

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20500082

研究課題名（和文） 超高精細 CG 画像の高速生成に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Fast, High-quality Synthesis of CG Images

研究代表者

土橋 宜典（DOBASHI YOSHINORI）

北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：00295841

研究成果の概要（和文）：これまで CG において扱いが困難であったガス状物体や変形物体の高速表示手法を開発した。提案手法では、あらかじめデータベースを構築しておくことによって、高速に画像を生成する。提案法によって、雲や人物、布などの形状が時々刻々と変化する映像を画像 1 枚あたり、0.1 秒程度で作成することが可能となった。従来法では、数分から数十分の時間を要していた。

研究成果の概要（英文）：We developed fast methods for the generating synthetic images of gaseous objects and deformable objects. These objects have been difficult to be handled and it took about several minutes to create an image of these objects. Our method creates a database in a preprocessing step to accelerate the image generation process. The proposed method made it possible to generate an image within 100 milliseconds.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：コンピューターグラフィックス

科研費の分科・細目：情報学・メディア学・データベース

キーワード：ガス状物体，変形物体，高速計算，データベース，リアルタイム

1. 研究開始当初の背景

CG において、実写レベルの映像のリアルタイムな生成は重要な研究課題である。その解決法として、計算の一部を前処理において行い、中間データとして保存しておくことで大幅な高速化を図るという考え方に注目が集まっている。この考え方に基づいた数多くの手法が提案されているが、実写レベルの映像を再現するための要素を網羅した手法は存在しない。いずれの手法も実験的な応用例が示されているに過ぎず、現実世界の複雑

かつ高精細な現象・物体を包括的に扱うことは考慮されていない。

2. 研究の目的

本研究では、前節で述べた課題を解決し、これまでにないリアリティの高い映像をリアルタイムに生成できる手法を開発する。これまでの手法では、静的な物体の画像など、対象物体になんらかの制約を課すことで高速計算を実現していた。本研究では、このような制約を除去できる新たな手法を構築す

る。具体的には、以下の項目についての手法を開発する。

- ・雲や煙、炎など不定形物体(以下、ガス状物体と呼ぶ)を考慮した高速画像生成手法の開発。
- ・物体が移動・変形する場合まで考慮した高速画像生成手法の開発。
- ・大規模データのための前処理データの計算・管理方法とこれを利用したリアルタイム画像生成手法の開発

3. 研究の方法

以下の項目について研究を行った。

(1) 動きの計算に関する研究：ガス状物体のリアルな動きを計算するための方法について調査・実装を行う。そして、その結果について、リアリティや計算コストの観点から評価する。その上で、動的な物体とガス状物体の相互作用を高速に計算できる手法を構築する。GPU を利用した並列計算を行うことで高速化を図る。

(2) 輝度計算に関する研究：ガス状物体および変形物体に対する既存の高速輝度計算方法を調査し、その上で、新たな計算方法を構築する。ガス状物体の場合、一次散乱だけでなく多重散乱まで考慮することが重要である。それぞれの方法に適した手法を新たに開発する。高速性を確保するため、GPU を利用した並列計算方法を構築する。

(3) 大規模データを扱いに関する研究：動的なデータや超高精細なデータを扱う場合、極めて大量の前計算データが必要となる。また、GPU を利用した並列計算を行う場合、GPU 上のメモリ領域は多くない。そのため、前計算データの効率的な圧縮方法やメインメモリやハードディスクとの効率的なデータの入れ替え方法ないしはシステムの開発を行う。

4. 研究成果

前節で述べた、(1) 動きの計算、(2) 輝度計算、(3) 大規模データの扱い、それぞれについて研究成果を述べる。

(1) 動きの計算に関する研究：ガス状物体の動きを計算するための手法について調査および検討を行った結果、数値流体解析を利用した手法が有効であることがわかった。そこで、最も単純なガス状物体である煙について、リアルな動きを表現できることを確認した。次に、煙と動的物体との相互作用を精度良く、かつ、効率よく計算するため、多重格子を用いたシミュレーション手法を新たに開発した。図1はその方法による計算例であ

る。図1に示すように、物体周辺に物体に追従する局所格子を発生させることで高精度化と効率化を図っている。それぞれ、一様格子分割を行っているため、GPU での並列計算が容易になり高速性が保たれる。この成果はコンピュータグラフィックス分野において国際的に評価が高い論文誌にて公表した。

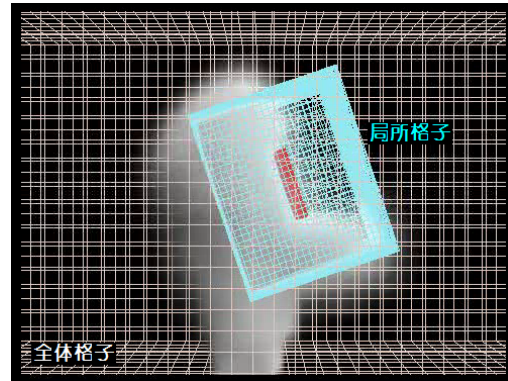


図1：多重格子による煙のシミュレーション

しかし、上述の方法を用いてもガス状物体のデータサイズが大きくなると計算コストが増大し、高速計算が難しくなるため、前もって保存しておいた動きのデータから任意の動きを合成する手法の考案も行った。ここでは、ガス状物体として、雲を対象に手法を構築した。まず、前もって数値流体解析によってあらかじめ動的な雲の時系列ボリュームデータを作成しておく。これを基本動きデータベースと呼ぶ。また、任意の二つの時刻における雲のボリュームデータの類似度をあらかじめ計算しておく。そして、この類似度に基づいた確率に従い、ランダムに雲のボリュームデータを選択することで新しい動的な雲のデータを生成する。図2はこの方法によって生成した雲のデータを表示した例である。

(2) 輝度計算に関する研究：

ガス状物体と変形物体の動的データに対して高速に輝度計算を行う手法を考案し、実装してその有効性を確認した。

①ガス状物体に対する輝度計算

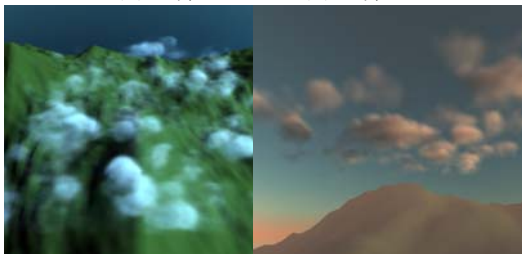
ガス状物体の輝度計算においては、一次散乱と多重散乱を考慮する必要がある。また、光源として、周辺全体から入射する環境光源を考慮する必要がある。環境光源や多重散乱を考慮した計算は、一般に、極めて高い計算コストが必要である。そこで、前もって中間データを保存する手法を考案した。一次散乱と多重散乱それぞれについて異なる手法を考案した。

一次散乱については、環境光がガス状物体内部を通過する際の光の減衰率を前もって計算し、球面調和関数展開することで高速計算を実現する方法を考案した。図2はこの方

法を用いて計算した単純な雲の画像の例である。(a)は提案法を用いずに正確に輝度計算を行った場合、(b)は提案法を用いた場合である。これらの図から提案法により正確に輝度計算が出来ていることがわかる。また、計算時間は、図2(a)は16.9秒、図2(b)は0.42秒であった。提案法により40倍の高速化が達成できた。図2(c)は提案法を屋外景観に応用した例である。この成果は国内の主要な論文誌において公表した。



(a)提案法なし (b)提案法



(c)応用例

図2:環境光源を考慮した雲の輝度の計算例



図3:多重散乱を考慮した雲の輝度の計算例

次に、さらなるリアリティと計算速度の向上を図るため、多重散乱の考慮とGPUによる並列計算を実現した。多重散乱では、雲内部の任意の二点間を光が通過する際の光の減衰率の計算に時間がかかる。そこで、この部分を前もって計算して記憶しておく方法を考案した。データ容量が膨大になるため、木

構造を利用してデータ圧縮を測り、圧縮された状態で輝度計算を行うことができる。図3はこの方法によって生成した屋外景観の例である。動的な雲の表示に提案法を用いている。視点位置および太陽方向を変更した画像を約0.05秒で作成できる。この成果は、コンピュータグラフィックスにおける著名な国際会議において発表した。



図4:移動・変形物体の輝度計算例

②変形物体に対する輝度計算

動的に移動・変形する物体の輝度を高速に計算する手法の開発を行った。輝度計算において、最も計算コストを要するのは、影の計算である。影の計算は、計算点から見える光源の範囲(可視範囲)を決定することで計算される。そこで、この部分を高速化するための二つの方法を開発した。いずれの手法も、まず、動物体を球の集合で近似することで影計算の高速化を図る。

一つ目の方法は、球の境界と計算点の法線とのなす角の最大値または最小値を用いて近似的に可視範囲を計算する方法で、極めて高速に計算が行えるが、精度的には問題が残っている。この部分を改良したのがもう一つの方法で、より正確に可視範囲を算出する。具体的には、計算点から見える領域を格子状に分割し、各格子ごとに可視範囲の算出を行う。これにより、計算速度は若干低下するものの、リアルタイム性を保ったまま、高精度に影計算を行うことを可能とした。この方法により、拡散反射だけでなく、これまで困難であった動物体に対する鏡面反射による輝度計算も高速かつ高精度に扱うことを可能とした。

図4はこれらの方法を用いて画像生成を行った例である。上段の手法は、一つ目の手

法, 下段の手法は二つ目の手法を用いて作成した画像である. いずれの画像も物体の移動・変形が生じた場合でも, 0.01秒から0.1秒で画像を生成できる. これらの成果は国内外の著名な論文誌において公表した. 特に, 二つ目の手法は, コンピュータグラフィックス分野において国際的に評価の高い論文誌にて公表した.

(3) 大規模データを扱いに関する研究

地球規模の雲のような大規模なガス状物体を可視化するシステムについて開発を行った. 前もって任意の方向から見た雲の輝度をすべての点について計算しておくことで高速に大規模な雲の表示を行う. しかし, 地球規模の雲の場合, データ量が極めて膨大になるため, ベクトル量子化を利用した圧縮行い, さらに, データを階層的に管理する手法を開発した. これによって, 数百キロから数千キロに及ぶ雲のデータをリアルタイムに表示することが可能となった. また, 雲のみでなく, 大気の効果や雲が地面に落とす影についても, 高速に計算する手法を開発した.

図5はこのシステムをリアルタイムスペースフライトシミュレータへ応用した例である. この成果はコンピュータグラフィックスにおける著名な国際会議において発表した.

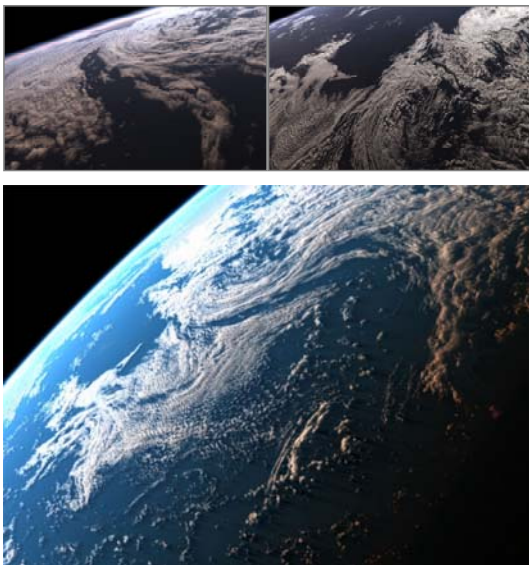


図5:地球規模の雲の表示例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① Y. Dobashi, T. Yamamoto, T. Nishita, "A Fast Simulation Method Using Overlapping Grids for Interactions

between Smoke and Rigid Objects, Vol. 23, pp. 539-546 (2008)

- ② Y. Dobashi, T. Yamamoto, T. Nishita, "An Interactive Rendering System Using Hierarchical Data Structure for Earth-scale Clouds," Science in China Series F: Information Sciences, Vol. 53, pp. 920-931 (2010).

- ③ K. Iwasaki, W. Furuya, Y. Dobashi, T. Nishita, "Real-time Rendering of Dynamic Scenes under All-frequency Lighting using Integral Spherical Gaussian," Computer Graphics Forum, Vol. 31, No. 2, pp. 727-734 (2012)

[学会発表] (計11件)

- ① W. Furuya, K. Iwasaki, Y. Dobashi, T. Nishita, "An Efficient Calculation Method of Spherical Signed Distance Functions for Real-time Rendering", ACM SIGGRAPH ASIA 2011 Technical Sketches, Hong Kong Convention Center (香港)

- ② K. Iwasaki, T. Nishino, Y. Dobashi, "Real-time Rendering of Endless Cloud Animation", Pacific Graphics 2011, 2011年9月21日, The Splendor Hotel (台湾).

- ③ Y. Dobashi, T. Yamamoto, T. Nishita, "Interactive and Realistic Visualization System for Earth-scale Clouds," Proc. Pacific Graphics 2009, 2009年10月7日, チェジュ (韓国)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土橋 宜典 (DOBASHI YOSHINORI)
北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 00295841

(2) 研究分担者

岩崎 慶 (IWASAKI KEI)
和歌山大学・工学部・准教授
研究者番号: 90379610