

機能の異なる複数の人工蟻への遺伝的プログラミングの適用

宗久・丹沢研究室 T03KF009 木原 和則

1. 研究目的

遺伝的プログラミング(以下 GP)を人工蟻(以下 Ant)の餌集め問題へ最適化の手法として応用させる。

また、機能の異なる複数の人工蟻の行動の進化を確認する。

2. 人工生命

人工生命とは人間によって設計・製作された生命全般を指す。今回の研究ではソフトウェアで構成された「人工蟻」という人工生命を扱う。

3. 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム(以下 GA)とは自然界のシステムの適応過程を説明し、生物の進化のメカニズムを模倣する人工モデルとして提唱された。

現在では最適化、適応、学習のための方法論として注目、研究されている。

4. 遺伝的アルゴリズムの動作

GAでの主な動作は以下の3つに分けられる。

- ・再生 世代 t の中から次世代(世代 $t+1$)に残す個体を条件にしたがって選択し、世代交代する。
- ・交叉 個体 A と個体 B からそれぞれ交叉点を選出し、交叉点以下のノードを入れ替える。
- ・突然変異 個体のノード別のノードに変化させる。

これらの動作によって個体のパラメータ(今回の実験においては Ant に対する命令)を変化させながら最適化を行っていく。

5. 1 遺伝的プログラミング

遺伝的プログラミングとは、GA の遺伝子型を拡張し、構造的な表現を扱えるようにしたものである。ここでの構造的な表現とは、グラフ構造や木構造のことを指す。

5. 2 GP の表現方法

今回のプログラムでは図1のような木構造を扱う。

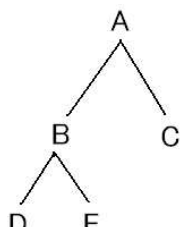


図1. 木構造

なお、この時次の用語を定義する。

- ・ノード: 記号 A, B, C, D, E のこと
- ・根(ルート): A
- ・関数ノード: A, B, C
- ・終端ノード: D, E

6. 1 GP の人工蟻の餌集め問題への適用

・実験の概要

GP によって1匹の人工蟻の進化を確認する。

今回の実験において Ant は 32×32 のマス目の世界に存在する。マス目上の 100 箇所には餌が配置されており、Ant はこの餌を集めることを目的とする。

Ant の行動に対する命令を格納したルール木を用意する。木は関数ノードと終端ノードを持つ。

Ant は生成された木にしたがって動作する。

Ant は動作を行う度にエネルギーを1消費する。領域内に散らばっている餌をすべて発見できるよう、Ant の行動(木構造)を進化させていく実験である。

6. 2 適合度の評価

Energy=1000 として生成された Tree にそって Ant を動かし、終端ノードを評価するたびに

Energy = Energy - 1 とする。

Ant が餌の位置に到達したら World 上からその餌を消し、適合度を +1 する。

以上を Energy が 0 になるまで繰り返す。

6. 2 適合度の評価

図2に実験を行った際の適合度の推移をグラフとして示す。

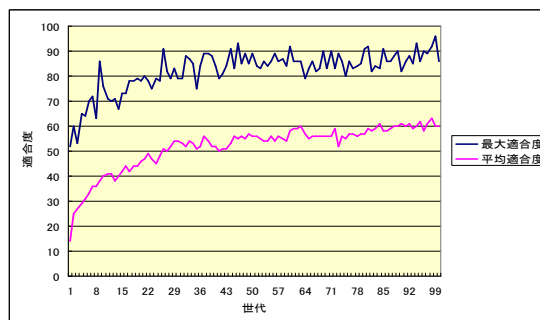


図2. 適合度の推移

7. 1 複数の人工蟻を用いた実験

・実験の概要

一度に複数の蟻を動かし、餌を巣に運ぶという行動を進化させていく実験。

20 匹の Ant が World に同時に存在し、1つの集団には1つのルール木が存在する。

・1 匹の人工蟻を扱った実験と異なる点

Ant は餌を保持している場合にフェロモンを落としながら巣に帰ってくる。ほかの Ant はフェロモンをたどりながら餌を探すことができるという「協調行動」が発生する。

・今回の実験で設定した World を図3に示す。

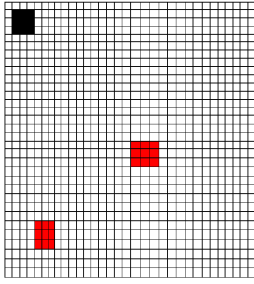


図3. World2

図の黒い部分が Ant の巣.

図の赤い部分は餌の山であり、 3×3 のマス目上に 9 個ずつ餌が配置されている

7.2 適合度の評価

ルール木に従って Ant を動かす. 終端ノードを評価したら次の Ant を動かす.

Ant が餌を保持している状態で巣に到達したならば適合度を+1する.

すべての Ant が 200 回行動したら終了.

7.3 実験結果

図4に複数蟻を用いた実験を行った際の適合度の推移をグラフとして示す.

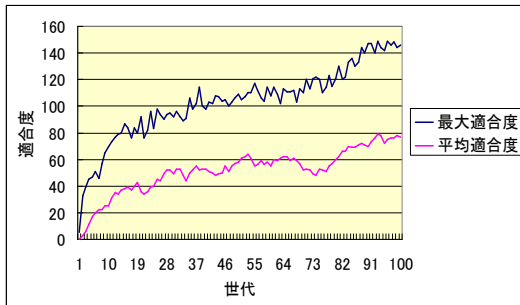


図4. 複数蟻の適合度推移

8.1 2種類の異なる行動をする人工蟻の実験

これまでの実験で GP を適用することで単体の人工蟻の場合でも複数の人工蟻の場合でもその行動が進化していくことが確認できた.

今までは1つの集団に1つのルール木があり、それにしたがって Ant を動かしていたが、複数のルール木を1つの集団に持たせることでより多彩な行動ができるようになり、適合度ももっと良くなるのではと考えこの実験を行った.

・実験の概要

複数蟻の実験と同じ設定で実験を行う. 木のノードだけ前項の実験と異なる2つの種類 (グループ) を用意する. ノードの種類を A, B とすると,

- ・A の種類の Ant20 匹だけの集団
- ・B の種類の Ant20 匹だけの集団
- ・A の種類の Ant10 匹と B の種類の Ant10 匹の集団

をそれぞれ進化させた場合の適合度の推移を確認する.

8.2 実験結果

図5に2種類の異なる行動をする人工蟻の実験を行った際の適合度の推移をグラフにして示す. 上から B の蟻, A の蟻, A と B の蟻を同時に存在させた場合になっている.

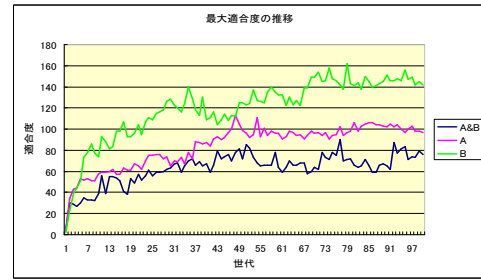


図5. 異なる機能をもつ複数蟻の適合度推移

8.3 考察実験

8.2の実験結果より、2種類のルール木を1つの集団に与えると1種類だけのルール木を与えた場合より適合度が下がってしまうことがわかった.

その原因を調べるために以下のような実験を行った.

・A と B の種類の Ant を 20 匹ずつ存在させ、進化させる.

・A, B の Ant の間にどのような関係があるのか調べるため A, B の Ant がそれぞれどれだけの適合度を得ているか調べる.

・10 世代毎にその時点の最良の集団から A の Ant20 匹だけを取り出して5回動かしてその適合度の平均を A' とする. B についても同様の操作を行う.

このような実験を行った結果を以下の表1に示す.

表1. A,Bそれぞれの適合度

世代	適合度	A	B	A'	B'
10	50	50	0	11.4	2.2
20	69	69	0	28	0
30	69	69	0	53	0
40	81	81	0	51.8	0
50	77	77	0	38.4	0
60	83	83	0	72	0
70	75	75	0	38.4	0
80	83	83	0	11.4	0
90	90	89	1	47.2	0
100	88	87	1	12.2	0

9 まとめ

表1の結果から、AとB2種類のAntを同時に進化させていった場合で、表面上AのAntしか餌を運んでいないように進化していったとき、AのAntのみを取り出してうごかしてみると餌を運べないという結果がでた. そしてA, Bそれぞれの木を見てみるとAはフェロモンを追う, Bは餌を探すという役割分担のようなものができていることがわかった.

10 今後の課題

今後は「役割分担」という特性を活かした関数・終端ノードの考察やプログラミングによってより良い精度をだすことが課題となる.

参考文献

- [1]坂和正敏, 田中雅博: 遺伝的アルゴリズム, pp22~23, 朝倉書店 出版(1995)
- [2]東京電機大学 丸山孝一郎: 遺伝的プログラミング, pp72~81, 東京電機大学出版局 出版(1996)
- [3]青柳美穂: 複数人工蟻への GP の適用, pp11~16, 山梨大学卒業論文(2006)