

Tierra型エコシステムにおける行動パターン表現に関する基礎研究

4H-9

鈴木恵二 坂無英徳 嘉数侑昇
北海道大学

1. はじめに

実際の生物は非常に長い時間をかけて、交配と選択を繰り返して現在に見られるさまざまな種とそれらの間に見られる相互関係からなるエコロジカルシステムを築いてきた。人工生命はこの自然に見られる基本的進化ダイナミクスをまねようとするものであり、それゆえ計算機内にエコロジカルシステムを発現させることが期待されている。こうした研究として、J. Hollnradのecho system[1]やT. RayのTierra[2]等のモデルが上げられる。これらのモデルは再生および交配や突然変異に基づくダイナミクスによって、種の生成や共生といった関係を発現させることができることを示したものである。しかしながらこうした発現を支えるダイナミクスの理論は依然確立されていない。すなわち、進化ダイナミクスによって発現する行動群のさらなる理解とその理論化、そしてその理論に基づく人工生命の応用が求められている。

Tierraに関する研究としては、メモリー空間を2次元に拡張し、よりエコロジカルモデルとしての性格を強めたCzoo[3]や、言語構成に言及したものや個体に雌雄の導入を試みたものなどがある。いずれも場合にしても、進化を促進している機構は再生時の複写ミスとしての突然変異が主となっている。いかえればこの突然変異率のパラメータが進化のダイナミクスを大きく左右しているといえる。

ここではTierraにおける巨視的な進化ダイナミクスからみた行動の特徴を明らかにすることを目的に、個体の持つプログラム特徴と突然変異の関係について計算機実験を通じて考察を行う。

2. Tierraシミュレータ

ここで使用したTierraシミュレータは、[1]における仕様記述に基づき自作したものであり、公開さ

れているシミュレータとはその細部において動作の違いがあることを断わっておく。各個体のプログラムが書き込まれるメモリーとしてのソープは6000インストラクション分の領域を持つ。1個の祖先プログラムから始まる個体群の活動は、実行キューの順番にしたがって時分割実行される。時分割実行によって複製された個体は実行キューの先頭および淘汰操作のためのリープキューの最交尾に追加される。個体群がソープの80%以上を占めた場合に、淘汰操作としてリープキュー中の上位個体から削除を行う。リープキュー中の順序は古い個体および仮想CPUの実行中にエラーフラグを生じたものほど上位に移動させられる。変種個体を生じさせるための突然変異要素としては、複写時のコピーミスによるものだけとした。以上のシミュレータにおいて、2万インストラクションを実行単位として、この観測期間中に生じた個体の活動特徴およびその個体プログラムのサイズに着目して観測を行い、巨視的進化の進展状況を考察するものとする。

次に活動特徴としてのクラス分けを示す。

3. 個体活動のクラス分類

巨視的進化の表現方法として、単位実行時間中に観測された各個体のプログラム実行形式に基づいて、個体群をクラス分けし、その個体数増減および個体の持つプログラムサイズに着目するものとする。よって個体の持つプログラム内容には言及しない。個体のクラスとして以下の4つを採用した。

- 1) 祖先プログラム型：個体が持つプログラムが祖先個体のものと同一であるもの。
- 2) 垂種独立型プログラム：祖先プログラムと異なるプログラムからなり独立した複製能力を持つもの。
- 3) 寄生型プログラム：自身のプログラム実行において他の個体のプログラムを利用するもの。
- 4) 待機プログラム：仮想CPUの動作観測中に、実行されなかった個体。

A Study on behavior of Tierra
Keiji SUZUKI, Hidenori SAKANASHI,
Yukinori KAKAZU
Hokkaido University

4. 実験

実験は先に述べた突然変異率をパラメータとして、0.0002から0.005まで0.0002ステップで変化させた。各突然変化率について、10万インストラクションの実行を1試行として5回試行した。各試行において、単位時分割実行時間は100インストラクションとし、実行中の2万回実行周期中において上記に述べたクラス分けを行うための観測を行った。

観測結果として、各クラスに分類された個体数のソープ中における全個体数に対する割合の変化の中から3つのクラスについてFigure.1に示す。ここで各突然変異における割合は5回試行中の平均値である。この値を濃淡グラフとして表わしている。なお、各グラフの縦軸は見やすさを考慮して、変化させてあるので注意されたい。

5. 考察

シミュレーションの結果から、まず第一に、時分割によって疑似的に並列実行するこのタイプのTierraでは、突然変異率に関わりなくその大部分の個体が活動することなく沈黙したままであることがわかる。これはFigure.1(a)の結果に現れている。

また突然変異率を高くすることによって、当然のことながら祖先型プログラムは実行の進展にしたがって急速に減少していく。このとき、かならずしも他のタイプの個体割合が単純に増加していくわけではないことがFigure.1のグラフから読み取れる。すなわち、亜種型の個体や寄生型の個体がともに共存し比較的安定的な発展を遂げるのが、突然変異率において0.003付近であることがみてとれ、よってこのシミュレーション環境では安定的で多様な進化を期待できる突然変化率は限られているといえる。

6. まとめ

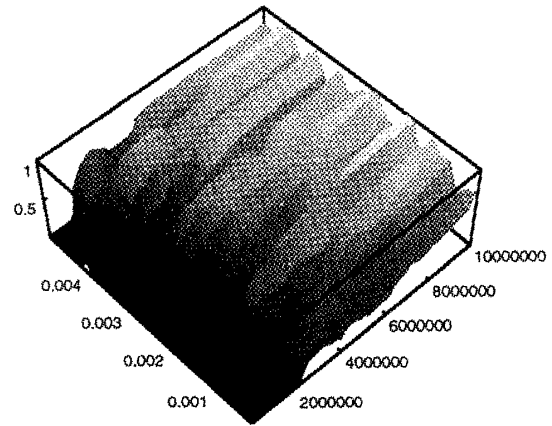
人工生命モデルとしてopen-endedな進化特性を持つTierraの進化ダイナミクスに基づいた行動の特性を明らかにすることを目的に、複製時の複製ミスとなる突然変異率に関して実験を行った。ここではTierraの大局的な行動パターンを考察するために発生する各個体を4つのクラスに分けてその割合について調べた。

・参考文献

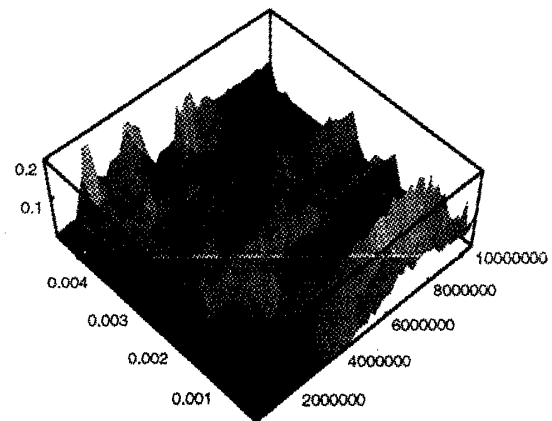
- [1] Holland, J.H.:1992. *Adaptation in Natural and Artificial Systems* (second edition); MIT Press
 [2] Ray, T. S. 1991. Is it alive, or is it GA?, Belew, R. K., and L. B. Booker [eds.], *Proceedings of the 1991*

International Conference on Genetic Algorithms, 527--534. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.

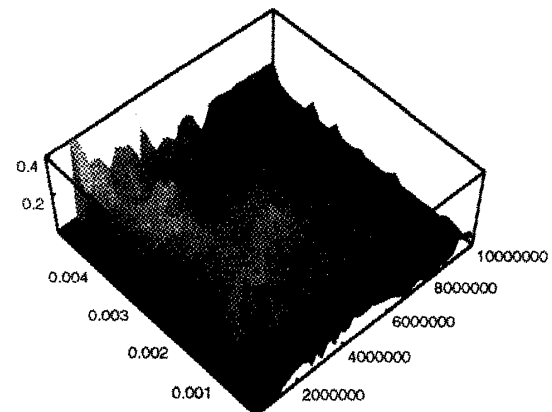
[3] J. Skipper: *The Computer Zoo - Evolution in a box; Toward a Practice of Autonomous Systems*, MIT Press, pp355-364 (1992)



(a) 待機プログラム個体数の割合変化



(b) 亜種独立型プログラム個体数の割合変化



(c) 寄生型プログラム個体数の割合変化

Figure.1 各クラス個体数の割合変化
 水平軸は実行時間と突然変異率、縦軸は割合