

StarLogo を使った分散处理的なモデルのシミュレーション

2008MI116 熊田祐介

指導教員：小藤俊幸

1 はじめに

1.1 研究の動機

ゼミでの講義内で捕食者と被食者の関係性を微分方程式をつかって学習し [2], 規模の大きな数学モデルでも少ない変数から結果を出すことができることに興味を持った。しかし手計算だけでは具体的な経緯があまり見えなかったこと、またパラメータをいくつか作って多くの事象をシミュレーションできなかつたことが心残りだった。

そのため今回の卒業研究では具体的な分散处理的モデルを目で見える形でシミュレーションするため、初心者にも扱いやすく汎用性も高い StarLogo を用いて研究にあたった。モデルに関しては講義内でも取り扱った被食者と捕食者を応用した「草とイナゴとカマキリ」のモデルを、またパラメータを 11 つ持たせることにより様々な条件下でのシミュレーションが可能とし、現在地球にいるイナゴとカマキリの生態に沿った数値を入れることにより数年後のイナゴとカマキリの種の相互作用をシミュレーションできるモデルやイナゴやカマキリの進化や突然変異が起こった場合のモデルなどのシミュレーションを重ねることにより種の相互作用に規則性があるか否かを研究していく。

2 StarLogo について

StarLogo には碁盤の目のように仕切られた領域 (グラフィックキャンバス) がシミュレーションの行われる舞台として存在しており、この世界には 3 つの住人が存在する。第 1 の住人は patch と呼ばれる世界を構成する敷き詰められた正方形の細かい 1 つ 1 つのタイルのことである。patch には 1 つ 1 つに色をつけることもできる。第 2 に人工的な生き物である turtle が存在して、本物の亀のように生まれたり、動いたり、死んだりする。この turtle は patch が敷き詰められた世界にしか存在できず、1 枚 1 枚の patch の上に存在する。またこの turtle は例えば猫と犬のように異なった種ごとにグループを作る事が可能であり、そのグループ 1 つ 1 つを breed と定義できるため複数の生物の動きもシミュレーション可能となる。第 3 に patch 上に敷き詰められた世界には存在しない observer がある。この observer は turtle と patch を観察したり、制御したりする。この observer は StarLogo を操作するわれわれ人間ともいえる。[1]

3 草とイナゴと捕食者

3.1 導入

今回私が取り組む具体的な研究内容は「草とイナゴと捕食者」という種の分散处理的モデルである。プログラミングに依存しないパラメータ (スライダ値) を設定していくことにより多くの事象のシミュレーションを行

うことができ、イナゴの個体数と捕食者の個体数などの変化を比較的考察していく事が可能である。

3.2 定式化

この問題において草、イナゴ、捕食者の 3 つの生物がかかわってくるため、この 3 つの生物について 1 つ 1 つをモデル化してみる。

● 草 (patch) について

1. 草は「太陽光エネルギー」で指定された割合で成長し、イナゴに食べられる。
2. 草は密度に応じた色合いで patch を緑色に染める。また草のない砂漠化した土地は patch を黄色に染める事とする。
3. 砂漠化した領域には草の種子による拡散でのみしか草が発生しないとする。

● イナゴ (breed) について

1. イナゴはそれぞれ異なった年齢と生命力をもち、歩き回ることによって生命力を消費し、草を食べることによって生命力を得る。
2. 「イナゴの捕食率」の値から食べる草の量と草から得る生命力が出る事とする。
3. もしイナゴの生命力が「イナゴの産卵に必要な生命力」を超えていてイナゴの年齢が 2 歳以上の時、生命力を 5 減らし新たなイナゴ (生命力:10, 年齢:0, 死の宣告:0) を発生させる事とする (雌雄の判別なし)。
4. イナゴは 0 ~ 360 度の方向に 1 歩進む事とする。
5. 捕食者に食べられるか、「イナゴの寿命年齢」を超えるか、生命力が尽きること (死の宣告) が 3 回以上連続すると死亡する事とする。

● 捕食者 (breed) について

1. 捕食者はそれぞれ異なった年齢と生命力をもち、歩き回ることによって生命力を消費し、イナゴを食べることによって生命力を吸収する。
2. 同じ patch 上にいるイナゴの内 1 匹を死亡させ、「捕食者の生命力吸収量」の値だけ自分の生命力に加算する。
3. もし捕食者の生命力が「捕食者の生産に必要な生命力」を超えていて捕食者の年齢が 5 歳以上の時、生命力を 20 減らし新たな捕食者 (生命力:20, 年齢:0, 死の宣告:0) を発生させる事とする (雌雄の判別なし)。
4. 移動の際、もし同じ patch 上にまだイナゴがいる場合 0 ~ 360 度の方向に 0.1 歩動き、いない場合には 0 ~ 19 歩動く。

5. "捕食者の寿命年齢"を超えるか、生命力が尽きること(死の宣告)が3回以上連続すると死亡する。

3.3 スライダー値

導入でも示したように何度もシミュレーションを重ねるため、いくつかのスライダー(これで設定された値を変数としてプログラム中に使用できる。)を以下のような変数名で表す。

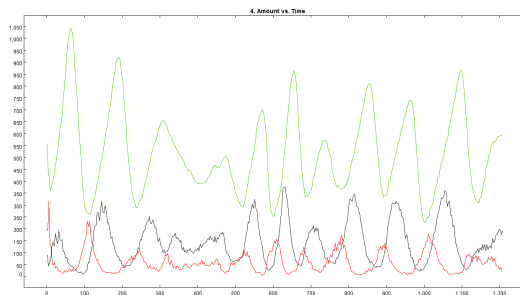
変数名	内容
solar-gain	"太陽光エネルギー"
ghs-num	"初めに配置するイナゴの個体数"
pred-num	"初めに配置する捕食者の個体数"
ghs-max-age	"イナゴの寿命年齢"
pred-max-age	"捕食者の寿命年齢"
ghs-birth-thresh	"イナゴの産卵に必要な生命力"
pred-birth-thresh	"捕食者の生産に必要な生命力"
ghs-eat-rate	"イナゴの捕食率"
pred-life-gain	"捕食者の生命力吸収量"
ghs-birth-age	"イナゴの出産年齢"
preds-birth-age	"カマキリの出産年齢"

4 シミュレーション結果

検証にあたって大きく二つの事に分けて考えていく。一つは現実的なモデルの検証を行う。実際に今地球にいるイナゴやカマキリの生態系を調べることにより現実的な数値でのシミュレーションが可能となる。もう一つは仮想的モデルでの検証を取り扱う。例えば生態系に異常が出た場合の種の相互作用をシミュレーションすることができる。

4.1 現実的モデル

現実に近い一部のモデル検証した結果、イナゴが先に絶滅することにより、餌の無くなったカマキリも絶滅し、その後草が生えすぎる結果となった。しかし多くは図 4.1 のように 1000 年以上経過してもどちらも絶滅せずお互いに増減を繰り返すモデルができた。



生き残ったモデルのグラフ

4.2 仮想的モデル

先ほどの現実的モデルを基準とし、生き物の急激な大量発生もしくは大幅な減少、生き物の生態異常による寿命の変化を基にシミュレーションをした結果

- 大量発生したモデル

1. カマキリの初期配置の数を基準から 80 以上増やすとカマキリが絶滅したが、イナゴは消滅せずに生き残った。
2. イナゴの初期配置の数を基準から 100 以上増やすとカマキリが絶滅し、その後餌を食いつくしたイナゴが絶滅した。

• 寿命が変化したモデル

1. カマキリの年齢を基準から約 4 倍以上の時にはイナゴが絶滅し、その後カマキリが絶滅する。
2. イナゴの年齢を基準からいくら挙げても両種が絶滅することはない安定した。

5 おわりに

現実的なモデルに関して、見積もれなかったスライダー値の値にもよるが多くは双方ともに絶滅しなかった。グラフを見てもわかる通り一方が減ればもう一方が増え、逆に一方が増えればもう一方が減る傾向が見られたため種の相互作用があるといえる。実際の環境に基づいたモデルであるため絶滅しなかった結果は当前であるが、シミュレーションによって導けたことはこの研究が成功したといえる。

また見積もれなかったスライダーの値によっては双方が絶滅するモデルも見られたため、見積もれなかったスライダー値も種の相互作用には関連している事が推測できる。

仮想的モデルの結果からはある一定の範囲内でのスライダー値の変化があっても双方ともに絶滅せず種の存続ができること、またスライダー値にもよるがイナゴだけ永久的に存続できるモデルもあったことがわかった。

この結果から多少の環境の変化や生態系の異常や進化は種の存続には問題がないことが推測できる。例えば現代でも蝗害(こうがい)とも呼ばれるイナゴの異常発生がある周期毎に起こるといえる。しかしイナゴの異常発生により稲の被害が増えることがあっても稲やカマキリなどの捕食者が絶滅する事がないようにある程度の範囲内の生態の異常は種の存続に問題がないことが分かる。このシミュレーションも信頼性があるといえる。

今回行った研究はあくまでも理想的な条件でのシミュレーションである。雌雄の判別や共食いの有無のプログラムをつけられなかったことが心残りだが、実際に種の相互作用がある事や種の存続にある程度の範囲があるのではないかという推論が見いだせたことがこの研究での成果である。

6 参考文献

参考文献

- [1] 本郷 健: 編著 齋藤 実/須藤 崇夫/堀口 真史: 著 『Star-Logo プログラミング情報教育にいかす分散処理シミュレーション』。電機大出版局, 東京, 2009。
- [2] D・バージェス/M・ボリー: 著 恒田 高夫/大町比佐栄: 訳 『微分方程式で数学モデルを作ろう』。日本評論社, 東京, 1990。