

実測に基づく反射関数による半透明物体のリアルタイムレンダリング

岡本 翠[†] 安達 翔平[†] 宇梶 弘晃[†] 岡見 和樹[†] 森島 繁生^{††}

[†]早稲田大学 ^{††}早稲田大学理工学術院理工学総合研究所

1 はじめに

映画やゲームなどのCGコンテンツの品質を向上させるためには、リアルな半透明物体の表現が必要である。しかし、厳密な半透明物体の描画を行うためには表面下散乱の影響を考慮する必要があり、高い計算コストがかかる。この問題を解決するために半透明物体のリアルタイムレンダリングに関する様々な研究が行われてきた。本手法と関連が深い研究として、久保ら^[1]の考案した物体の曲率に着目した半透明物体の高速描画手法が挙げられる。曲率と光の透過度合の関係を解析し関数近似することで、半透明物体らしい光の透過現象のリアルタイムレンダリングを可能とした。しかし、既存研究はフォトン追跡法を用いているため、表面下散乱による光の減衰を正しく表現できていない。

本稿では、実測により取得した曲率と光の透過度合の関係性に基づく、高速な半透明物体の描画方法を提案する。実際に様々な曲率の半透明球に光を照射し、撮影画像を解析することにより、球の曲率及び法線と光源方向の成す角に対する輝度値の関係を取得し、Look Up Table : LUT に格納する。実際に描画を行う際には、3Dオブジェクトの曲率を事前計算しておき、LUTを参照することで高速な描画が可能となる。

2 提案手法

2.1 実験環境

データの取得を行うための撮影環境を図1に示す。蝋(パラフィン 135°F)を用いて作成した半透明球に対し、各々平行光を照射し真横から撮影を行う。撮影画像から、球の法線と光源方向の成す角 θ に対する輝度値の関係を取得する。なお今回撮影に用いた半透明球の半径はそれぞれ 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15[mm]である。

2.2 撮影結果と輝度値取得

2.1の実験環境において取得した撮影画像の例と、それぞれの輝度値分布を図2に示す。図2より、半透明球に光を当てた際には直接光が照射

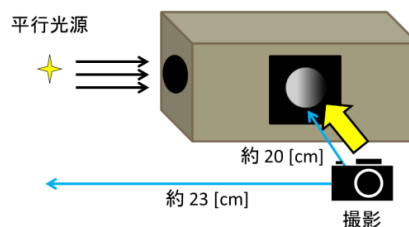
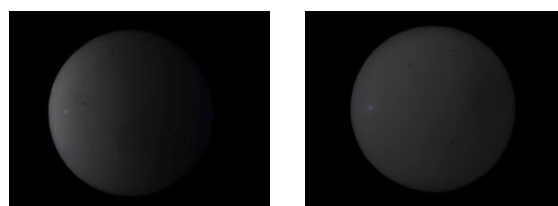
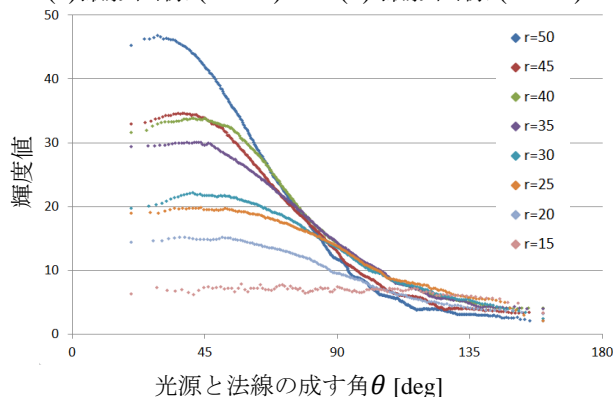


図1 撮影環境



(a)撮影画像 (r = 50)

(b)撮影画像 (r = 25)



(c)輝度値分布

図2 撮影画像と輝度値分布

されない範囲である $\theta > 90^\circ$ の領域でも光が散乱し、明るく照らされている様子が見える。また、曲率が小さい球(図2-(a))に対し、曲率が大きい球(図2-(b))は照射光がより透過しやすいことが確認できる。

撮影を行う際に近距離から画像を取得しているため、球の端に該当する $0^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$, $160^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ の領域においてはデータを取得できなかった。したがって、輝度値取得が可能であった $20^\circ < \theta < 160^\circ$ の結果を示す。データが欠落している部分の補間方法等については2.3で詳述する。

2.3 データの補間

欠落した $0^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$, $160^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ の領域におけるデータに対し、式(1)に示すガウス関数によるフィッティングを行った。

“Real-time Rendering of Translucent Object by Measurement based Reflectance Function”

Midori OKAMOTO, Shohei ADACHI, Hiroaki UKAJI, Kazuki OKAMI, Shigeo MORISHIMA

[†] Waseda University

^{††} Waseda Research Institute for Science and Engineering

$$y = a + b * \exp\left(-\frac{x^2}{c^2}\right) \quad (1)$$

各曲率における推定パラメータを表1に示す. この補間結果により $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ におけるデータが得られる. $r=25$ におけるガウス関数フィッティングの結果を図3に示す.

表1 パラメータ

	半径 [mm]							
	50	45	40	35	30	25	20	15
a	0.274	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
b	59.7	44.1	42.8	37.1	26.6	23.8	18.2	7.51
c	71.9	82.6	88.4	93.4	107	116	112	295

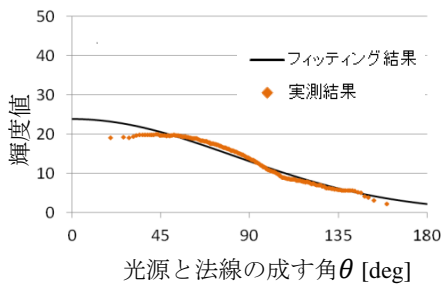
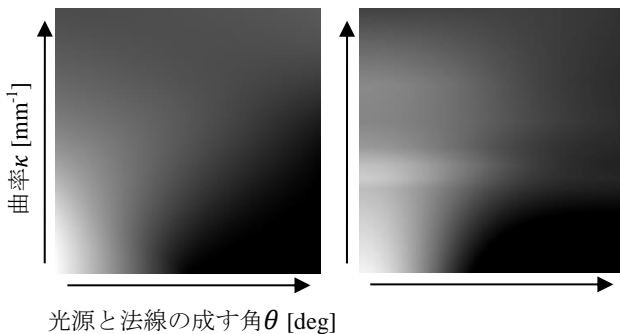


図3 フィッティング結果 ($r=25$)

2.4 LUTの作成

2.3で取得したデータを用いてLUTの作成を行う. 取得したデータは曲率方向に離散的なため, 様々な曲率における輝度値のデータの推定を行う必要がある. 今回は実測した8つのデータをもとにB-spline補間を行うことにより, 曲率方向に補間を行った. 以上を基に作成したLUTの結果を図4に示す. 図4において縦軸は曲率 κ , 横軸は光源と法線方向の成す角 θ を示す. 提案手法における変域は, $0 \leq \kappa \leq 0.07$, $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ である. 提案手法では, 既存手法におけるLUT上の曲率が大きい領域において, θ の増大に従い輝度値が明るくなるなどの不自然な部分が解消されている. また, 少数の取得データのみでも, 半透明物体の高品質な描画に必要なLUTを作成することが可能であることがわかる.

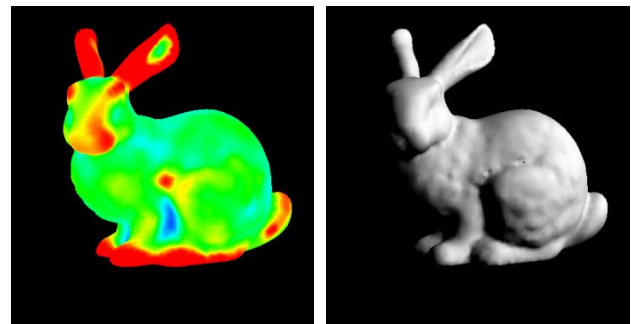


(a)既存手法 (b)提案手法
図4 LUTの比較結果

3 結果

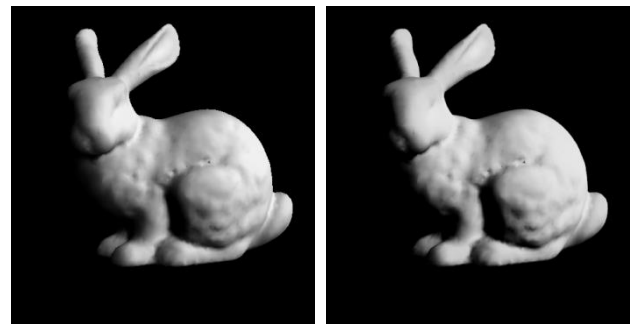
曲率計算を行った結果と, ランバートモデル, 既存手法と提案手法を用いて半透明物体をそれぞれ描画し比較した結果を図5に示す. 同じ方向から光を照射した際に, $\theta > 90^\circ$ 以上の部分において, ランバートモデルは輝度値が0であるのに対し, 本手法では透過光の影響が描画されており, 半透明物体らしい描画結果となっていることがわかる. また曲率が大きい耳などの部分において, 他箇所 비해光が透過しやすく明るく描画されていることがわかる.

なお動作環境として, CPU: Intel® Core™ i7-3770 3.4GHz, DirectX 9.0c, GPU: NVIDIA® GeForce® GT 640 を用いた. 計算時間に関しては, 既存手法と同等の計算負荷での描画が可能であり, リアルタイムで処理を行うことができる.



(a)曲率

(b)ランバートモデル



(c)既存手法

(d)提案手法

図5 描画結果

4 むすび

本稿では, 実測結果を基にして半透明球の透過度合を曲率に関連付けることで, 半透明物体の高品質かつ高速な描画を可能とした.

今後の課題としては, 視点の変化に応じた輝度変化の表現や, 曲率のリアルタイムでの計算, LUT作成の際の補間方法の検討等が挙げられる.

参考文献

[1] H.Kubo et al., "Curvature Dependent Reflectance Function for Rendering Translucent Materials", SIGGRAPH 2010.