

光の複雑な相互作用を考慮したレイトレーシング法

1C-7

田福 明義      能野 謙介  
九州芸術工科大学

1 はじめに

コンピュータグラフィックスにおいてフォトリアリスティックなイメージを作成するためには、シーン内における光の相互作用を考慮することが不可欠である。これを考慮する方法として近年の研究では、双方向（光源・視点）からのレイトレーシング法やラジオシティ法を基にして効率的に、よりリアルなイメージを作成する手法が発表されている。本稿では、双方向レイトレーシング法を基にし、ストキャスティックサンプリングを用いて効率良く光の伝達をシミュレーションし、フォトリアリスティックなイメージを得る方法を提案する。

2 アルゴリズム

本稿のアルゴリズムは、まず前処理として光源からのレイトレーシングを行ない、次いで後処理として視点からのレイトレーシングを行なう。前処理段階では、主に鏡面⇒拡散面・拡散面⇒拡散面への光の伝達というような視点に依存しないシーン内の各面上の成分を計算し、それを各面ごとに設定した照度マップ（テクスチャマップ）に保存しておく。後処理段階では、主に鏡面⇒鏡面・拡散面⇒鏡面への光の伝達というような視点に依存する各面上の成分を計算し、それに前処理段階で計算した成分を加え、その面のレンダリングを行なう。

2.1 前処理

前処理段階では、まずシーン内の点光源から多数のレイを放射上に発射する。各々のレイは光源からエネルギーを運ぶと考える。そしてレイが物体面に交差すると、その面の反射特性に従って、以下のような手続きを行なう。

**完全拡散反射面** ある交点から反射するレイの方向は、図1のように緯度に対応する角度 $\theta$ と経度に対応する角度 $\varphi$ によって定義される。

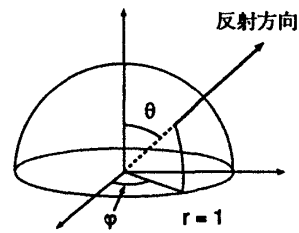


図1: レイの方向

完全拡散反射面は、各交点上の半球のあらゆる方向に光を反射する。故に、その方向を範囲 $[0, 1]$ の乱数 $R_1$ と $R_2$ を用いて以下のように求めて、その方向にレイをさらに追跡する。

$$\theta = \frac{\pi}{2} R_1$$

$$\varphi = 2\pi R_2$$

また、交点に入射してくる光のエネルギーは、その光の方向と法線方向との間の角度に従ってそのエネルギーを求め照度マップに保存し、反射する光のエネルギーは、入射してくる光のエネルギーにその面の拡散反射係数を掛けることにより求める。

**完全鏡面反射面** 完全鏡面反射面は、図2のような正反射方向にピークを持つような鏡面反射の分布に従ってレイを反射する。

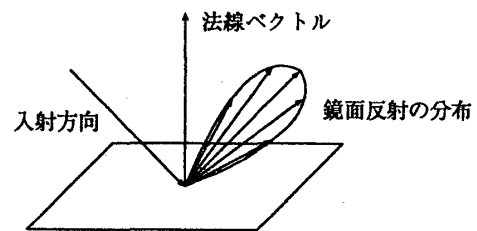


図2: 鏡面反射の分布

図3のように角度 $v$ と $\varphi$ をとると、それは、範囲 $[0, 1)$ の乱数 $R_3$ と $R_4$ を用いて以下のように表される。そしてその方向にさらにレイを追跡する。なお、 $v$ はレイの実際の反射方向と正反射方向の間の角度を表しており、 $n$ の値が大きいほど正反射方向の近くに反射することになる。

$$v = \arccos(\sqrt{n+1} \sqrt{1-R_3})$$

$$\varphi = 2\pi R_4$$

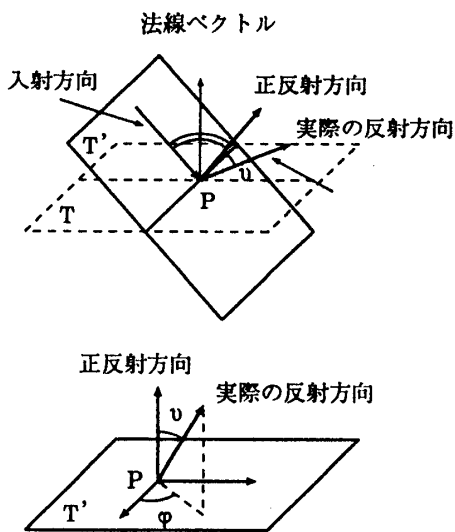


図3: 鏡面反射へのレイの放射

また、完全鏡面反射面には照度マップは用意せず、入射してくる光のエネルギーは保存しない。反射する光のエネルギーは、入射してくる光のエネルギーにその面の鏡面反射係数を掛けることにより求める。

**両反射特性を持つ面** 現実にある、ほとんどの面は完全拡散反射面・完全鏡面反射面ではなく、両方の反射特性を持った面である。その反射の分布は、図4のような拡散反射の分布と鏡面反射の分布を合わせた分布となる。

このような面にレイが交差した場合、その面の拡散反射係数と鏡面反射係数の比によって拡散反射あるいは鏡面反射を選択して、前述のそれぞれの方法でレイをさらに追跡する。

またエネルギーについては、入射してくる光のエネルギーは完全拡散反射面と同様にその入射光の方向と法線方向の間の角度に従って照度マップに保存する。反射する光のエネルギーは、入射してくる光のエネルギーと同じである。

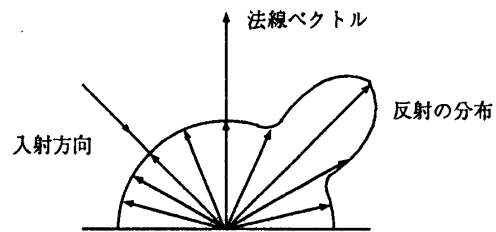


図4: 全体の反射の分布

光源から放射された各々のレイについて、この処理を行ないエネルギーがある前もって決めた値以下になると処理を終了する。

## 2.2 後処理

後処理段階では、従来のレイトレーシング法と同様に視点からレイを放射し、スクリーン上のピクセルの明るさを決定する。後処理段階でのレイトレーシングでも乱数を用いてレイの反射方向を求めるが、レイが交差する面の反射特性に従って以下の処理を行なう。

**完全拡散反射面** 照度マップに蓄えられたエネルギーのみを参照し、そのレイの輝度を求める。

**完全鏡面反射面** 反射ベクトルを前処理段階と同様に乱数により求めて追跡を繰り返す、その輝度を求める。

**両反射特性を持つ面** 前処理段階の場合と同様にその面の拡散反射係数と鏡面反射係数の比によってどちらかを選択し、拡散反射の場合は照度マップからそのレイの輝度を求め、鏡面反射の場合は、さらにレイを追跡して求められた輝度に、その面の照度マップから求められる輝度を加えてレイの輝度とする。

なお、通常のレイトレーシング法では影の計算が必要だが、本手法では前処理段階で光源から物体表面への直接入射する光を計算しているので、特別そのような処理は必要ない。

## 3 おわりに

本稿では、双方向からのレイトレーシング法により光の伝達をシミュレーションする方法を提案した。これを行なうことにより、従来のレイトレーシング法での表現に加えて、相互拡散反射・不完全透明・半影といったような、よりリアリティのある表現が可能になる。なお、拡散透過・鏡面透過の表現も同様の方法で可能となる。