

平成21年5月28日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700095

研究課題名(和文) 大域照明を考慮した動的なシーンの高精細かつ高速な画像生成の研究

研究課題名(英文) Fast, Realistic Rendering of Dynamic Scenes with Global Illumination

研究代表者

岩崎 慶 (IWASAKI KEI)

和歌山大学・システム工学部・講師

研究者番号：90379610

研究成果の概要：

本研究では、シーン中の光源や物体が移動する動的なシーンのための、高精細かつ高速なレンダリング(画像生成)方法の開発を行った。高精細な画像を生成するためには、大域的な光の伝播(大域照明モデル)を正確にシミュレーションする必要がある。本研究では、大域照明の中でも特に相互反射光(物体間で反射する光)に焦点を当てた高速なレンダリング方法の開発を行った。物体による反射光は、物体を2次的な光源と見なすことによって計算する。この計算をGPU(Graphics Processing Unit)で処理することにより、相互反射を考慮した動的シーンのリアルタイムレンダリングを実現した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	300,000	3,000,000

研究分野：総合分野

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：グラフィクス

## 1. 研究開始当初の背景

高精細な画像を生成する研究は、コンピュータグラフィクス(CG)の分野において重要な研究課題の一つである。物体で反射した光が別の物体を照らす大域照明効果である相互反射光は、高精細な画像を生成する上で考慮すべき重要な照明効果の一つである。大域照明の計算は非常に計算コストが高く、高速に画像生成することは難しい。しかしながら、照明設計やインテリアデザイン、ゲームなど

のアプリケーションでは、物体や光源を自由に動かしてリアルタイムに画像を生成することが求められる。また、照明設計やインテリアデザインでは、間接光である相互反射光の考慮が特に必要である。そのため、物体や光源を動かすような動的なシーンを、相互反射光を考慮してリアルタイムにレンダリングする研究は重要といえる。

## 2. 研究の目的

本研究は、動的なシーンのための相互反射を考慮した高精細なレンダリング法を開発する。本研究では、高性能化が著しいGPU(Graphics Processing Units:描画に特化した高性能ハードウェア)を利用することによってリアルタイムな画像生成を行う。申請者は、本研究の基盤となるレンダリングシステムの開発を先行研究として行っており、基礎実験を行い良好な結果を得ていた。しかしながら、この先行研究では次のような制約が存在する。

- 物体表面の反射特性として、全方向に一律に反射する拡散反射面にしか対応していない
- 前計算したデータ量が大きく、ゲーム機のようにメモリ容量が少ないマシンへの適用が難しい
- レンダリング速度がリアルタイム(30フレームレート)に達していない

以上の3点の制約を解決するため、以下の項目について研究を行った。

- 1) 任意の材質の反射特性(BRDF)の考慮
- 2) 相互反射光の計算に必要な前計算データの圧縮
- 3) 階層化およびクラスタリングによる相互反射計算の高速化
- 4) GPUを用いたリアルタイムレンダリング

## 3. 研究の方法

### (1) 任意の材質の反射特性(BRDF)の考慮

反射特性BRDFは大別すると、拡散反射(反射率は方向によらず一定)・光沢反射(反射率は反射方向に依存する)・鏡面反射(入射方向が法線に関して対象な方向にのみ反射)となる。先行研究では、拡散反射を考慮できていたため、本研究では光沢反射および鏡面反射を考慮する。

光沢反射を考慮するために、光の入射方向と出射方向の関数であるBRDFを入射方向のみに依存する項と出射方向のみに依存する項に分解する。このように分解することによって、拡散反射を考慮した先行研究のフレームワークに出射方向の関数を乗算することによって、光沢反射を考慮することができる。

鏡面反射において、物体自身が映り込む自己反射を考慮する。物体表面の各頂点において、法線を鉛直方向とした半球上にサンプル方向を設定し、サンプル方向から入射したレイを前計算時に追跡し、その方向を記憶しておく。レンダリング時には、各頂点と視線の方向を基に、その方向に入射したレイが最終的に物体から放出するレイの方向を、前計算したデータから補間によって求めることで、自己反射を考慮する。

### (2) 相互反射光用前計算データの圧縮

物体を2次元的な光源として相互反射光を計算する。主成分分析で計算した基底関数を輝度とする光源が周囲の点に放射する輝度分布を、物体の重心を中心とした同心球上に細かくサンプリングした点で保存する。数多くの点で放射輝度を保存するため、データ量が大きい。このデータを様々な方法で圧縮を試みた結果、特異値分解による圧縮が、圧縮率、データの復元のスピードともに適していることがわかった。

### (3) 階層化・クラスタリングによる高速化

2次元的な光源と見なす物体から反射して、別の物体へ入射する光は、2次元的な光源と物体との距離が大きい場合には、物体と近隣の点では似たような分布をとる。そこで、物体間の距離によって階層化し、物体表面の頂点をクラスタリングし、頂点単位ではなくクラスタ単位で入射光の計算を行うことで高速化を図った。

### (4) GPUを用いたリアルタイムレンダリング

物体の各頂点での相互反射光の計算は、独立した計算であるため並列的に計算可能である。そこで、並列計算機であるGPUを用いて高速化を行った。具体的には、物体表面の各頂点とテクスチャの各ピクセルを一対一に対応させ、各ピクセルの処理をフラグメントプログラムで行う。GPUでは各ピクセルの処理を並列で処理してくれるため、自動的に並列化される。本研究では、GPU化することにより6倍から10倍高速化を達成した。

## 4. 研究成果

研究成果を以下に示す。図1, 2, 3は相互反射光を考慮してレンダリングした画像である。光源の移動を20fpsでレンダリングすることができる。物体の移動は7fpsでレンダリングできる。図4と図5は相互反射光の比較である。図6は鏡面反射を考慮したレンダリングであり、リアルタイムにレンダリングすることができる。



図1 相互反射を考慮した部屋のシーン

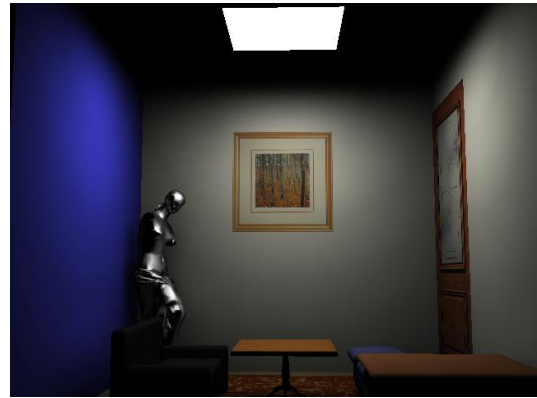


図4 直接光のみを考慮



図2 光沢反射物体, 拡散反射物体の移動

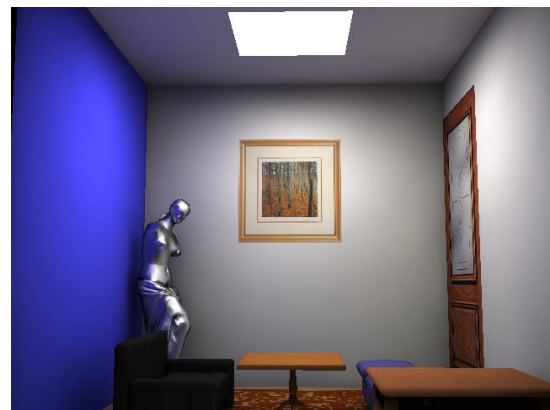


図5 相互反射光を考慮



図3 光源の移動



図6 自己反射を考慮した鏡面反射物体

本研究は、動的なシーンにおける大域照明を考慮した高速なレンダリング手法を提案した。今後の課題として、形状が変形する物体への適用が挙げられる。

#### 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 K. Iwasaki, S. Nakatani, F. Yoshimoto, ``Real-time Rendering of Specular Surfaces Taking into Account Self-Reflection'', Journal of IIEEJ, Vol.37, No.4, pp.405-411, 2008 (in Japanese). (査読有)
- ② K. Iwasaki, Y. Dobashi, F. Yoshimoto, T. Nishita, ``Precomputed Radiance Transfer for Dynamic Scenes Taking into Account Light Interreflection'', Proc. of Eurographics Symposium on Rendering 2007, pp.35-44, 2007. (査読有)
- ③ K. Iwasaki, S. Nakatani, S. Takagi, F. Yoshimoto, ``Interactive Rendering of Specular Surfaces Taking into Account Self-Reflection'', Proc. of IEVC 2007 in CDROM, 2007. (査読有)
- ④ Y. Yue, K. Iwasaki, Y. Dobashi, T. Nishita, ``Global Illumination for Interactive Lighting Design using Light Paths Precomputation and Hierarchical Histogram Estimation'', Proc. of Pacific Graphics 2007, pp.87-96, 2007. (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Y. Yue, K. Iwasaki, Y. Dobashi, T. Nishita, ``Global Illumination using Precomputed Light Paths for Interactive Light Condition Manipulation'', SIGGRAPH2007 sketch, 2007. (査読有)
- ② 宮前 雄生, 岩崎 慶, 吉本 富士市: Visibility Cuts を用いた動的シーンの高速レンダリング, グラフィクスと CAD 研究会, Vol.2009, No.12, pp.101-106, 2009. (査読無)

③ 宮前 雄生, 岩崎 慶, 吉本 富士市: Visibility Cuts を用いた動的シーンの高速レンダリング, 平成 20 年度情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, pp. 299-300, 2008. (査読無)

④ 中谷 聡志, 岩崎 慶, 高木 佐恵子, 吉本 富士市: 自己反射を考慮した鏡面反射物体の GPU レイトレーシング法, 情報処理学会第 70 回全国大会, 4ZE-7, 2008. (査読無)

⑤ 西本 陽太, 岩崎 慶, 高木 佐恵子, 吉本 富士市: 前計算放射輝度伝達法のための適応的メッシュ分割法, 情報処理学会第 70 回全国大会, 1ZF-5, 2008. (査読無)

⑥ 中谷 聡志, 岩崎 慶, 高木 佐恵子, 吉本 富士市: 自己反射を考慮した鏡面反射物体の高速レンダリング, 情報処理学会第 69 回全国大会, 6Y-4, 2007. (査読無)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

岩崎 慶 (IWASAKI KEI)  
和歌山大学・システム工学部・講師  
研究者番号: 90379610

##### (2) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者