

研究課題別研究評価

1. 研究課題名: 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

2. 研究者名: 宇佐見義之

3. 研究の狙い:

本研究では数理学的研究を基盤におき、簡約化した形の流体力学、力学と進化アルゴリズムを用いて、生物の基本的な体のデザインに対応する運動を計算した。そのうちのいくつかを特に絶滅した生物にあてはめて、これらの生態を数理的に再現することを試みた。また数理的運動に基づく古代生物の生態を電子空間に再現し、仮想現実システムを構築することに取り組んだ。この目標を実現するために、技術的な開発を併せて行った。

4. 研究結果及び自己評価:

研究結果

- 1) 簡単な流体力学と進化アルゴリズムにより、プログラムのコーディング量と計算量を少なくして、水中遊泳生物の可能な動きを計算する方法を開発した。
- 2) ルールから生物の体を発生させるアルゴリズムを独自に考案し、ヒレを使って泳ぐ生物の可能な形態をある範囲で全て生成し、上記1)を用いてその可能な運動様式を計算した。その結果、遊泳速度としては、アノマロカリス様の生物が最も速いことを見出した。
- 3) 歩行運動についても様々な形態の生物の運動が計算できるルーチンを開発した。すなわち生物の運動を部分の運動と全体運動に分け、部分の運動の力の合算によって全体が運動する、とするモデルを考え自由度の大幅な低減によってプログラム量と計算量を少なくした。
- 4) 上記3)の方法を用いて、様々な形態の生物の歩行様式の計算を行った。生物の体を直方体のブロックの重ね合わせで表現し、この組み合わせを様々に変えて歩行運動を計算した。その結果直線の生物では要素の数を増やすに従い少数個から急速に運動能力が発達することがわかった。このことは、形態の変化のうちある方向の変化が、能力を急速に増大することを示す。
- 5) 上記3)、4)の方法で脚を使って地面を歩く昆虫型生物の動きを計算した。
- 6) これらの計算結果を組み込み、カンブリア紀に生存した生物群の仮想現実システムの構築を行った。ここでいう仮想現実システムとは、上記の計算結果を生物の運動にあてはめ、それらをリアルタイムで計算しながら表示し、システムに参加した人が自由に海底を移動しこれらを観察できるシステムを指す。多数の種と多くの個体をリアルタイムで表示するには高速のグラフィックコンピューターが必要であり、中程度のグラフィックコンピューター(700万円)を購入し、このプログラムを実行した。多くの個体を入れた結果としては、やはり、1億円程度のスーパーグラフィックコンピューターが必要であることが判明した。また投影装置としても、それだけで1億円程度する装置が販売されていることが判った。このプログラムはそのままこのような高額な環境で実行できるものであり、そのような機会あれば多数のカンブリア紀の生物が生存する仮想現実空間を再現したいと思っている。
- 7) 仮想現実システムを作る上で、上記6)のような方向では高額の装置が必要であることが判明した。為、方向を少し変えることにした。すなわち、個体数をそれほど増やさなくても良いから、パソコンで実行できるような多くの人が体験できる方向の探求と、それらのインターネットによる公開、また大画面投影装置を自力で低価格で作成する方向である。また多数の個体を入れる場合でもリアルタ

イム性の追求ではなく、アニメーションを作成し古代の世界を再現する方向にも進んだ。

- 8) 大画面投影装置は、最初に画面を2つに投影する方法をテストしてから、最終的にパソコンの出力を2つのモニターに表示し、更にこれらを2分割することにより4画面へ滑らかにつながるような方法を考え、この装置を実際に神奈川大学内に作成した。この装置の作成に要した費用は僅かに6百万円であり、通常このような大画面の装置はそれだけで最低4千万円、普通は1億円程度の購入が必要であったので非常にローコストで大画面の出力装置を作成することに成功したと言える。

自己評価

- (a)理論的な研究としては、様々な形態の生物の遊泳・歩行運動を計算するルーチンの開発に成功したと言える。多自由度の運動を計算するには3N次元の連立方程式を解かねばならず、また、その運動方程式はそれほど単純ではないので、様々な形態の生物の運動を計算することは、不可能ではないが、大規模なプロジェクトでなければ実現不可能である。
- (b)上記(a)は、現在産業規模が拡大しているコンピューターグラフィックスの作成時に、自動的に自然なモーションを生成するルーチンの開発へ結びつくものである。この分野ではクリエイターとアニメーターが多大な時間を費やしてCGを作成しているが、力学法則に基づいて自動的に生物の動きを生成するルーチンは有用であることが判った。実際、さががけ後、経済産業省系法人マルチメディアコンテンツ振興協会から助成を受け、モーションを自動的に作成するルーチンを開発中である。
- (c)理論的なことに戻ると、並進・回転は計算でき、これによる能力の評価は可能となったが、「制御」という要素を計算することができなかった。前進する為にはどのような形態が最適で、どのような方法で前進するかはわかるようになったが、脚やヒレがどのように存在すると生存上有利で、他との競合に勝って生き残ることができるようになるかまでは判らなかった。すなわち、ここで解いたのは1体問題であり、多体が競合して生存競争した時どちらが残るかという生物としての多体問題を解くまでには至らなかった。その原因は、このプログラムの作成にはそれなりに時間を費やして途中まで計算を行ったが、さががけの期間中には有意な結果と言えるところまで持っていけないと判断したので、途中で打ち切ってしまったからである。これをやるには、授業を含めて他のことは一切やらないで、プログラム作成だけに集中して半年から1年くらいやる機会があったら、なんとかかなりそうに思えた。
- (d)多体問題へ進まなくても、1個体の運動だけでも、いまだ未解決の問題があるので、今後時間があって機会があったら、是非そちらの問題を解決したい。特に解いてみたい問題は四肢動物で海に戻った海棲爬虫類、プレシオサウルス類の遊泳形態である。これら4つのヒレを使って泳ぐ大きな動物は現存しないので、どのように泳いでいたかは実に興味ある問題である。これまでの方法を使って通りの計算を行ったが、できれば古生物学からわかっている条件や、流体力学の効果を取り入れて、なるべく精緻な議論を行いたいと思っている。
- (e)学問的にはさががけの最終段階と終了後に、古生物学、特に中生代の海棲爬虫類の研究者と共同で、これらの生態を解明し、かつそれらをリアルに再現する方向に進んでいる。ここでは実際に骨の様子を観察し、できればそこから筋肉の様子を再現し、さらに古生物学、生体運動学の知見を取り入れて、なるべく精緻に古代の生物の生態の再現に取り組む方向へ進んでおり、個人的な学問経歴としては数理アルゴリズムの問題だけで済ますことなしに良い方向へ進んでいると思っている。特に海棲爬虫類のオクチオサウルス類に多大な関心を持っているので、研究としては、この方面の研究へ進めようと考えている。またイクチオサウルス類の研究者とも交流を持つようになった。
- (f)さががけの予算で構築した仮想現実の装置は、本研究の中で最も成果を挙げたものである。当初は、具体的にこのような形になるとは予想していなかったが、3年の試行錯誤の結果、途中でアイデアが

浮かび、かつそれを実行できるだけの予算もあり、試作を2度行った結果最終的に現在のような形になった。この装置はさきがけ研究中と、終了後も神奈川大学内で運転され、いくつかのメディアで紹介されただけでなく、大学の案内や、受験生への大学紹介などにも利用されつづけている。これらは大学の見学コース内に組み込まれ、施設と内容面で訪問者の関心を大きく集めている。

(g)これらの内容をインターネットで公開する作業も、さきがけ終了後に続けており2001年には公開し、かつその後も充実させる予定である。

(h)総じて、理論的にある範囲の計算を行い部分的な成果を挙げた。また、技術面でアイデアを出し、人が関心を持つようなシステムを作成し、どちらかということこちらの方向で大きな前進があった。

この作業の最終目標は、さきがけ開始時もまた終了した現在も不変であり、「古代の地球の生態を仮想現実として現代に再現する装置を作ること」である。ただ、さきがけ開始時は単なる希望であったこの言葉が、終了後は実現へ向けて一歩前進し、技術的な可能性や、予算・人材面での見積もりが不可能でないようなところまで来ることができたように思える。この目標を実現するためには技術的な問題もあるが、なによりも予算を獲得しなければならない。この考えを実現する予算の獲得方法として、現在では、これらの作業の事業化を模索するようになった。これには当面、(i)自動モーション法プラグイン販売、(ii)4面分割仮想現実システム販売、(iii)古代生物コンテンツ販売、が考えられる。(i)、(iii)は可能だが収入はそれほど多くはない。(ii)は成功すればかなり大きくなると思われるが、施設・技術面で大きな初期投資が必要でありリスクである。

そこで現在考えているのはこれまで作った内容を web 化しインターネット上に自然史博物館を作り、その内容を充実させアクセスする人数を増やすことである。閲覧者が1万人程度では、人気のあるサイト程度で終わるが、これが10万人から100万人のオーダーになった時点でビジネスチャンスが生まれる。現在最も注力していることは、インターネット上の自然史博物館を充実させ、これを無料で公開し、閲覧者を増やし、その閲覧者を対象にビジネスを展開することである。このビジネスは一時的に古代生物からはずれて、交流ラウンジの拡大のようなものになるかもしれない。しかしあくまで私の目標は古代地球の再現であり、このようなビジネスを展開し収入を確保して、古代生物を仮想現実として再現するシステムを作りたいと考えている。そのような中で、単なるビジネスではなく、古生物について研究したり、それを再現する研究などを合わせて行うような連合体を作ることが目標である。

このようなことを行った経験はないので、まず95%くらいは失敗に終わると考えているが、それでも残りの5%にかけてこのようなことを模索し、必ずこの目標を達成するよう努力するつもりである。幸い、さきがけの勢いを借りて、マルチメディア振興協会の助成を得ることができ、その機会に KGT 社と共同で、「インターネット自然史博物館」を作成するようになった。KGT 社とは現在共同開発を行い、事業化に向けて常時アイデアを出し合い、様々な事業化を模索しているところである。

5. 領域総括の見解:

化石でしか残っていない絶滅生物の運動をバーチャル・リアリティの形で再現しようとする本研究は、空想の世界にすぎないとの批判もあったが、IT 社会への科学の参加の見地から採用した。その成果はいわゆるディズニーランドのファンタジーとは異なり、流体力学に基づいた科学的推理からみごとに復元されたもので、コンピューター・グラフィクスを駆使した成果はアメリカのスミソニアン・インスティテューションでも大いに注目された。さきがけ研究にまさにふさわしい成果で、これからの発展が期待される。今後は商業ベースに乗っていくものと思われる。

6. 主な論文等:

Usami Y. et.al. "Reconstruction of Extinct Animals in the Computer", Artificial Life VI, (MIT Press 2000).

Pages 173-177.

Usami Y et.al.. “Digital Lost-World Project”. SICE (2000).

Usami Y. “Reconstruction of Extinct Animals in the Computer II”, MRSJ, to appear in 2001.

解説

宇佐見義之他、“デジタルロストワールド計画＝5億年前の生態系を再現する”、日本ファジイ学会誌 11(1999)545.

宇佐見義之他、“デジタルロストワールド; 古代の生態系をコンピュータで再現する”、関西連合情報学会シンポジウム原稿集(2000).

宇佐見義之、“古代の生態系を CG で再現する”、(「生物の形の多様性と進化」、裳華房、印刷中。

特許

宇佐見義之、JST、“画面分割による仮想現実システム”、(2000-44516)