

多重プログラム型 Tierra の進化メカニズムに関する研究

北海学園大学大学院工学研究科 ○清水祐輔
北海学園大学工学部 菊地慶仁 桃内佳雄

要 旨

本研究では、外的環境と関連を持つ人工生命 Tierra の開発のために、自己複製プログラムに加えて外的環境に関連するプログラムを生物が持つ形式への拡張を試みる。今回は、複数のプログラムを持った生物において、生物の種類もしくは自己複製回数のどちらかを優先することが可能な淘汰に関して報告を行う。

1. Tierra とは

Tierra は、Tom Ray[1]によって開発された生物の進化プロセスを観察するためのシミュレーションである。

Tierra では、生物は自己複製が可能なプログラムとして実装されている。生物は、スープと呼ばれるメモリ空間の中で CPU 時間（実行命令回数に影響）を割り当てられることによって命令を実行する。そして、自己複製中の突然変異によって、プログラムコードが書き換わり、1つのプログラムから多様なプログラムが生まれてくる。

Tierra は、GA と違い自分または他の生物のルーチンをサブルーチンのように使用することができる。この能力によって、別の生物のプログラムを利用する寄生種等の亜種が突然変異により生み出される。

前報[2]では、種の多様化が促進されない Tierra の淘汰における問題点を指摘した。そして、自己複製が可能な種を残し、結果として子孫を多様化させるために判別値を用いた淘汰を提案し、生まれる生物数、生物の種類が増加することを確認した。

2. 多重プログラム型 Tierra のメリット

生物中の自己複製プログラムと他のプログラム、及び外的環境の関係を図1に示す。

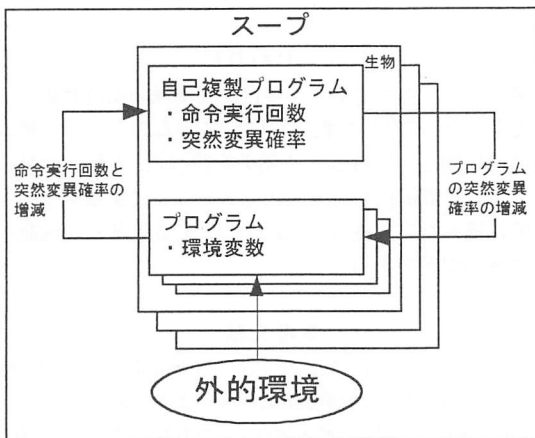


図1 生物と外的環境との関係

自己複製プログラムと他のプログラムは以下のような影響を相互に与えている。

- ・ 自己複製が可能な場合、その複製回数によりプログラム全体の突然変異確率が増減する
- ・ 他のプログラム中での達成度によって、実行命令回数と突然変異確率が増減する

自己複製プログラムと他のプログラムは並行動作し、自己複製によって一緒に複製される。他のプログラムは、自己複製プログラムと同じ構造を持ち、プログラムの目的に応じた自己複製プログラムとは別の命令セットを持つことができる。

Tierra では、プログラム自体の進化と他の生物の優秀なプログラムを利用できる進化が可能であり、複数のプログラムを持たせた場合でも、これらと同等の進化が期待できる。これは、大腸菌に特定物質を生成する遺伝子を注入する生物工学に類似している。

3. 提案する淘汰メカニズム

多様な種を生むためには、自己複製が可能な種を多く保存し、さらに自己複製時の突然変異によって、生まれる生物の種類も多くしなければならない。

淘汰は前報[2]での方式を複数プログラムに拡張し、スープが 80%使用された時に、全生物における D の値が一番大きな生物を除去することで行う。

$$\text{淘汰の判別値 } D = S + P - (R_1 + R_2)$$

S : 現在の全実行命令数 - 生物が生まれた時点の全実行命令数

R_1 : 自己複製に要した命令数 $\times w_1$

R_2 : 自分と違う命令列の複製に要した命令数 $\times w_2$

P : 特定の命令実行の失敗回数 $\times w_3$

(w_1, w_2, w_3 はウエイト)

この判別値における S は生物の年齢を表し、 R_1, R_2 は複製に要した命令数の累計である。複製回数が多く、その中で年齢が若い生物がより生き残りやすくなる。

4. 実験

複数プログラムを持つ場合における前述の年齢と複製回数の判別値中での重要度に関して実験を行う。

今回は、移動プログラムを生物に持たせ、例題として山登りを考える。ただし、移動プログラムが直接実行されるのではなく、ある既定値の報酬（実行命令回数の増減）を与えられたとして行う。

本報告では、淘汰の判別値 D におけるウェイトの値を表1のように設定し、移動プログラムからの報酬有り、無しの場合の2つで1億命令実行時における生物数、生物の種類等の比較を行う。

移動アルゴリズムからの報酬	W_1	W_2	W_3
有り	30, 50, 70, 90%	w_1 の半分	5000
無し	30, 50, 70, 90%	w_1 の半分	5000

表1 実験で使用する条件

ここで w_1 を w_2 の倍としたのは自己と同一のプログラムへの複製を優先したため、 w_3 を 5000 に固定しているのは前報[2]においてこの値が最適だったためである。

5. 実験結果

全ての場合において生物数、生物の種類、自己複製可能な生物数は、 w_1 の比率を多くすると減少する（図2）。これは、自己複製可能な同一の生物が長く残りやすいので多様性が少なくなったためである。逆に一生物あたりの自己複製回数は増加している（図3）。

また、移動プログラムから報酬を与えた場合でも、この傾向はほとんど変わっていない。

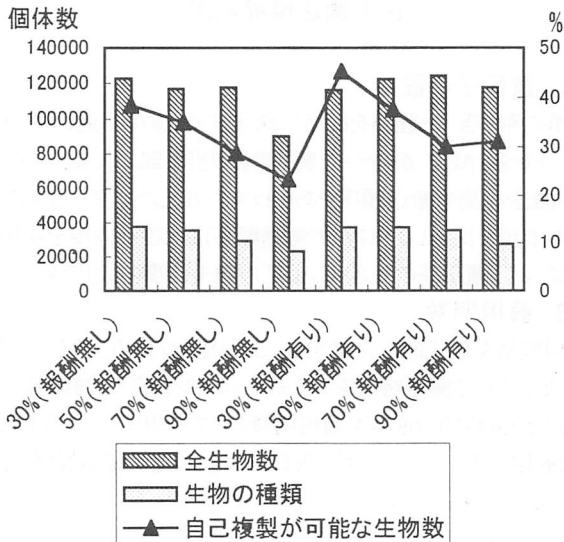


図2 生物数と種類、自己複製可能な生物数の比較

このことから w_1 を変えることによって以下のどちらかの選択が可能と考えられる。

- 生物の種類が多く生まれるようにして、自己複製プログラムに対してより多くの変化を起こす（生物の種類重視）
- 一生物あたりの複製回数を多くして移動プログラムに対してより多くの変化を起こす（一生物の複製回数重視）

6. 結論

本報告では、自己複製プログラムとは別のプログラムを持たせた場合における淘汰の方法について考え、複製に要する命令数に応じて報酬を与え、判別値を用いて淘汰を行うようにした。

その結果、判別値におけるウェイトを変化させることによって、生物の種類重視か一生物の複製回数重視のどちらかの方針を選べることを示した。これにより、適用する問題によってウェイトを変更して意図した淘汰を実現できると考えられる。

今後の課題としては、生物に移動プログラムを持たせ、実際に2つのプログラムにどのような変化が起こるのかを観察する必要がある。

参考文献

- [1] Ray, T.S : Evolution, ecology and optimization of digital organisms. Santa Fe Institute working paper, 92-08-042, 1992.
- [2] 清水祐輔, 菊地慶仁, 桃内佳雄 : 遺伝情報を持つ Tierra システムの進化のメカニズムに関する研究, 情報処理北海道シンポジウム 2000 講演論文集, pp146-149, 2000.

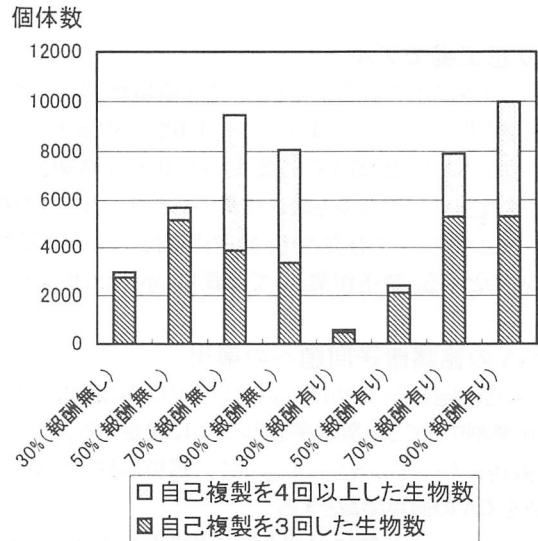


図3 一生物あたりの自己複製回数