

複数種の生物集団の共存する人工生命環境の設計

3P-11

小鹿明德

有田隆也

川口喜三男

名古屋工業大学

1. はじめに

人工生命は、生命の起源/発生/成長/進化、動物行動、言語学などを対象として、生命挙動のモデル化を行なう新しい研究領域である。本稿では、生物を取り巻く環境を計算機上にモデル化するアプローチ^{1),2)}の発展として複数種の生物集団の共存や進化のメカニズムを解明することを目的とする環境モデルを設計した。本モデルでは、環境内には強さの異なる複数種の仮想生物が存在し、強者が弱者を餌として食べる。各生物は、周囲にいる他生物に対する安全度（遺伝子で規定）の総和に基づいて決定した方向に移動し、また条件によって子供を作る。設計した人工生命環境を計算機上に実現し初期実験を行なった。

2. 人工生命環境の概要

2.1. 環境

設計した人工生命環境の概要を図1に示す。

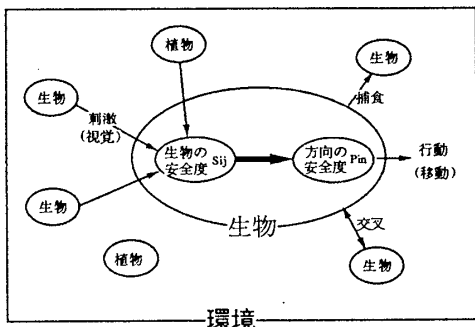


図1 人工生命環境の概要

環境内には草食、雑食、肉食の3種の生物および植物が存在し、各生物を便宜上うさぎ、さる、ライオンと名づける。これらの生物の強さには“うさぎ < さる < ライオン”の関係があり、強者が弱者を餌とすることができる。また草食、雑食生物は植物を餌として食べることができる。植物は食べられると無くなり1年ごとに一定量発生する。ここで全生物が1回ずつ行動を行なうことを1年とする。

各生物個体は、年齢、寿命、エネルギー、視力、視野、行動特性、各種族に対する安全度（負の場合は危険を表す）という内部状態を持つ。エネルギーは餌を食べることにより20増加し、1年に1減少していき、0になるとその個体は死亡する。また年齢が寿命を超えると時間に

よるエネルギーの減少は激しくなる。その減少量は次式により決定する。

$$\text{エネルギー減少量} = \text{エネルギー} \times \frac{\text{年齢} - \text{寿命}}{\text{寿命}}$$

2.2. 生物の行動

各生物個体が移動する方向は前後左右の4方向とし、各方向の視界（図2）内の生物に対し安全なら近づき危険なら遠ざかる様に移動する。生物の移動する方向は次式により求まる各方向の安全度をもとにルーレット選択によって決定する。移動後はその方向が前（front）となる。

$$P_{in} = g\left(\sum_{j_1} f(d_{ij_1})S_{ij_1} - \sum_{j_2} f(d_{ij_2})g(-S_{ij_2})\right)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x > vp \\ 1 - \frac{x}{vp} & x \leq vp \end{cases}$$

$$g(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ x & x \geq 0 \end{cases}$$

ここで P_{in} は生物 i の方向 $n = \{\text{front, back, right, left}\}$ の安全度、 j_1 は方向 n の視界内の全生物、 j_2 は n と逆の方向の全生物、 d_{ij} は生物 i と j の距離、 S_{ij} は生物 i の生物 j に対する安全度、 vp は視力を表す。前後両方向の生物が安全な場合の相殺効果をなくすため、第2項で安全な生物の場合は0としている。

もし視界内に生物がいなければ、植物がある場合は「植物の安全度」、無い場合は「無い場合の安全度」をその方向の安全度とする。このとき移動先に他の生物が存在した場合その生物は移動しないものとする。

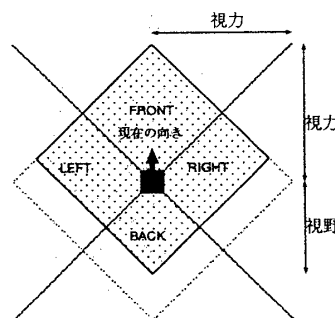


図2 生物の視界

生物は移動後、可能ならば“餌を食べる”“子供を作る”の内のどちらかの行動を取る。“餌を食べる”の条件は自分の周り8マスに餌となる生物または植物が存在することであり、“子供を作る”の条件は自分が大人であり、かつ周り8マスに同種の大人がいることである。“寿命/2 < 年齢 < 寿命”を満たす時その生物は大人であると定義する。両方の行動とも可能な場合は行動特性によりどちらかを選択する。

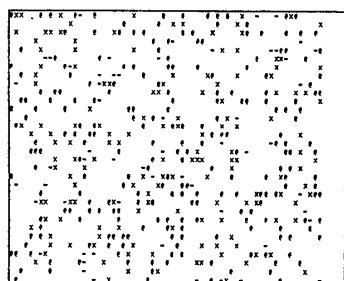
*Design of an A-LIFE environment where several kinds of artificial organisms evolve and coexist
Akinori OJIKAWA Takaya ARITA
Kimio KAWAGUCHI
Nagoya Institute of Technology

2.3. 子供の生成

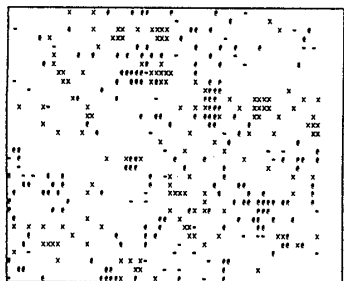
生物の持つ内部属性のうち、寿命、行動特性、各種族に対する安全度を遺伝子とし、親の遺伝子を交叉したものに一定確率で突然変異を行なったものを子供の遺伝子とする。交叉は安全度を一点交叉、それ以外を一様交叉とする。突然変異は確率0.1で遺伝子をランダムに変化させる。遺伝子の値の範囲は寿命 = 10~1034、行動特性 = {ランダム, 子供優先, 餌優先} のいずれか、安全度 = -128~127とする。子供は親の周りに生成される。

3. 初期実験結果

人工生命環境を計算機上に実現し初期実験を行なった。環境を128×128のトラス状とし、初期個体数を500体(うさぎ:さる:ライオン = 4:3:1)、一度にできる子供の数を(うさぎ, さる, ライオン) = (4,2,2)、植物の増加量を80体/年として試行した。



a) 初期状態



b) 290年経過後

図3 生物の分布例 (@:うさぎ,X:さる,=:ライオン)

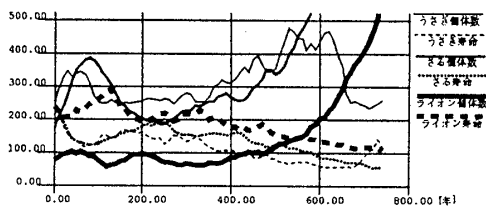


図4 生物の個体数と平均寿命の変化

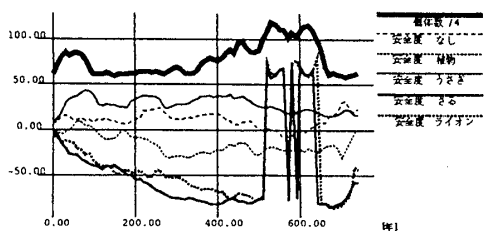


図5 うさぎの個体数と安全度の変化

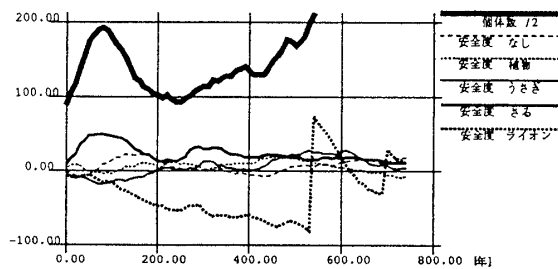


図6 さるの個体数と安全度の変化

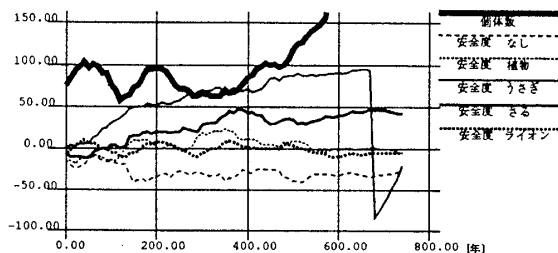


図7 ライオンの個体数と安全度の変化

初期状態では生物は乱数によりほぼ一様に分布している(図3 a)が、時間が経つとうさぎ、さるはいくつかの群れを形成する(図3 b))。500年を過ぎた辺りからさる、ライオンが急激に増加し、うさぎの数が減っている(図4)。

各生物の遺伝子については、うさぎやさるなどの弱い生物は(遺伝子が持つ)寿命が短くなっていくのが分かる(図4)。これは弱い生物は餌を食べて長生きするよりも子供を増やす方にウェイトがかかり、餌として食べられてしまう前になるべく早く子供を作れる状態になるように進化したためと考えられる。また安全度は通常自分より弱いものを安全(安全度>0)、強いものを危険(安全度<0)と判断するようになるが個体数が増えたと逆に強い生物を安全と判断する傾向も見られる(図5,6)。これは進化の結果、自らの餌の確保のため個体数を減らす様な傾向が結果として染色体に現れたためであると考えられる。また弱い生物の個体数が減少するとそれに対する安全度が危険、つまりそれに近付かないようになる傾向も強い生物において観測された(図7)。

4. おわりに

複数の生物種の共存と進化を対象を絞った人工生命環境を設計した。実現した環境における初期実験の結果、各生物集団の群生や強さに応じた寿命の変化が認められた。また、共存への指向を意味する染色体の変化が観測できた。より詳細な実験や解析を行なう予定である。

参考文献

- 1) B. Coderre, "Modeling Behavior in Petworld", Artificial Life, pp. 407-420, 1989.
- 2) T. Tyrrell and E. W. Mayhew, "Computer Simulation of an Animal Environment", Proc. of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, pp. 263-272, 1991.