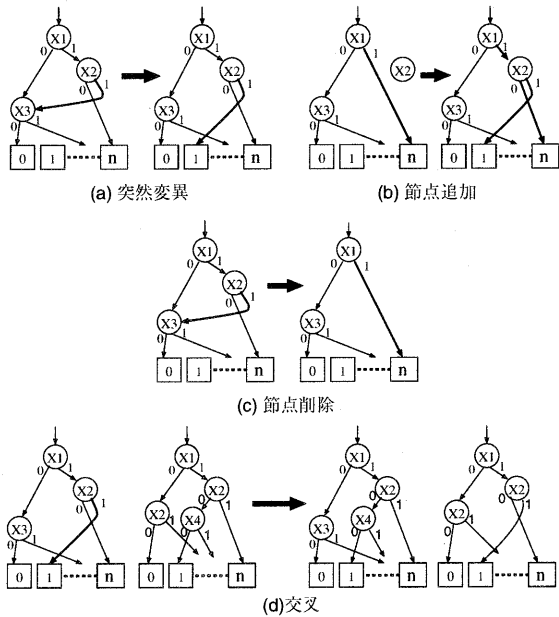


図 2: n-BDD の遺伝的操作の例

5 実験結果及び考察

実験において、フィールドサイズ $N = 150$ 、A 季節帯の幅 $M = 20$ 、B 季節帯の幅 $K = 10$ と設定した。また B 季節帯のエネルギー消費系数 $m = 3$ とした。ここでは、 n を 3 ~ 10、 T_s を 0 ~ 50 の範囲で様々な設定した実験を行なった。なお、各実験は n と T_s を固定して 50 回行なったときの平均適応度を図 3 に示した。図 3 から分かるように、 T_s が長い方が平均適応度が高くなっている。 T_s が長いということはそれだけフィールドの一定箇所における“冬”が長いことを意味し、A 季節帯に位置するエージェントのエネルギー消費は大きくなる。図 4 に最も平均適応度が高かった条

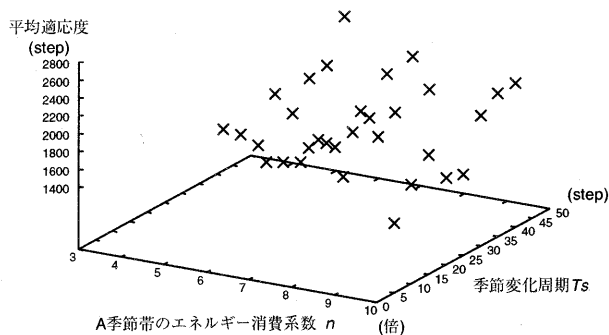


図 3: 平均適応度

件 $n = 6, T_s = 40$ における草食エージェントの n-BDD の進化過程を示す。第 100 世代頃から $X1, X2$ のノードが現れ温度に対応する行動をとるようになる。第 300 世代では、自分の周囲の温度が低い場合は何もしないでじっとする行動をとるようになる。さらに第 800 世代では、自分の周囲の温度が低くても、自分が空腹でない場合は餌を探しに動くようになり、自分が空腹の

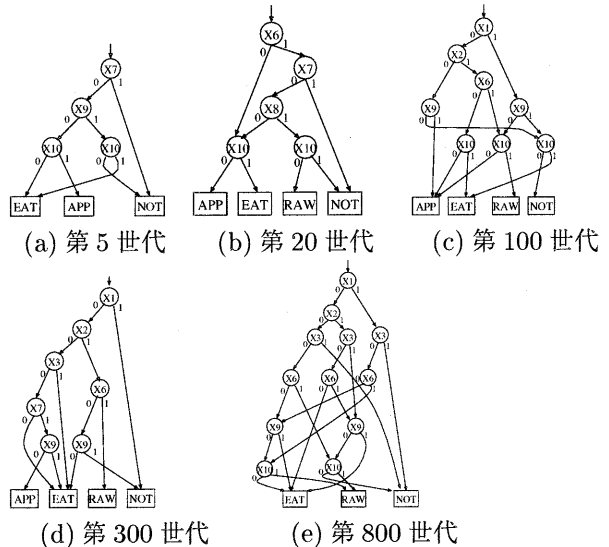


図 4: 草食エージェント n-BDD の推移 ($n = 6, T_s = 40$)

場合は動き回るとすぐに餓死してしまうため動かないでじっとする戦略をとる。

シミュレーションにおいて個体数の増減が周期的に繰り返される安定した時期の種別個体数推移を図 5 に示す。フィールドに季節変化がある場合でもエージェントが進化し適応したことにより食物連鎖が起きていることが確認できる。

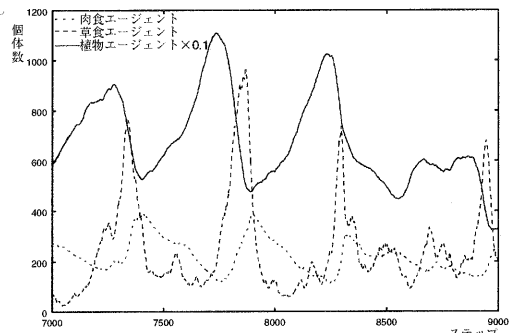


図 5: 食物連鎖時の種別個体数推移 (安定時)

6 おわりに

本稿では食物連鎖モデルに季節変化を加えてシミュレーションを行なった。実験によりエージェントが季節変化に対応して進化し、新たな行動をとることが確かめられた。とくに長い“冬”が存在するフィールドを設定した場合に実世界における動物の冬眠行動に似た戦略をとるエージェントが現れたことは興味深い。しかしながら本稿で扱った動物エージェントの生殖方法は実世界における動物と異なるために、今後新しい方法を実装する必要があると考えている。

参考文献

- [1] 森脇康介, 横井大祐, 犬塚信博, 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”, 人工知能学会論文誌, 14 巻 3 号, pp.477-484, 1999
- [2] 武藤敦子, 犬塚信博, 伊藤英則, “多出力二分決定グラフの APPLY 交叉を用いた交配モデルの提案”, 計測自動制御学会, 第 20 回システム工学部会研究会「人工生命の新しい潮流」, pp.29-34, 2000