

## CGによる自然物体の生成に関する研究動向 (第2報)

中嶋 正之

東京工業大学・工学部・像情報工学研究施設

コンピュータグラフィクスで取り扱う対象は機械部品や建築物などのような人工的につくられた人工物体と自然界に存在する山,雲,樹木や人間のような自然物体である。その中で自然物体は、確定的にモデリングすればするほど人工的に感じられ自然さを失うため、コンピュータでの取り扱いが容易ではなかった。しかし、フライトシミュレーションにおける背景の生成、各種自然現象のシミュレーション、新しい物体表現法の研究の進展などを背景として、近年急速に自然物体のCGによる表現技法の研究が盛んになってきた。

この様な背景から、情報処理学会のグラフィクスとCAD研究会では、毎年夏に泊り込みで1つのテーマを集中的に討論する集中研究集会においてこのテーマに取り組んでいる。1昨年は、主に自然界に存在する無機物を対象に討論を行い、昨年は、人物を対象としたモデリングと表示技術の検討を行った。そこで本年は、本シリーズの3回目として、動物、植物のCG表現とその応用について検討する。

IMAGE GENERATION TECHNIQUES FOR NATURAL OBJECT  
USING COMPUTER GRAPHICS(Part 2)

Masayuki NAKAJIMA

Tokyo Institute of Technology ,Imaging Science and Engineering Lab.,

SIGCG(Graphics and CAD group in IPSJ) is holding special intensive meeting every summer. At the meeting in 1989, we discussed about computer modeling and rendering algorithm for natural objects like mountain,cloud,metal and etc. ,and at the last meeting in 1990, we discussed computer modeling and rendering for human being .

This year,we will discuss image generation technique of natural objects like animals and plants. I introduce about main themes and applications of this field.

1. はじめに

情報処理学会のグラフィクスとCAD研究会では、毎年夏に泊まり込みで、ある1つのテーマを、決めて集中的に討論するとともに研究者どうしの情報交換を目的にして集中研究集会を開催している。本年は第5回目になり、過去のテーマは以下の通りである。

第1回 ユーザインターフェース

昭和62年8月20, 21日 伊豆

第2回 ステレオグラフィクスの新しい展開

昭和63年8月25, 26日 浜名荘

第3回 自然対象物のモデリングと表現技術

平成元年8月17, 18日 浜名荘

第4回 人物のモデリングと表示技術

平成2年8月17, 18日 浜名荘

第3回以降、自然対象物のモデリングと表現技術に関するシリーズが続いており、第3回目は、自然物シリーズの第1回目、主に自然界に存在する無機物(個体、流体、柔物体、等)や自然現象のCGによる表現技法について検討し活発な討論が行われた<sup>(1)</sup>。そして、昨年、引き続き自然物体のCG表現の第2回目として、「人物のモデリングと表示技術」と題し、主に人間を対象とするCG表現の問題点、最新の動向、主な応用分野、等について集中的に検討した<sup>(2)</sup>。そして今回は、自然物体シリーズの第3回目で、「動物、植物のCG表現とその応用」のテーマの基に討論することにした。

2. 自然物体について

2. 1 自然物体の分類

現在、コンピュータグラフィクス(以下CGと略す)の分野において、我々の身の回りにある様々な物体や現象を、極力現実通りに再現、表示する研究が、アメリカや日本において活発になってきている。

2回の集中研究集会で議論した結果から、CGで対象とする自然物体を分類したものが表1である。即ち、

自然物体を大きく無機物と生命体だけに分け、人工物体を無機物の中の構造物として分類した<sup>(3)</sup>。

無機物のCG表現が、1昨年の本集中研究集会のテーマであった。これは、表に示す様に大きく分けて、個体、流体、および自然現象に分類することが出来る。その中で、現在最も研究が進んでいるのが個体であり、人工構造物は、その形状が確定的に与えられるため、比較的モデリングやレンダリングが行いやすく、従来の3次元CGの主流となっている物体である。

一方、生命体は、時間的な変化が比較的少ない植物と、自の意志や目的を持って動く動物に分けられる。そして動物は、CGの取扱のモデリングからは、表1に示す様に、人間と人間以外の動物に分類される。現在、人間のCG表現が重要なテーマとなっており、昨年は特に人物だけに焦点を絞り集中研究集会のテーマにした。

表1 主なCGの対象物体

無機物	固体	人工構造物	橋、建築物、自動車		
		固形	木目、岩石、山岳形状、金属		
	流体	人工柔物体	服地、カーテン、紙		
		管流	河川、血管		
	自然現象	表面波	海、波、さざなみ		
		気象	霧、モヤ、雲		
生命体	植物	樹木	森林、木(ケヤキ、イチヨウ、桜)		
		草花	草、花		
	動物	人間	顔	顔の表情	
		人間(以外)	以外	毛髪、皮膚	
	動物(人間以外)	動物(人間以外)	定形動物	魚、鳥、馬	
		動物(人間以外)	不定形生物	アメーバ、ブラウン運動	

そして、今回は、表1の残りの人間以外の動物と植物のCG表現について議論する。なお、植物については、CGの分野における表現やモデリングの方式としては、無機物と共通のアルゴリズムが適用されることもあり、第1回目にそのCG表現の検討を若干行った。しかし、その時は、無機物のCG表現が主体となっていたため、植物には余り議論がなされなかった。そこで今回は、改めて、生命体という共通点があるので、動物と植物という分類で集中研究集会を開催することにした。

## 2. 2 自然物体のCG表現の問題点

現在、人物を含め、多くの自然物体のCG表現の研究がなされているが、しかし、これらの自然物体の現実感のある表現には、いまだ多くの問題点がある。例えば、昨年までの集中研究集会に於て議論された主な問題点は、以下の通りである。

(1) 対象物体ごとに最も効果的なモデリングやレンダリング法が異なる場合が多い。そこで統一的な取扱が困難である。

(2) 現実感のある物体を高速かつ手軽に生成する方法とその物理法則を重要視すべきであるとの考え方の兼ねあい。

(3) CGの分野においては、現実感のある物体表現の研究の目的が明確となっていないため、大きな研究の流れとなっていない。

(2)の物理法則とCGによる簡易表現との兼ね合いの問題は、動物、植物では、その物理法則の確立が極めて困難なため、CGの簡易表現に頼らざるをえないことから、あまり重要な問題点では、ないかもしれない。しかし今回も、これらの問題点については、引き続き議論していきたいと考えている。

## 3. CGの応用を考慮した動物、植物の分類

今回は、動物と植物を対象とするが、生物の分類学上の細かな分類を行っても余り意味がない。そこで動物と植物のCG表現(モデリング、レンダリング)お

よび応用を考慮して、大まかな分類を行ったものを表2に示す。

動物・生物は時々刻々その形そのものを変形させる不定形生物と、大まかな形は変化しない定形動物に分けられ、さらに定形動物は、正確ではないが、そのCG画像の応用を考慮して大まかに分類すると、ほ乳類、昆虫、鳥類、水中動物・生物等に分けられる。

ほ乳類のモデリングやレンダリングには、前回の集中研究集会で行った人間のモデリングとレンダリング手法が比較的適用可能である。また昆虫や、水中動物、鳥類は、余り研究が進んでいないため今後の研究が待たれるが、とりあえずは従来の3次元CADの手法が適用されるものと考えられる。また時々刻々形を変化させる物体はCGの分野よりもコンピュータビジョンの研究の対象としては、大変重要であり今後の研究の対象となってくるものと考えている。

一方植物は、CGの取扱いの上で分類すると、テクスチャマッピングが適用される、樹木の集合を同時に取り扱う森林と、土木・建築の環境シミュレーションにおいて重要な個々の形状を扱う樹木、そして、草・花がある。

この分類は、独断で行ったもので大きな誤りがあるものと考えられるので、研究会の当日に議論し、大幅な変更を加えたいと考えている。

## 4. 動物のCG表現について

動物を対象とするCGのモデリングとレンダリングの分野における主なテーマを列挙すると以下の通りである。

1. 動物の形状の作成  
体全体、顔・手足等の各部位の生成
2. 動物の外形の作成  
毛皮、皮膚、  
(テクスチャマッピング、フラクタル、等)
3. 動物の表情の生成(人間と同じ)  
動物のキャラクタ

4. 動作の作成

アニメーション

(動作の解析が必要, 三角関数近似法)

1. の体全体のCGのモデリングとレンダリングは、人間を対象とするモデリングとレンダリングとほぼ同様な手法により生成可能となると考えられる。

2. の皮膚や毛の生成は、人間と同様にして、テクスチャマッピングや、フラクタルの手法が活用されるものと考えられる。

3. および4. の動物の動作のアニメーションの生成にあたっては、その動作データの入力および関数近似等の動作の解析作業が重要となる。人間の動作の解析には、対象物体上に、複数の指定点を設定して、その動きから全体の動きを解析する方式がある。このような点を動作区分点と呼んでいる<sup>(4)</sup>。たとえば、人間を対象とした場合、主として関節部に動作区分点が設定される。この動作区分点の動きを計測し、グラフ上にプロットすると、対象物体の動きが分かる。同様に人間以外の各種の動物の動作の研究もなされている

表2 動物と植物の分類とその応用

分 類				主 な 応 用	
動物	定形	ほ乳類	人	顔の表情の生成	次世代通信
			人間	胴, 毛髪	CGキャラクター
		人間以外	犬, 鹿, ウサギ, 馬 キリン, 熊	CGキャラクタ(アニメ) CG動物園 CGライブラリ	
		昆虫・虫	カブト虫, 尺取虫 ムカデ	CGライブラリ, CF ロボット工学	
	動物	は虫類	ヘビ, トカゲ	CG動物園 ロボット工学	
			鳥類	ハト, ワシ	ロボット工学 シミュレータ CG動物園
		水中動物	魚(メダカ, トビウオ) カメ クジラ 貝類	CG水族館 CF	
不定形生物		アメーバー, ブラウン運動		医用画像処理	
植物	森林	紅葉, 新緑の山 草原		フライトシミュレータ 環境シミュレーション	
	樹木	サクラ, イチョウ, プラタナス		庭園 建築・土木 成長シミュレーション CG植物園	
	草	した類 芝生		CGライブラリ 成長シミュレーション 植物学	
	花	すずらん, ゆり		CGライブラリ アート	

(5). この場合、馬や牛などの骨格を有する動物は、人間と同様に動作区分点を設定して、その動きの解析が行われている(4)。また、ヘビ、トカゲ、尺取虫などの比較的細長い物体に対しては、頭部から後尾までを等間隔に分割して区分点を設立して、動きの計測が行われている。

一方、水槽内のメダカやオタマジャクシのような小動物の動きの解析には、個々の動きよりも全体の動きが重要となる。例えば、水槽内のオタマジャクシの第1コマと最終コマの位置を求め、その動きをベクトルで表示し、このベクトル群に対してその角度のヒストグラムを求める。これにより全体として、どの方向へ移動しているオタマジャクシが多いかということが分かる。また、このベクトルからオタマジャクシの平均速度、最も近いオタマジャクシとの距離や方向など、群としての動きの様子が解析されることになる。

#### 5. 植物のCG表現について

植物のCG表現は、無機物のCG表現のにおいて有効であった手法(テクスチャマッピング、フラクタル等)が適用される。

対象の取扱方法としては、以下の3種類に分類される。

- (1) 森林としてのCG表現
- (2) 単一の樹木としての表現
- (3) 木、草、花の成長過程のシミュレーション

(1)の森林としてのCG表現とは、一本一本の樹木のCG表現を行わず、森林等の全体をまとめてCG表現するもので、テクスチャマッピングが有効な方法である。特にこのCG画像は、フライトシミュレーション等の背景として利用されている。また一面の草原の同様にテクスチャマッピングにより生成される。

(2)の単一の樹木を対象とする方法は、樹木のCG表現の中心的なテーマであり、いままで、多くの方式が提案されている。

個々の樹木のCG表現としては、以下のテーマがある。

##### a. 枝の形状の生成

枝の生え形、環境(日照、風、等の影響)の考慮

[形式文法、フラクタル]

##### b. 樹皮の生成

円筒近似による幹の生成、模様はテクスチャマッピング

##### c. 葉っぱの生成

形状を楕円体等の近似、模様はテクスチャマッピング

(3)の成長シミュレーションは、主に経年変化による植物の成長の過程をモデル化するもので、樹木を対象にして多くの生成文法が提案されている。

また同様に、草や花の形状のモデリングやレンダリングの方法が提案されている。

#### 6. 動物と植物のCG画像の応用

動物と植物のCG画像の応用について検討する。

(1) 芸術の対象である。

動物や植物は、我々人間にとって最も身近な存在であるため、その行動や表現は興味深いものである。例えば、図1に示す様に、アルタミラの洞窟の壁画に代表される様に古代人は、その動作を絵画として書きのこしている。今後もCGによるアートの分野における対象として存在し続けるものと考えられる。

(2) CGキャラクタ

図2に示すウオルト・デズニーの作品のみならず名犬ジョリー、小鹿物語などテレビや映画において動物が主役となっている作品は多数ある。今後もテレビや映画において、動物が活躍する作品は作成されていくものと考えられる。CGによる動物のモデリングやレンダリングの技術が高くなればその際のCG画像の作成には、CGによる作成が行われるようになるものと考えられる。



図1. アルタミラの洞窟の壁画



図2. 動物が主演しているデズニー作品の例

(3) 人工現実の対象 (CG動物園, CG水族館, CG植物園)

人工現実感の研究が盛んに行われているが, 同様に動物, 魚, 植物による, 人工的な動物園や水族館が作成される. また近年, 博覧会が盛んに行われる様になっており, 先の花の万博における, CG水族館の様な新しいイベントとして, 活用されるものと考えられる.

(4) 教育用のライブラリ

マルチメディアによる, パソコンとCD-ROMを活用した応用として, 教育用の動物や植物のライブラリが活用されるものと考えられる. その時, より現実感のある, 各種の動植物のCG表現が求められる.

(5) 工学への応用

昆虫や動物の動きの解析やその生成はロボット工学において有効である.

(6) フライトシミュレータ

植物は, フライトシミュレータの背景, 建築物のシミュレーション, 等に利用されており, CGの分野において重要な対象物になりつつある.

(7) 環境シミュレーションへの応用

植物のCG画像の応用として最も有望なのが建築の分野における景観表示である. CADシステムでの景観表示や景観シミュレーションのアニメーションを作

成する際, 景観図の中の要素として, 建築物とその周りの各種の自然物体が必要であり, 最も重要なものとして, 樹木がある.

6. おわりに

以上述べた簡単に動物や植物のCG表現とその応用について私個人の意見を述べたが, なにぶん新しい分野のためまだ不明確な部分が多い. 本研究集会においてその議論をふまえて本稿の大幅な訂正を行いたいと考えている.

しかし, この分野の応用は増加し, その重要性は今後益々高くなるものと予想される, この研究分野がより活発になることを期待している.

参考文献

- (1) 情報処理学会, グラフィックスとCAD研究会 1989年度集中研究集会資料
- (2) 情報処理学会, グラフィックスとCAD研究会 1990年度集中研究集会資料
- (3) 中嶋: CGによる自然物体の生成技法, 情報処理学会, グラフィックスとCAD研, 46-1, (1990)
- (4) 安居院, 中嶋, 大江: コンピュータアニメーション, 産報出版 (1983)
- (5) 中嶋, 安居院: 生命体動作の画像解析とその応用, TV学会誌, Vol.41, No.10, PP.919-923 (1987)