

非発現性遺伝子を含む遺伝的プログラミングを用いた植物の分布と進化

函館高専 ○大宮 健太, 野田 陽子, 竹原 直美, 石若 裕子

要 旨

本研究では、実際の遺伝子の構造や特徴を考慮し遺伝的プログラミングに応用することで人工生命における創発を目指すものである。本論文では、遺伝的プログラミングの前段階にあたる遺伝的アルゴリズムを用いて、環境適応能力を持つ個体「植物」の分布、進化をシミュレーションし、創発の発生について検討する。

1. 始めに

本研究は、空想の大陸上で大気の流れや空想植物の進化・分布をシミュレーションする空想大陸シミュレータの一部で、空想植物の分布・進化のシミュレーションを行うものである。

人工生命とは生命の特徴や振る舞いを抽出して工学的にシステムを構成する研究分野である。現在までに、Tomas Rayの「Tierra」^[1]やJeffrey Ventrellaの「Disney Meets Darwin」^[2]等のその他様々な人工生命が考案されている。

本研究では、進化計算の一つである遺伝的プログラミング(GP)^[3]を用いて人工生命における創発を目指す。実際の遺伝子には、存在していても表現としては現れないものがある。それを表現する為に「GPの遺伝子構造を二重構造(表と裏)とし、裏の遺伝子は表の遺伝子によって一意に決定される」と仮定する。この仮定によって、遺伝子に発現性・冗長性を持たせる事により植物は更なる多様性を獲得するだろう。

本研究では、GPの前段階である遺伝的アルゴリズム(GA)について検討する。

2. 環境設定

二次元空間にて環境適応能力を持つ植物の分布・進化シミュレーションを行う。又、この植物と呼ばれる個体の外観はマンデルブロ集合やジュリア集合等の様々なフラクタルとし、遺伝子にはフラクタル描画の為のパラメータを持つ。以下、シミュレーション環境について説明する。

2. 1 土地

二次元格子状の土地それぞれに風と三種類の養分等の土地情報を持たせる。風は一定時間ごとにランダムに向きと強さを変え、土地の養分は植物の養分摂取によって減少し、植物の死亡によって増加する。

2. 2 植物の遺伝子

以下に植物が持つ遺伝子情報とその説明を示す。又、図1は遺伝子情報間の関係を示す。

[形態情報] 表現型

- ・フラクタルの種類
- ・反復回数 描画図形の複雑さ
- ・色 (RGBの各値)
- ・最大サイズ 描画の縮尺

[機能情報] 遺伝子型

- ・胞子の数量 生成する次世代の数
- ・胞子の質量 移動しやすさ
- ・耐乾燥因子 水分に対する耐性
- ・日照因子 日光の養分変換係数
- ・適応土壌因子 土壌からの養分摂取係数

又、各遺伝子情報間にはトレードオフ関係があり、胞子の数量と胞子の質量、適応土壌因子の三種類の養分、日照と最大寿命と最大長等である。

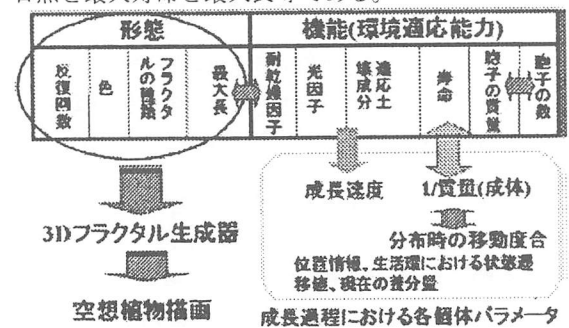


図1. 遺伝子情報とトレードオフ関係

2. 3 植物の状態遷移(生活環)

植物は胞子期、成長期、成体期の3状態を遷移する。図2は、植物の生活環をあらわしている。以下に各状態の詳細を記述する。

(1) 胞子期

風の強さが0で着地とし、移動時は距離を次式で決定。
 $(風の強さ) \times [1 - \{(胞子の質量) / (胞子の質量最大値)\}]$

着地後に土地との適応判定の後に発芽し、成長期へと遷移する。

(2) 成長期

養分の摂取と消費を繰り返す、個体自身の大きさや質量などを更新する。

(3) 成体期

個体は浮上し風に乗って分布する。分布の最中の衝突を選択方法とし、衝突した2個体間で交叉、突然変異等の遺伝的操作によって次世代を作成し、胞子として周囲に分布させる。又、衝突せずに落下した際にも周囲に胞子を蒔く。



図2. 植物の生活環

2. 4 個体選択戦略

GAにおいて、遺伝的操作に関わる諸戦略はGAの特性を決定する重要な要素のひとつである。個体が分布する際の衝突において、選択、交叉、突然変異などの遺伝的操作を行う。これは、本シミュレーションでは適合度を計算していない為に、従来の選択方法が適用できないからである。

3. 遺伝的プログラミング (GP)

GPはGAの遺伝子構造を拡張した手法である。各遺伝子座をノードとして記号を持たせ、ビットストリング構造から木構造やグラフ構造にした点の変更点である。

特徴は

- ・ 遺伝子コードが可変長である事
- ・ GAよりも解の自由度が高い事
- ・ 関数、プログラム、式の自動生成が可能である事である。

ここでは、木構造を二重に持つ遺伝子構造を用いて遺伝的プログラムを適用する。また、裏の遺伝子は表の遺伝子によって決定される。二重構造を用いることによって、交叉や逆位に従来以上の組み合わせが可能となる。

二重構造のうち、パラメータとして用いられるのは表側の遺伝子のみとする。交叉や、突然変異によって裏側の遺伝子が表側になれば、今まで発現されなかった遺伝子が発現することとなる。

4. シミュレーション結果

植物が土壤条件に適合して、より効率よく養分を摂取できるように進化出来る事を目的としてシミュレーションを行った。

シミュレーションのパラメータを以下に示す。

GAのパラメータは、初期個体数50個体、突然変異率5%、交叉手法二点交叉とした。また環境設定として、土地の大きさ50×50、胞子の大きさ1マス、一回の分布の範囲を周囲5×5マスにランダム配置した。種の定義三つの土壤成分を比較し、同じ土壤成分に適応したものを同種とした。

土地情報として、シミュレーションは二次元格子状の土地において行われ、各地域の基本土壤成分は表1に示す。又、風の強さは0から5の六段階、風は4方向とした。各状態の植物の表示記号を図3に仮定する。

表1. 土地の基本養分量

	養分1	養分2	配置
土壤1	30	0	上半分
土壤3	0	30	下半分

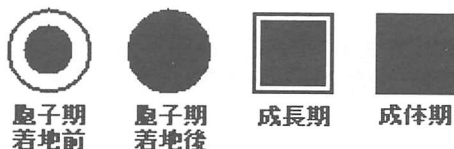


図3. 植物の表現方法

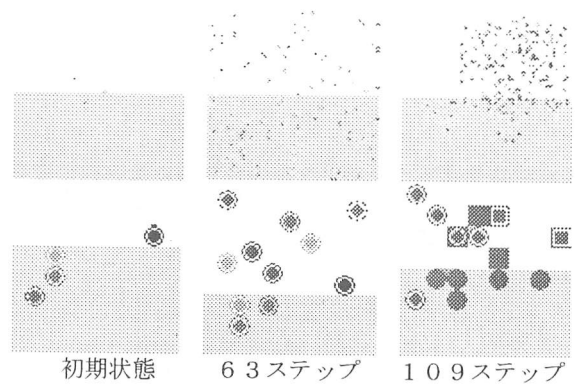


図4. シミュレーション結果

図4の上側はシミュレーションの実行結果、下側はその中心部から90×90pixel切り出した拡大図である。又、本シミュレーションでは、全個体が一動作を行う事をステップと呼んでいる。図5に経過時間における種族の移り変わりを示す。図5より、時間が経過するにつれて、新しい種族が生まれているのが分かる。このことから、土壤成分に適応していっていると言える。しかし、二点交叉でランダムに交叉点を決定しているため、次第に適応土壤成分の値が規定の16を超える個体が増えてきた。

5. まとめ

分布は拡大したが、交叉によって値が規定外になってしまいうまくいかなかった。今後の課題としては、問題解決のために、今回は考慮していなかった裏遺伝情報を付加する。又、本シミュレーションを遺伝的プログラミングに拡張し、発現性や冗長性といった遺伝子の特徴を考慮する事で創発が起こることを期待する。

謝辞

本研究発表の内容の一部はIPA主催の『未踏ソフトウェア創造事業(未踏ユース)』で採択された開発テーマの一部で行われています。

参考文献

- [1]Thomas S.Ray : An Approach to the Synthesis of Life 1992
- [2]Jeffrey Ventrella : Disney Meets Darwin:IEEE Computer Animation '95 1995
- [3]WlfgangBanzhaf, PeterNordin, RobertE.Keller, Frank D.Francone (伊庭齊志 新田徹 訳) : 遺伝的プログラミング、科学技術出版、2000

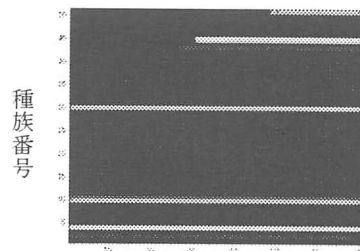


図5. 種族の移り変わり