

機関番号：14701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700112

研究課題名(和文) 材質特性を変更可能な動的シーンの高精細かつ高速なレンダリング法の研究

研究課題名(英文) Efficient and realistic rendering of dynamic scenes with dynamic BRDFs

研究代表者

岩崎 慶 (IWASAKI KEI)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：90379610

研究成果の概要(和文)：本研究では、照明・材質デザインのための高精細かつ高速な画像生成(レンダリング)手法の開発を行った。照明・材質デザインにおいては、視点・照明・材質特性および物体をデザイナーが動的に変化させることが要求される。また、効率的にデザインを行うためには、高速な画像生成が要求される。本研究ではこれらの要求を満たすために、実際に測定した照明および材質特性を考慮し、照明・視点・材質特性および物体を動的に変更することができる高速なレンダリング手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：

We have proposed an efficient and realistic rendering method for applications of lighting and material designs. For such applications, designers change the viewpoints, lighting, BRDFs and the positions of objects. Moreover, interactive rendering is required to design efficiently. To meet these requirements, we propose an efficient rendering method for dynamic scenes where the viewpoints, lighting, BRDFs, and the positions of objects can be changed at run time, taking into account captured lighting and BRDFs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

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：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。高精細な画像を生成するためには、光と物体との相互作用(反射・屈折・透過・散乱等)を考慮して、視点

に到達する光をシミュレーションする必要がある。物体の外観を写實的に表現するためには、物体表面に入射する照明、および物体表面における材質特性を考慮する必要がある。近年、現実に測定した照明および材質特性を用いることによって写實的にレンダ

リングする研究が盛んに行われている。周囲の環境を画像（環境マップ）として取得して、物体に入射する照明（以降、環境照明と呼ぶ）として使用することで写実的な画像を生成する研究が盛んにおこなわれている。

2. 研究の目的

申請者らは、先行研究において物体や照明・視点をインタラクティブに動かすことができる手法を提案した。しかしながら、材質特性をレンダリング時に変更することができない。本研究では、申請者の先行研究を発展させ、視点・照明・材質特性および物体をすべて動的に変更可能なレンダリング法を提案する。

3. 研究の方法

環境照明下において、レンダリング時に BRDF を動的に変更する手法として E. Postava らの論文 Fast, Realistic Lighting and Material Design using Nonlinear Cut Approximation, ACM TOG, 2008 が提案されている。しかしながら、この方法では、物体は固定されているという欠点がある。本研究は、この手法と先行研究を組み合わせることによって、レンダリング時の BRDF の変更を可能にする。具体的には以下のアルゴリズムを考えている。

物体表面上の点 x における ω_0 方向の輝度 $B(x, \omega_0)$ は、以下の式で計算される。

$$B(x, \omega_0) = \int_{\Omega} L(\omega_i) V(x, \omega_i) f_r(x, \omega_i, \omega_0) \cos \theta d\omega_i$$

ここで、 $L(\omega_i)$ は環境照明などの射出輝度、 $V(x, \omega_i)$ は可視関数であり、 x から ω_i 方向にレイを射出した際物体と交差する場合 0 を返し、それ以外は 1 を返す関数である。

$f_r(x, \omega_i, \omega_0)$ は物体の材質特性 (BRDF や BTF) であり、 $\cos \theta$ は入射方向 ω_i と法線とのなす角である。

本研究では、可視関数 $V(x, \omega_i)$ を物体自身による遮蔽である自己遮蔽と別の物体による遮蔽に分解して考える。物体による遮蔽は、周囲のサンプル点において前計算し、レンダリング時に近隣のサンプル点から遮蔽情報を補間によって求める。これらの遮蔽情報は、以下のようにして表現する。まず、入射方向 ω_i を単位球上に細かくサンプリングする (図 1 参照)。各方向が遮蔽されているか否かを 0 か 1 の 2 値で表現し、その値を 2 分木の葉ノードに格納する。

子ノードを順にクラスタリングすることで

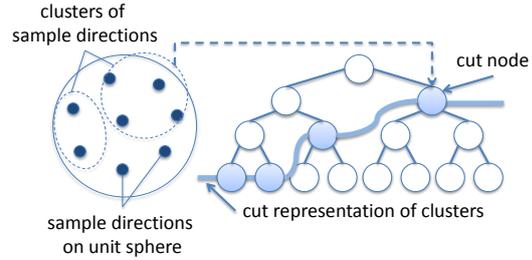


図 1: クラスタリング

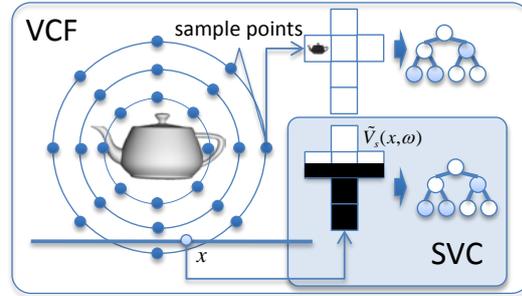


図 2: SVC と VCF

2 分木を生成する。このとき、各ノードに対応した方向もクラスタリングする。クラスタリングによって親ノードと子ノードとの誤差を計算し、誤差が閾値以下のノードの集合で遮蔽情報を近似する。物体による遮蔽および自己遮蔽を少ないノードで近似し、それぞれを前計算しておく。自己遮蔽は物体の各頂点で前計算してクラスタリングしておく。これを Self-Visibility Cut (SVC) とよぶ (図 2 参照)。同様に、物体による遮蔽情報を空間的な場として保存する。これを Visibility Cut Field (VCF) と呼ぶ (図 2 参照)。

環境照明などによる輝度も同様に 2 分木表現しておく。各頂点の輝度は、前計算した物体による遮蔽情報を VCF から補間によって求める。この遮蔽情報と、SVC として格納した自己遮蔽の積からレンダリング時に可視関数を効率的に計算することができる。SVC と VCF を用いて計算された可視関数は、ノードの集合として表現される。このノードの集合を使って、物体表面の輝度は以下の式で計算される。

$$B(x, \omega_0) = \sum_{k=1}^K L(\omega_k) V(x, \omega_k) f_r(x, \omega_i, \omega_0) \cos \theta$$

ここで、 ω_k はクラスタリングによって得られたノードの方向とする。上式にあるとおり、本研究ではレンダリング時に材質特性 $f_r(x, \omega_i, \omega_0)$ を計算するため、動的に変更することが可能である。

また、手軽に環境照明を取得する手法として携帯電話のカメラを用いた環境マップ生成

法を提案した。携帯電話に魚眼レンズを装着することで、環境照明を取得する手法を提案した。この際、魚眼レンズのふちが映り込んでしまうという問題が発生する。本研究では、レンズのふちを編集により除去し、除去によってできた領域を Poisson Image Editing 手法により補間する手法を提案した。

さらに、BRDFを編集する手法について研究を行った。本研究では、BRDFを逆問題アプローチに基づいてモデリングする手法を提案した。提案法は、ユーザが指定した物体の外観に合うようなBRDFを計算する。BRDFを基底関数の線形和で表現することにより、物体表面の放射輝度は基底関数を用いて表現される。これにより、求めたいBRDFの計算は、ユーザが指定した輝度と基底関数で表現された放射輝度の差の二乗和を最小にする係数を求める問題に帰着される。BRDFが満たすべき特徴は線形制約条件として表現される。この最小化問題は、線形制約付き最小二乗法を用いることによりインタラクティブに解くことができる。提案法により、固定された複雑な照明下において直接BRDFをデザインすることができる。また、得られたBRDFを用いて動的な照明下で視点を移動させた結果をインタラクティブにレンダリングすることができた。

4. 研究成果

提案法によって生成された結果画像を図3から図5に示す。これらの画像は計算環境CPUがIntel Core i7 Extreme 965でGPUがNVIDIA GeForce GTX 295を搭載したPCである。視点や照明、BRDFの変更は42 fps (frame per second)であり、リアルタイムレンダリングを実現できた。また、物体の移動は7fpsでレンダリングすることができており、インタラクティブな速度でのデザインが可能となっている。



図3: 家具のレンダリング



図4: ソファ・机・イスのBRDFを変更



図5: 視点・照明・イスの位置を変更

図4では、図3のソファ・机・イスのBRDFを変更してレンダリングした画像である。図5は、視点・照明およびイスの位置を変更してレンダリングした画像である。提案法により、材質特性であるBRDFを変更でき、物体を移動可能な動的シーンのレンダリングが実現できた。



図6: ハイライトの位置をユーザが指定



図 7: 指定箇所にはイライトを生成する BRDF を計算

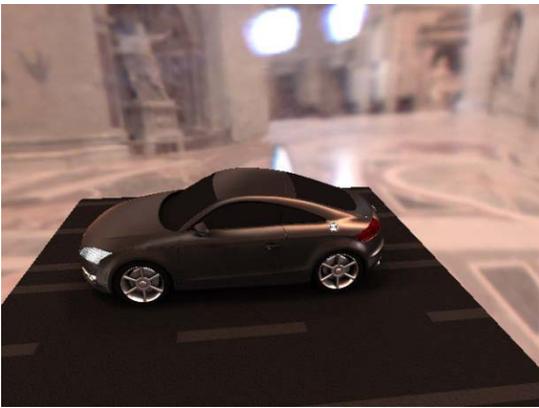


図 8: 照明を変更してレンダリング

図 6 から 8 に BRDF の編集システムによる結果例を示す. 図 6 に示すように, ユーザがハイライトを所望する箇所を指定する. これを入力として, 提案法はその箇所にハイライトが出るような BRDF を逆問題として解く. その結果を図 7 に示す. 車のフロントと後部にハイライトが出ていることが分かる. 提案法では, 照明を変更することも可能である(図 8 参照).

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 3 件)

- ① K. Iwasaki, Y. Dobashi, T. Nishita, Interactive Lighting and Material Design for Cyberworlds, 2010 International Conference on Cyberworlds, pp. 331-337, 2010, 査読有.

- ② Yue Yonghao, Kei Iwasaki, Bin Yu Chen,

Yoshinori Dobashi, Tomoyuki Nishita, Interactive Rendering of Interior Scenes with Dynamic Environment Illumination, Computer Graphics Forum, Vol. 28, pp. 1935-1944, 2009, 査読有.

- ③ 岩崎慶, 土橋宜典, 西田友是, 逆問題アプローチによる BRDF モデリング, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, 1917-1925, 2009, 査読有.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 古家 互, 岩崎 慶, 球面ガウス関数を用いた全周波環境照明下の動的シーン的高速レンダリング, 情報処理学会 全国大会, 2011 年 3 月 3 日, 東京.
- ② 中西 良太, 岩崎 慶, 携帯カメラを用いた PRT のための環境マップ生成法, 情報処理学会 全国大会, 2010 年 3 月 10 日, 東京.
- ③ 古家 互, 岩崎 慶, 球面ガウス関数を用いた全周波照明環境下における間接照明計算, 情報処理学会 関西支部, 2010 年 9 月 22 日, 大阪.
- ④ 岩崎慶, 宮前雄生, 土橋宜典, 西田友是, 動的 BRDF を考慮した動的シーンのインタラクティブレンダリング, Visual Computing/グラフィクスと CAD 合同シンポジウム, 2009 年 6 月 25 日, 旭川.

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・准教授
研究者番号: 90379610

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: