

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19300022

研究課題名（和文） 大規模自然景観映像生成のための効率的なCG技術の開発

研究課題名（英文） Development of Efficient CG Technologies for Producing Computer Animation of Large-scale Natural Scenery

研究代表者

千葉 則茂 (CHIBA NORISHIGE)

岩手大学・工学部・教授

研究者番号：40171946

研究成果の概要（和文）：

景観シミュレーションシステムなどのインタラクティブシステムへの応用を目的とし、規模の大きな自然現象のアニメーション映像の生成を効率的に行うための以下のような技術の開発を行った。

(1) 効率的なアニメーション技術について

① ノイズベースアニメーション技術

② ハイブリッドアニメーション技術

(2) 効率的で映像品質の高いポイントベースCG技術について

① ポリゴンモデル向きポイントベースCG技術

② 粒子ベースシミュレーション向きポイントベースCG技術

研究成果の概要（英文）：

Aiming the application to an interactive system, e.g. scenery simulation system, we developed the following technologies for efficiently producing computer animations of natural phenomena:

1. Efficient Animation Technologies

1.1 Noise-based animation techniques

1.2 Hybrid animation techniques

2. Efficient and High-quality Point-based CG Technologies

2.1 Polygon-oriented point-based CG techniques

2.2 Particle-simulation-oriented point-based CG techniques

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2008年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：コンピュータグラフィックス, 自然現象, アニメーション, シミュレーション, 揺らぎ, ノイズ, 流体, LOD

## 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、1985年より、CGによる自然景観映像を生成するために、シミュレーションベースの自然現象のアニメーション技術の開発を行ってきた。一方、近年では、CGはVRやゲームなどインタラクティブな分野での応用が拡大するなど、ますます効率的なアニメーション技術が期待されるようになった。また、この間、樹木の生長モデルをベースとした景観シミュレーションシステムの開発において、枝葉の風に揺らぐ様子の表現技術の必要性が明らかとなり、従来静的な地形などのランダム形状の表現に用いられていたノイズ (fBm : fractional Brownian motion) の揺らぎ運動の生成への応用を試み、良好な感触を得た。その後、萌芽研究 (平成17年~18年) 「ダイナミクスシンセシス : 自然現象の高速アニメーション技術」によりいくつかの現象について可能性を探る技術開発を行った。本研究は、その成果に基づき、表現対象と表現力の拡大を行うための研究を行ったものである。

## 2. 研究の目的

本研究では、以下のような効率的なアニメーション技術の開発を目的とした。

### (1) 効率的なアニメーション技術について

#### ① ノイズベースアニメーション技術

樹木、カーテンなどの平面状物体、および炎を表現対象として、風による揺らぎ現象のアニメーション技術を開発する。・樹木の枝葉の揺らぎのアニメーション技術

#### ② ハイブリッドアニメーション技術

水流や積乱雲を表現対象として、小規模な物理シミュレーションデータをベースとして、規模の大きな、また長時間のアニメーションを生成するためのハイブリッドアニメーション技術

### (2) 効率的で映像品質の高いポイントベースCG技術について

#### ① ポリゴンモデル向きポイントベースCG技術の開発

形状特徴と映像品質を保持した点群のLOD (Level Of Detail, 軽量化) 表現技術

#### ② 粒子ベースシミュレーション向きポイントベースCG技術の開発

内部を含む点群の表面粒子の決定法とその表面粒子における法線を決定する技術

## 3. 研究の方法

### (1) 研究のベースとした技術

樹木の形状モデルには既開発の樹木の生長モデルを用いた。また、水流のシミュレーシ

ョンには東京大学越塚教授提案のMPS法とO'Brienのセルオートマトン法をベースとした。fBmの生成にはFFTによるスペクトル合成法を用いた。風センサには、小型マイクロホンを活用した。雲の成長モデルには既開発の粒子ベースシミュレーション法を用いた。ポイントベースレンダリングには、スプラッティング法を用いた。

### (2) 研究体制

連携研究者として、藤本忠博准教授に協力を得て実施した。藤本准教授には、主にフラクタル理論に関する知見から、fBmの活用法やアルゴリズムの詳細検討を担当してもらった。また本研究では、作業としてプログラム開発やコンピュータ実験が中心となることから、研究協力者として、ポスドクと博士後期課程生を雇用して推進した。

### (3) 研究設備

本研究における効率性は、現在の標準的なPC環境を想定して評価を行うため、プログラム開発及びコンピュータ実験の研究用設備としてはPCを用いた。

## 4. 研究成果

以下のような研究成果が得られた。

### (1) 効率的なアニメーション技術について

#### ① ノイズベースアニメーション技術

a. 樹木の枝葉の揺らぎアニメーションについて、特に広葉樹で顕著に見られる枝葉のまとまりで上下に風に煽られるようなモーションを実現するために、空気力学を適用するアルゴリズムを考案し、コンピュータ実験によりその効果について確認できた。

b. 樹木の枝葉の揺らぎアニメーションについて、特に枝は風の振動がそのまま反映される訳ではないので、固有振動数と減衰係数を考慮した片持ち梁モデルを考案し、コンピュータ実験によりその効果について確認できた (図1)。この成果は、アニメーションの国際会議CASA2009に採択され、論文はJournal of Computer Animation & Virtual Worldに掲載された。

また、効率性の観点から改良を検討し、一部数値シミュレーションを行わずに済むことが分かった。

今後の課題として、aとbの技術の統合、またモーダル解析の知見の利用が挙げられる。

c. マイクロホンによる風速センサを開発し、実空間と連動して動作する揺らぎアニメーションシステムを開発した (図2)。また、マイ

クロホンを複数用いて、風向も検出できる風センサを開発した。

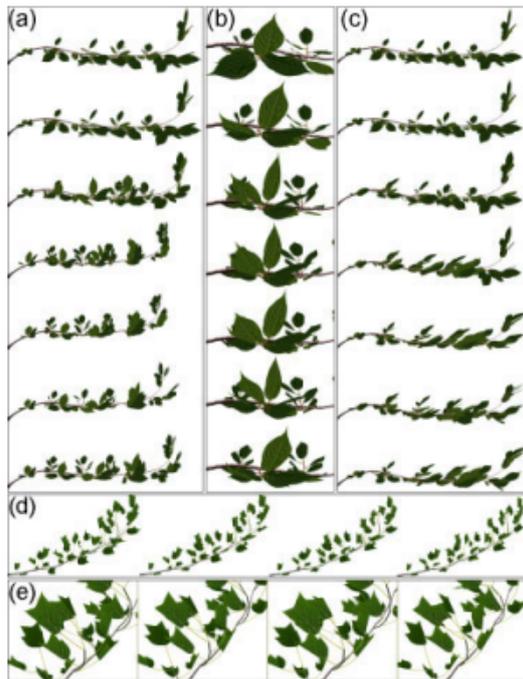


図1. 固有振動数と減衰係数を考慮した片持ち梁モデルによる振動アニメーション



図2. マイクロホンによる風センサと揺らぎアニメーション

前者について、芸術科学会第7回論文賞を受賞している。

d. 2次元平面状物体の揺らぎアニメーション法をカーテンと旗を表現対象として考案し、実験により効果を確認した(図3)。これらのモデルは、布の柔らかさをパラメタとして持っている。カーテンについては、芸術科学会第24回 NICOGRAPH 論文コンテスト・審査員特別賞を、また旗については、第9回 NICOGRAPH 春季大会 論文 & アート部門コンテスト・最

優秀論文賞を受賞している。



図3. 風に揺らぐカーテンのアニメーション

今後の課題として、旗については、風が微弱なときの垂下状態でのドレープの表現を強化することが挙げられる。

e. 炎のアニメーションについて、ろうそくの静止画像(写真)から炎の揺らぎアニメーションを生成するためのノイズベースモーフィング法を考案し、実験によりその効果について確認できた。また、任意方向からの風に対応できるように疑似3次元化への拡張を行った(図4)。



図4. 疑似3次元化アニメーション

さらに、たき火などの通常の炎を表現するために、ノイズにより合成した炎のアニメーションプリミティブを、線状揺らぎを行うビルボードへマッピングし、炎の大きな形状変形を可能にするアニメーション法を考案した。実験に基づく改良が期待される。

f. 風の場の生成法について、既存の風のスペクトルモデルについて、測定値に対するパラメタの同定法と、高次元モデルへの拡張法を考案した。これまでの成果を基に、風の場の標準的な3次元モデルとなるような技術開発ができると考えている。また、今後の課題として、風の場の評価(可視化)に適する揺らぎアニメーション技術の開発が期待される。

## ②ハイブリッドアニメーション技術

a. 次元上げ技術として、2次元セルラオートマトン型計算モデルによる疑似3次元水流の効率的な表現法を開発した(図5)。

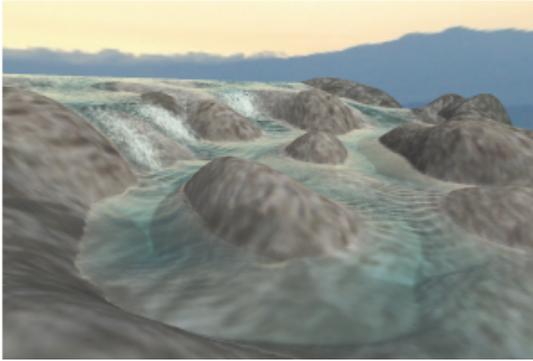


図5. 疑似3次元水流のアニメーション

b. 2次元碎波の粒子ベースシミュレーション (MPS 法) データから3次元碎波を生成する方法について、岩などの障害物を仮定した表現法について、基礎的な検討と実験を行った。そのために、碎波の複数の2次元スライス上でのシミュレーションデータから3次元データを生成する方法について、障害物周辺でシームレスに融合させるための補間法について検討を行った。

a や b のようなアプローチの異なる技術の融合により、より複雑な流れをもつ景観映像のアニメーション技術の開発も期待される。

c. スケール拡大技術として、粒子ベースシミュレーションデータをプリミティブとして大規模な積乱雲の生成を行うための LOD 可能な手法の開発を行った (図6)。また、爆発火炎の成長アニメーションについて、プリミティブのマッピングのタイミングや成長経路の生成について種々検討を行った。



図6. スケール拡大による積乱雲の成長

d. エンドレス化技術として、定常的な流れ現象について、限られた時間での粒子ベースシミュレーションデータを基に、エンドレスな流れを生成する方法について、速度場の生成と粒子によるトレースを基本としたアプローチについて基礎的な検討を種々行った (図7)。その結果、速度場としては、マルコフ型速度場が有効であることが明らかとなった。今後の課題として、マルコフ型速度場から、水流の表面の揺らぎを直接生成する方法の開発が挙げられる。

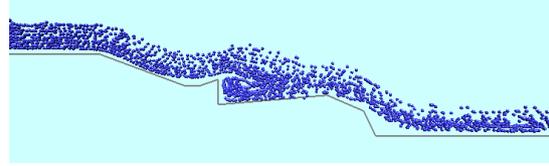


図7. マルコフ型速度場によるアニメーション

(2) 効率的で映像品質の高いポイントベースCG技術について

①ポリゴンモデル向きポイントベースCG技術

a. 特徴的な点群を保持したLOD (Level Of Detail, 軽量化) 技術を、バイラテラルフィルタのアプローチにより考案し、実験によりその効果を確認した。

b. 可変サイズのスプラットを用いた点群の表現技術を、k-近傍探索に基づくアプローチにより考案し、実験によりその効果を確認した。

②粒子ベースシミュレーション向きポイントベースCG技術

a. 粒子群から表面を構成する点群の抽出技術を、共分散解析のアプローチにより考案し、実験によりその効果を確認した。

b. 表面を構成する点群から法線を決定する技術として、球面方程式の適用と、法線ベクトルの方向補正により求める方法を考案し、実験によりその効果を確認した。

これらの技術を適用して得られる CG 画像を図8に示す。今後の課題として、このような要素技術をライブラリとして開発することが挙げられる。

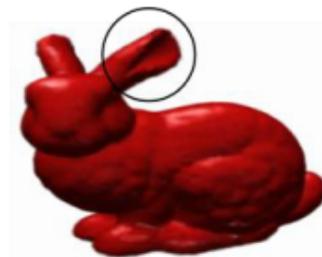


図8. 可変サイズスプラットによるレンダリング

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Shaojun Hu, Tadahiro Fujimoto and Norishige Chiba, Pseudo-dynamics model of a cantilever beam for animating flexible leaves and branches in wind field, Journal of Computer Animation and Virtual World, 査読有, Vol.20, No2-3(CASA'2009 Special), pp.279-287, 2009
- ② Marcelo M. Maes, Tadahiro Fujimoto, Norishige Chiba, Low-Memory and Interactive-Rate Animation of Water-Column Based Flows, The Journal of the Society for Art and Science, 査読有, Vol.7, No.1, pp.1-13, 2008
- ③ Mamat Abdukadir, Tadahiro Fujimoto, Mamtimin Geni, Norishige Chiba, An Efficient Hybrid Method for Animating the Growth of Large-Scale Cumulus-Type Cloud, The Journal of the Society for Art and Science, 査読有, Vol.6, No.4, pp179-196, 2007
- ④ 菅野研一, 千葉則茂, マイクロホンベースの風速センサの開発と実世界の風に揺らぐ樹木のリアルタイムアニメーションへの応用, 芸術科学会論文誌, 査読有, Vol.6, No.4, pp.207-214, 2007

[学会発表] (計26件)

- ① Batchimeg Sosorbaram, Batjargal Sosorbaram, Tadahiro Fujimoto and Norishige Chiba. Constructive Neighbors for Point Set Surfaces, NICOGRAPH International 2010, 2010.6.18, FURAMA Riverfront, Singapore
- ② P.Nugjar, T.Fujimoto and N.Chiba, Generating Endless Animation of Water Stream Based on Time-Limited Simulation, IWAIT2010, 2010.1.10, Renaissance Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia
- ③ Shaojun Hu, Tadahiro Fujimoto and Norishige Chiba, Pseudo-dynamics model of a cantilever beam for animating flexible leaves and branches in wind field, CASA'2009, 2009.6.19, Het Trippenhuis, Amsterdam, The Netherlands
- ④ Batchimeg Sosorbaram, Tadahiro Fujimoto, and Norishige Chiba, Generation of Multiresolution Point Set Surfaces using Multisized Splats, NICOGRAPH International 2009, 2009.6.19, 金沢歌劇座, 金沢市
- ⑤ K.Kanno, N.Chiba, Microphone-based Wind Velocity Sensors and Their

Application to Interactive Animation, IWAIT2009, 2009.1.12, Korean Hall of Science and Technology, Seoul, Korea

[その他]

ホームページ等

[http://www-cg.cis.iwate-u.ac.jp/lab\\_onl  
y/kakenhi/kiban.html](http://www-cg.cis.iwate-u.ac.jp/lab_onl<br/>y/kakenhi/kiban.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

千葉 則茂 (CHIBA NORISHIGE)

岩手大学・工学部・教授

研究者番号: 40171946

### (2) 研究分担者 (平成19年度)

藤本 忠博 (FUJIMOTO TADAHIRO)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号: 00312512

### (3) 連携研究者 (平成20-21年度)

藤本 忠博 (FUJIMOTO TADAHIRO)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号: 00312512