

2R-8

遺伝的探索に基づく“虫”の進化(1) — ビジュアルライズによる行動解析 —

秋葉 澄孝, 伊庭 齊志, 半田 剣一, 元吉 文男, 佐藤 泰介
電子技術総合研究所

1 はじめに

バルミターは、虫の捕食行動の進化をシミュレートするコンピュータ・プログラムを作った[1]。これは一種の遺伝的探索プログラムである。我々は、文献[1]に従ってこのプログラムを作成し、さらに視覚化のための機能を追加して、虫の進化の実験を繰り返した。その結果、このプログラムには遺伝的アルゴリズム(GA)には見られない特徴が観察された。

本報告では、これらについて述べる。

2 バルミターの“虫”

バルミターが作ったプログラム[1]は、正方形領域に棲んでいる「虫」の「進化シミュレーション」プログラムである(図1)。

虫が棲んでいる領域にはバクテリアが一定の割合で絶えず発生している。図1では、虫は3×3の正方形で、バクテリアは1×1の正方形で表されている。

この世界の1単位時間毎に、虫はエネルギーを1消費する。エネルギーが0になると虫は死に、この世界から消えてしまう。

虫は自分の周囲3×3の領域にいるバクテリアを食べて生きている。バクテリアを1匹食べると40単位のエネルギーを摂取できるのである。ただし、エネルギーの最大値は1500であり、いくらバクテリアを食べてもエネルギーはそれより多くならない。

虫は1単位時間毎に前方、右前方、右後方、後方、左後方、左前方の6方向の中から1つを選び、その方向に自分の進行方向を変えて1歩進む(図2)。例えば左前方を選んだとすると、虫は左に約60度回転し、その方向へ1歩進む。

虫は「遺伝子」を持っており、虫の行動は遺伝子の中の6つの値によって支配されている。それぞれの値が上で述べた6つの方向に対応しているのである。

それぞれの方向を選ぶ確率は遺伝子の中の対応する数値で決まる。遺伝子の数値が大きいほど、その虫がその方向に進む傾向が強くなる。もし左前方の数値が大きければ、この虫は左へ左へと曲がる傾向が強くなる。

生まれてから800単位時間たった虫を「成熟」した虫と呼び、1000単位以上のエネルギーを持つ虫を「強い」虫と呼ぶ。成熟した強い虫は増殖する。

増殖する時は、成熟した強い虫(親)が分裂して2匹の

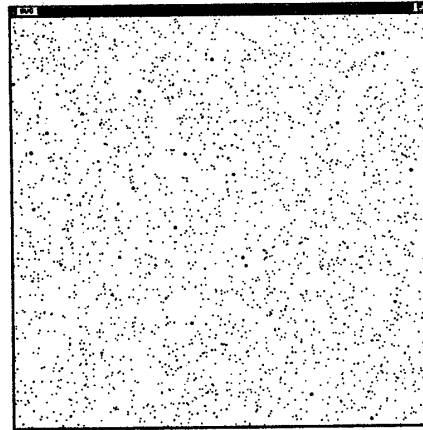


図1: バルミターの「虫」

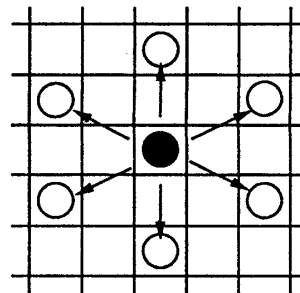


図2: 虫の動き

虫(子)になる。子のエネルギーは親の半分である。子の遺伝子は、親の遺伝子とほとんど同じで、親の遺伝子の6つの値のうちの1つをランダムに選んで、大きさを1つ増加あるいは1つ減少させたものである。

以上、バルミターの「虫」について簡単に説明した。遺伝子の値の大きさと対応する方向が選ばれる確率の関係など、もう少し詳しい説明が文献[1]にある。

3 プログラムの改良と追試結果

まず、視覚化のためにプログラムに追加した機能について述べる(図3)。

- 4単位時間前までの虫も表示するようにした。この結果、直進傾向の強い虫はまっすぐな形に、曲がりやすい虫は曲がった形に表示されることが多くなり、虫の行動の傾向がわかりやすくなった。

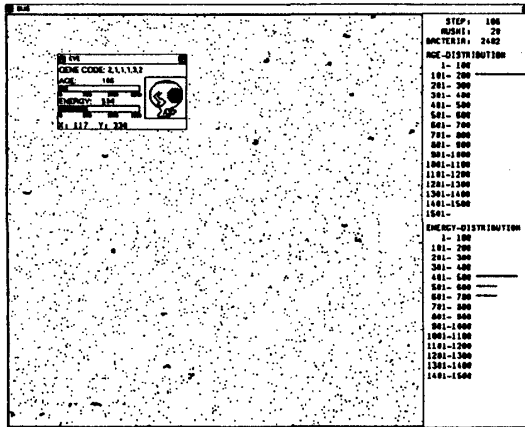


図 3: 改良した「虫」(実験の初期状態)

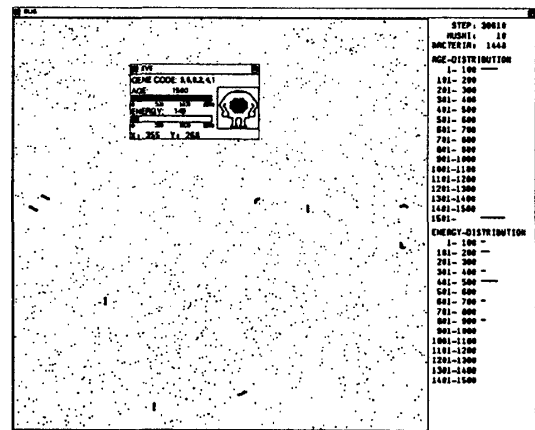


図 4: 実験 1 の結果

- 経過時間、虫とバクテリアの数、虫の年齢とエネルギーの分布を表示した。この結果、ある時刻での虫の増減傾向がわかりやすくなった。また、この機能は初期値やバクテリアの発生数などの調整に役立った。
- 個々の虫の情報をサブウィンドウに表示できるようにした。この結果、典型的な行動をしている虫の遺伝子を調べたり、1匹の虫の進化の過程を追跡でき

文献[1]ではバクテリアの発生の仕方が違う2つの実験について述べている。我々は、正方形領域の大きさを500×500、初期状態の虫の数を20、バクテリアの数を2400として、追試を行なった(図3)。虫の遺伝子の初期値はランダムに決めてあり、初めのうちはほとんどの虫が同じ所を動きまわっている。

実験1 正方形領域内のバクテリアの発生数を単位時間当たり0.5とした場合(図4)。文献[1]で述べられているとおり、直進しやすい虫に進化していく。ほとんどの虫が直進しやすくなった状態は進化の最終状態のようである。

実験2 バクテリアを実験1と同様に発生させ、さらに、左下の大きさ75×75の正方形領域に単位時間当たり0.5発生させ、バクテリアの発生数が多い領域(「エデンの園」)を作った場合(図5)。この場合も文献[1]に述べられているように、エデンの園の中では1方向に曲がりやすい虫に進化する。また、エデンの園の外では、実験1と同様に直進しやすい虫に進化する。しかし、どちらかが絶滅することもある。2種類の虫の共存状態を持続させるためには、エデンの園の位置、広さ、バクテリアの発生数をうまく調整する必要がある。

我々は、これらの他にも様々な条件のもとで実験を行なった。その結果、このシミュレーションの特徴として以下の事項が観察された。

バクテリアが過剰な(環境が良い)時は、虫は活発に増

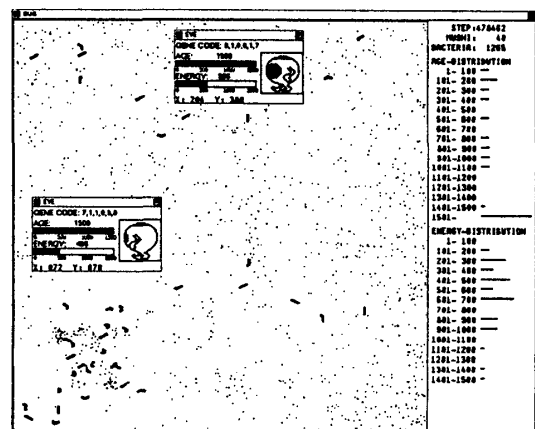


図 5: 実験 2 の結果

殖し、様々な遺伝子が発生する。やがてバクテリアが不足し始める(環境が厳しくなる)と、虫の死に方が激しくなるが、良い遺伝子を持つ虫の方が生き残りやすい。再びバクテリアが過剰になると、厳しい環境を生き残った虫が活発に増殖し始める。これを繰り返しながら虫が進化していくのである。

このシミュレーションでの進化メカニズムは、環境の変化をうまく利用して働いているようである。

4 おわりに

パルミターの「虫」のプログラムは、突然変異を用いた遺伝的探索を行なっていると言える。

典型的な遺伝的アルゴリズム(GA)では、個体数を固定して探索を行なう。一方「虫」は、環境を用いて個体数をうまく調整し探索を行なっているのである。

参考文献

- [1] A. K. デュードニー: コンピューター・レクリエーション 進化のシミュレーション: 虫がバクテリアを食べるようになるまで, サイエンス 1989年7月号, pp.96-101, 1989.