

○ 坂無 英徳 (北大工), 嘉数 侑昇 (北大工)

情報処理の新しい流れとして、生物組織や生物行動を規範とした ALife (Artificial Life, 人工生命) 的なアプローチが提案されている。これは生物や生態系の持つ柔軟な適応性や進化などの特性を学習システム等に取り込もうとする新たな試みで、近年国内外で大きな注目を集めている分野である。本研究では、与えられた環境内で生存するために最も有効な戦略を獲得すべく、相互作用を及ぼし合うプログラムコードで構成された個体群の進化モデルを構築する。そして計算機実験を通じて、各個体の餌選択戦略の獲得に関して提案モデルの特性を議論し検討を加える。

1. 緒言

1つの市場を巡る企業間の争いなどに見られるように、競争のある環境では優秀な戦略を発現し、実行したものが最後まで生き残ることができる。同じことが自然界にもいえ、戦略の優劣がその個体の生存能力を決定している。

ALife 研究は、このような自然界に対するアナロジーから生まれ、生物組織や生物の行動様式を規範として生物や生態系の持つ柔軟な適応性や進化といった特性を取り込んだ、全く新しい情報処理機構の構築を目指す研究分野である。その中には、探索手法である遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) やその拡張¹⁾²⁾といった工学的色彩の非常に強いものや、Tiera³⁾ や CZoo⁴⁾ に見られるような、疑似生態系における生物としてのプログラムコードの進化に関する研究などが見られる。

GA や Tiera, CZoo はいずれも進化、すなわち環境による選択を、個体の性能を向上させる駆動力としたシステムであるが、そこには以下に示す2つの決定的な相違がある。1つ目は個体の性能が GA では評価関数によって与えられる一方、Tiera や CZoo では評価関数は存在せず、巧みな生存戦略を獲得した個体だけが子孫を増やして繁栄するという点である。第2はそれらの表現方法である。一般の GA は評価関数最大化を目的として解を表現するのにに対し、Tiera や CZoo の各個体は子孫繁栄を目的として、そのための手続き、戦略を表現している。

本研究では与えられた環境内で生存するために、進化や競合を通して最も有効な戦略を獲得することを目的とする。そのために空間内に分布している資源を餌として獲得、保持を行いながら、相互作用を及ぼし合う単純な個体群の進化モデルを構築する。そして計算機実験により、提案したモデルの挙動を観測し、簡単な考察を加える。

2. 提案モデル

ここで提案するモデルは個体群、遺伝子プール、個体群が実際に行動する環境としてのフィールドからなる (Fig.1)。

提案モデルにおける個体群は疑似並列的に行動する。実際には、各個体には制限時間が割り当てられ、また各行動には消費時間が設定されており、各個体は行動する毎に累積する消費時間が制限時間以内である限り行動し続け、超過すると処

理は次の個体に移る。

遺伝子プールには行動手続き、すなわち戦略が書かれているため、各個体は遺伝子プール内の命令を順番に読み出して行動を行う。

個体がとり得る行動は、環境に対する行動と遺伝子プールに対する行動、両方に対する行動の3種類ある。環境に対する行動として移動 (Forward, TrunRight, TurnLeft) や、餌の獲得および他個体への攻撃 (Attack) などがあり、遺伝子プールに対する行動はプログラムフローの分岐 (IfJump, IfNotJump, Call, Return) や自己認識 (fSearch, bSearch) など、両方に対する行動は観測 (Sense) や自己複製 (Allocate, Divide) などがある。本報告では3種類の合計で16個 (4bit) の命令を用意した。

遺伝子プール

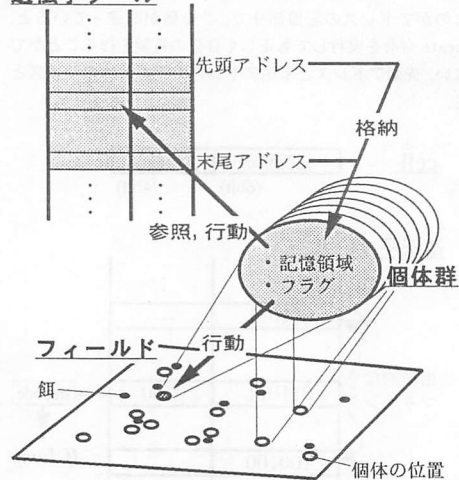


Fig.1: 提案モデル

2.1. 環境

環境として、トーラス状の2次元フィールドを用意した。フィールドには位置固定の餌が複数存在しており、各個体はこれらの餌全てを保有し、さらに自分の子孫を増やすことを

それぞれの目的とする。個体は餌と一定距離内まで接近することでその餌を保有することができる。また他の個体と一定距離内まで接近すると、その個体を攻撃することができ、成否は保有している餌の価値の総和で決定される。ここで餌の価値とは、餌に割り当てられた本来の価値をその餌を保有している個体の総数で割った値である。

2.2. 遺伝子プール

遺伝子プールは cell を単位とした空間であり、全て {0,1} で記述されている (Fig.2)。cell は送受信部 (6bit) と行動部 (4bit) から構成される。行動部は文字どおり個体のとる行動を示しており、各個体はここに書かれた文字列を復号化して生成される命令にしたがって行動する。送受信部は jump 命令や search 命令などで使用される。jump 命令を例にとり説明すると、ある個体が jump 命令の書かれたセルを読んだとき、そのセルを中心に、その送受信部と相補的にマッチする送受信部をもつセルを探し、見つかった場合は制御ポイントをそこに移し、見つからなければ単にポイントを 1 増加させる。また jump 以外の命令実行後、制御ポイントは自動的に 1 増加する。

各個体は遺伝子プール内の自分の領域の先頭アドレス、末尾アドレスの記憶部分、jump 命令を行うかどうかを制御するためのフラグ、Call 命令用のポイントスタックをもつ。重要なのがアドレスの記憶部分で、この値が間違っていると、Allocate 命令を実行しても正しく自分の複製を作ることができない。先頭アドレスと末尾アドレスの差を個体のサイズとする。

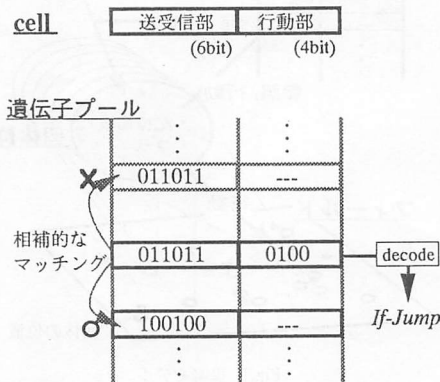


Fig.2: 遺伝子プール

3. 計算機実験

Fig.3 に示すフィールドを設定し、Sense しながら、右に餌があれば TurnRight, 左ならば TurnLeft, それ以外ならば Forward, Attack, Allocate, Divide を繰り返すようにプログ

ラムした、サイズ 21 の個体を祖先としてシミュレーションを行った。

10000 世代後、最も優勢だった個体種はサイズ 14 で、Forward, Attack, Allocate, Divide を繰り返すだけのものであった。この種が優勢となった原因としては以下の 2 つが考えられる。

- このフィールドでは Fig.3 の矢印に示すとおり、斜めにさえ進んでいれば全部の餌に接触できる。
- 自己複製 (Allocate) を行うとき、遺伝子プール内に連続領域を確保しなければならないため、サイズは小さい方が有利。

以上のように、提案した ALife のモデルにおいて、単純ではあるが環境に適した戦略をもつプログラムコードが進化によって形成されることを確認した。

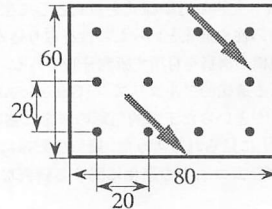


Fig.3: 実験で設定したフィールド

4. 結言

本研究では、与えられた環境内で生存するために最も有効な戦略を獲得するために、相互作用を及ぼし合う、プログラムコードで構成された個体群の進化モデルを構築した。そして計算機実験により、提案したモデルの挙動を観測し、簡単な考察を加えた。

参考文献

- 1) Y. KAKAZU, H. SAKANASHI and K. SUZUKI: Adaptive Search Strategy for Genetic Algorithms with Additional Genetic Algorithms, *PPSN'92*, North-holland, pp.311-320 (1992).
- 2) 坂無英徳, 鈴木恵二, 嘉数侑昇: 遺伝的アルゴリズムにおける探索戦略の制御, *情報処理学会論文誌*, Vol.34, No.4, pp.755-763 (1993).
- 3) T. S. Ray: An Approach to the synthesis of Life, *Artificial Life II*, Addison-Wesley, pp.371-408 (1991).
- 4) J. Skipper: The Computer Zoo—evolution in a box, *Toward A Practice Of Autonomous Systems*, The MIT Press, pp.355-364 (1992).