

デジタル・ロストワールド計画

宇佐見義之^{*)}、平野砂峰旅、北岡正敏

神奈川大学
221 横浜市神奈川区六角橋3-27-1
工学部物理学教室^{*)}、工学部経営工学科

Cambrian explosion happened 530 million years ago is known as the event that various body-form animal appeared during short period in a geological sense. In this work, we try to investigate how these unique animals behave in water based on the evolutionary computation frame work. We apply simple hydrodynamic calculation and evolution dynamics to study their motion. The goal of our work is to reconstruct ecological environment of ancient sea in computer. We think that it might be possible to reconstruct the lost life in the virtual space using our knowledge of hydrodynamics, neural network, genetic algorithm and computer graphics. Throughout such trials we believe that we could investigate the essential mechanism of animal evolution.

生物の進化史上、過去に生存繁栄した後絶滅した生物の生態をコンピューターを用いて再現することが本研究の目標である。5億3千万年前のカンブリア紀には生物の爆発的進化が起こり多様な生物が一度に出現したことが知られているが、本研究では3次元の仮想生物の力学・生態系を理論的に計算することにより、5億3千万年前に実際に起こった進化の実験をコンピューターの中で再現してみたい。

これらの理論的研究を基盤に分散コンピューティング環境を実際に構築し、絶滅した生物群の仮想現実システムを建造することによって電子メディアの持つ様々な可能性についても実験的に研究を進める。

[1] 本研究の目標

本研究の目標は 生物の進化史上、過去に生存繁栄した後絶滅した生物の生態をコンピューター中に再現することにある。

5億3千万年前のカンブリア紀には生物の爆発的進化が起こり多様な生物が一度に出現したことが知られている。この実際に起こった生物の進化の実験をコンピューター中でもう一度再現してみよう、というのが本研究の出発点であり、その遂行過程で以下の4つの項目を理論並びに実験的に研究することに現在取り組んでいる。

- 1) 絶滅した生物の生態をコンピューターで再現する。
- 2) 生物進化のメカニズムを理論的に解明する。
- 3) 古代の生態系全体を再現するメディア空間を構築する。
- 4) 理学研究の応用として電子メディアの特性に関する様々な実験を行う。

[2] 理論的特徴

本研究の理論的特徴は、仮想生命体をコンピューター中に三次元的に構築し、その運動の力学計算を行うことにより、遺伝子レベルでの進化アルゴリズム(遺伝子型)と形のレベルでの力学(表現型)を一つの枠組みで計算することにある(図1)

^{*)} usami@phsu1.phsc.kanagawa-u.ac.jp
www.phsc.kanagawa-u.ac.jp

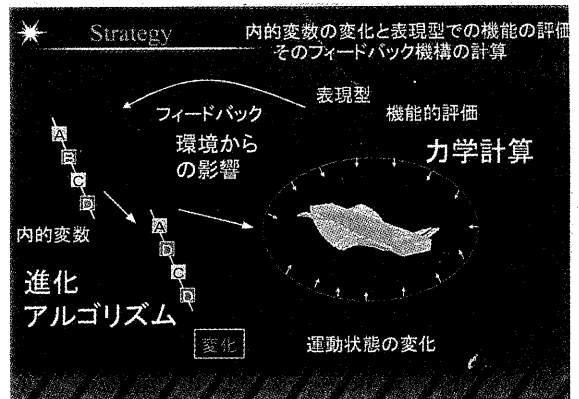


図1 理論研究の方法論

[3] 行動の理論; 形の力学と進化

生物の力学運動については、多面体から構成される仮想生命体をコンピューター中に構築し、簡単な流体モデルの計算を行う。流体から受ける力は、生物体を構成する面の運動ベクトルとその面の内積とし、各可動部分はフーリエ展開様の時間変化を仮定し、パラメーター全体が生物の運動を決定づける。

仮想生物体の行動を特徴づけるパラメーター群は、異なった初期値の個体を多数作って前進能力を評価し、前進能力が高い個体を選んでパラメーターの交配・変異を行う。

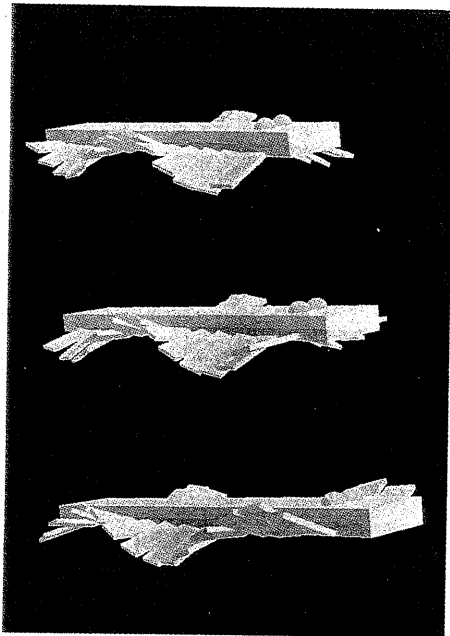


図2 理論計算から予想したアノマロカリスの遊泳の様子

[4] 古代生物の行動の研究

前記理論的基盤の上に計算を行なったところ、13のヒレを体側に持つアノマロカリスの行動に関して興味深い知見を得た。前進能力が高いという淘汰圧の元、前記の進化計算を行うと、結果的に全体のヒレを滑らかに波打たせて、「エイ」のように遊泳する行動が能力の高い結果となった(図2)。

[5] 進化のメカニズム

進化計算論の手法を生物の行動の理論的研究に適用した結果、生物進化のメカニズムについて興味深い現象が観察された。

進化の過程では、初期状態に近い前期過程では進化は急速に起こり、後期では行動パターンは固定される。

これは進化が、多変数関数のうちの局所の変異の積み重ねで駆動されるからである。一度最適化されると、変数の局所の変異では全体を変えることはできない。

この結果は実際の生物の進化の断面を理論的に解明する手段を切り開いたという意味で、大変有意義な結果といえるだろう。

[6] 生物の形の進化

生物の形の進化に関する研究も進めている。詳細は論文に譲るが、ツリー構造をもつ動物の発生・進化アルゴリズムを考えて、どのような形態の生物が最も行動能力が高いかを評価した。その結果、メインボディにヒレを持つ生物の運動能力としてはアノマロカリス様の生物が最も行動能力が高いことがわかった。

これはアノマロカリスを当時の最大の捕食者の位置に君臨させる原因として、その高い運動能力が挙げられることを理論的に示唆した結果といえるだろう。

[7] 仮想空間における古代生態系の再現、及び新しいメディアの実験

本研究の最大の特徴は、このような理学的研究の結果を電子メディアの実験施設の中に応用してゆくことにある。

本研究ではインターラクティブシステムをその一部に含むような分散コンピューティングシステムを作り、そのメディア空間の全体に仮想生命体環境を埋め込む作業に現在取り組んでいる。

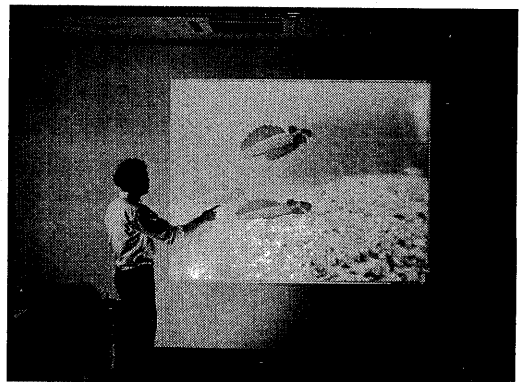


図3 現在作成中のインターラクティブシステム。仮想空間を通じて、絶滅した生物と人間が共存するスペースを作る。

このシステムにおいては、

- (a) 映像入力による仮想生物体のコントロール、
- (b) サウンドによる応答、
- (c) 仮想生物体が形成するサウンド出力、
- (d) 分散コンピューティングシステムへの仮想生命環境の埋め込みなどメディア空間と人間のインタラクションの可能性に関して、システムを構築しながら様々なテーマについて実験的に研究を進める計画である(図4)。

本講演では、このようなインターラクティブシステムの主にサウンド機構の実装について報告する。