

2ZC-5

大域照明モデルに基づいた ガス状物体の表現手法に関する一検討

内山 知之† 山内 斉‡ 小林 広明† 中村 維男†

† 東北大学情報科学研究科 ‡ 電気通信大学情報システム学研究科

1 はじめに

コンピュータグラフィックスの分野において、ガス状物体の表現手法に関する研究は魅力的なテーマの一つである。ガス状物体は、一般に3次元ボリュームデータとして表され、ボリュームレンダリング法を用いて表示される。しかしながら、これまでに提案されている大域照明モデルに基づくレンダリング手法は、主に面で表わされた物体に着目しており、ガス状物体の扱いが困難であった。

本報告では、ガス状物体を大域照明モデルに基づいてレンダリングする手法を提案する。この実現のために、ガス状物体における輻射伝熱モデルを基にして、マルチパスレンダリング法を拡張する。

2 ガス状物体における輻射伝熱モデル

ラジオシティ法 [1] では、面で表わされた物体間の光の授受に伝熱学における表面間の輻射伝熱モデルを適用している。本報告では、ガス状物体においても輻射伝熱モデルを適用する [2]。

ガス状物体における輻射伝熱モデルでは、複数の物体から輻射されるエネルギーの平衡状態を考慮する。この平衡状態を表す式を輻射伝熱方程式と呼ぶ。輻射伝熱方程式は図1に示すように、断面積 dA 、長さ ds のガス状物体の体積要素に関する輻射エネルギーの平衡を示している。

ここで I は s 方向からこの体積要素に入射するエネルギーを表す。また、 K_a は吸収係数、 K_s は散乱係数である。 I_B は、ガス状物体を理想的に黒体であると仮定したときの物体の輻射エネルギーである。式 (1) の右

辺の第1項は、吸収によるエネルギーの減衰、第2項はガス状物体からの放射、また第3項は散乱を表す項である。また、 p は s' 方向の光が s 方向へ散乱される確率を表す位相関数である。

$$\frac{dI}{ds} = -(K_a + K_s)I + K_a I_B + \frac{K_s}{4\pi} \int_{4\pi} I(\Omega) p(s', s) d\Omega \quad (1)$$

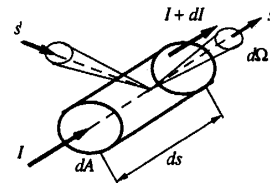


図1: 輻射伝熱方程式の意味

3 ガス状物体を考慮したマルチパスレンダリング法

3.1 マルチパスレンダリング法の拡張

大域照明モデルに基づくレンダリング手法としてマルチパスレンダリング法が提案されている [4]。マルチパスレンダリング法は、ラジオシティ法とレイトレーシング法の組み合わせであり、物体表面上の鏡面反射と拡散反射を同時に再現することが可能である。しかし、これまでのマルチパスレンダリング法が扱う物体は主に面で表わされたものであり、ガス状物体の扱いが困難であった。

本報告では、ガス状物体を大域照明モデルに基づいてレンダリングするために、マルチパスレンダリング法を拡張する。具体的には、ガス状物体をボリュームとして表わし [3]、その間の光の授受を輻射伝熱モデルに基づいて計算する。このため、拡張されたマルチパスレンダリング法では、面で表わされた物体とボリュームで表わされたガス状物体を統一的に扱うことが可能となる。

A Study of A Global Illumination Model for Rendering Gaseous Objects

† Tomoyuki Uchiyama, Hiroaki Kobayashi, Tadao Nakamura

GSIS, Tohoku University

‡ Hitoshi Yamauchi

GSIS, University of Electro-Communications

3.2 実装

3.2.1 ラジオシテイスティージにおけるガス状物体の扱い

マルチパスレンダリング法におけるラジオシテイスティージでは、輻射伝熱モデルに基づき、物体間のエネルギーの授受計算を行う。本報告では、ガス状物体として、散乱や放射に比べ吸収が支配的である物体に着目する。このため、式(1)における吸収による光線の減衰のみを考慮する。エネルギーの吸収はボリュームの不透明度に比例して行われ、この吸収したエネルギーがボリュームの輝度となる。

3.2.2 レイトレーシングステージにおけるガス状物体の扱い

マルチパスレンダリング法におけるレイトレーシングステージでは、視点からスクリーン上の各ピクセルを通してレイを放射し、物体と交差する毎に輝度計算を行い、それをレイに加えていく。ガス状物体とレイが交差した場合には、ボリュームレイキャスティング法に基づき [3], ボリュームが持つ輝度と不透明度をレイに加算する。この際、反射や散乱は考慮しない。

4 実験及び評価

ガス状物体を考慮したマルチパスレンダリング法を Sun Ultra 1 (Ultra SPARC 167MHz) 上に実装した。

実験には、四方を壁で囲まれた空間中に球状のガス状物体を配置したシーンを用いた。ガス状物体の中心部の不透明度は外側に比べ高くした。ここで、光源は天井の中心にあり、ボリュームは視点から見て光源より奥に位置する。また、シーンパラメータとして、スクリーンサイズを 512×512、ボリュームの解像度を 64×64×64 とする。

実験結果を図 2 に示す。実験に用いたシーンのレンダリング時間は約 1200 秒であった。図 2 ではボリュームの陰が床面とボリュームの背後の壁に確認できる。これは、ボリュームとボリュームを通過する光線の相互作用により、ボリュームにエネルギーが吸

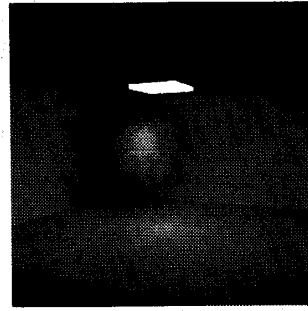


図 2: 実験結果

収され、光源に対してボリューム背後に存在する物体に届くエネルギーが減衰したためである。

実際に自然界において、雲の存在は陰を生成する。この結果から、本手法によって、より現実に近い写実的な画像の生成が可能になったと考える。

5 おわりに

本報告では、ガス状物体を大域照明モデルに基づきレンダリングするために、ガス状物体における輻射伝熱モデルについて述べ、その実現方法として、マルチパスレンダリング法の拡張を行った。拡張したマルチパスレンダリング法では、ガス状物体を写実的に表現するだけでなく、面の集合で表わされた物体とボリュームで表わされたガス状物体を統一的に扱うことが可能になった。

今後の課題としては、吸収以外の放射や散乱の効果の実装や、計算の高速化のために並列計算機上へ実装することが挙げられる。

参考文献

- [1] Michael F. Cohen, Shenchang Eric Chen, John R. Wallace, and Donald P. Greenberg. A progressive refinement approach to fast radiosity image generation. *Computer Graphics (SIGGRAPH '88 Proceedings)*, 22:75-84, August 1988.
- [2] H.C.Hottel and A.F.Sarofim. *Radiative Transfer*. McGraw-Hill, New York, 1967.
- [3] Marc Levoy. Display of surfaces from volume data. *IEEE CG & A*, 8(5):29-37, May 1988.
- [4] John R. Wallace, Michael F. Cohen, and Donald P. Greenberg. A two-pass solution to the rendering equation. *Computer Graphics (SIGGRAPH '87 Proceedings)*, 21(4):311-320, July 1987.