
BSSRDF設計のための表面下散乱 シミュレーション

広島大学大学院工学研究科

益池 功 玉木 徹 金田 和文

背景

コンピュータグラフィックスによる
フォトリアリスティックな画像生成

要求

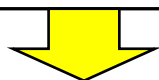
- ・映画
- ・工業製品のデザイン

物質表面上の反射のみ考慮



物質表面で光を反射する物質の表現
には有効

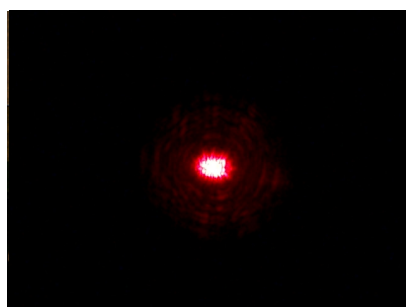
内部で光が散乱する物質を
フォトリアリスティックに表現することが困難



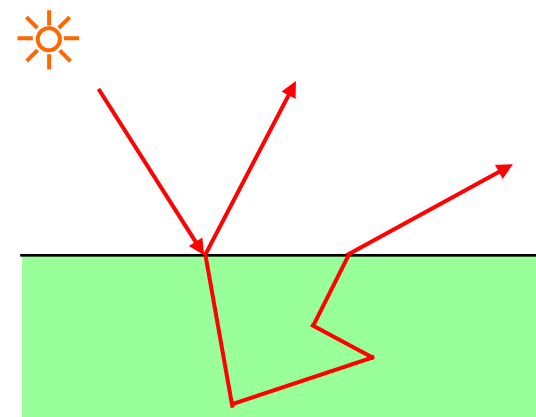
表面下散乱の考慮



半透明アクリル板



厚紙



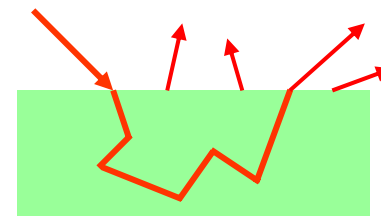
表面下散乱を起こす物質

- ・人間の肌
- ・大理石
- ・牛乳
- ・半透明アクリル板

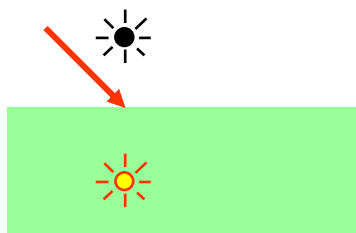
背景

BSSRDF(双方向散乱面反射分布関数)

ある地点、ある方向から光が入射したときに
任意の地点、任意の方向に射出される光の量を表す関数



BSSRDFの設計手法の提案 [Jensen et al 2001]



双極子仮想光源の配置による近似

特徴: 射出光の放射照度分布が入射点
を中心に同心円状に広がる

実際

光の入射角が大きくなる



- ・最も明るくなる位置が入射点からずれる
- ・分布形状が同心円ではなくなる



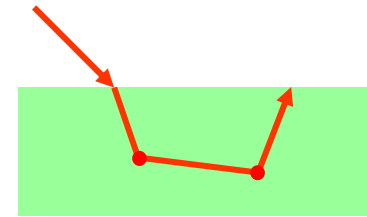
半透明アクリル板

目的

現実の現象(ピーク点のずれ、形状変化)に沿った
BSSRDFの設計指針の確立

表面下散乱シミュレーション [益池ら 2007]

- ・二重散乱光について経路追跡
- ・物質の散乱特性を変化させ表面の放射照度を得る



放射照度分布の特性からBSSRDFの設計指針を得る

- ・単散乱に対する二重散乱の影響度
- ・放射照度分布形状
- ・放射照度の最大点と入射角との関係

物質の散乱特性

- ・アルベド α ($0 \leq \alpha \leq 1$)

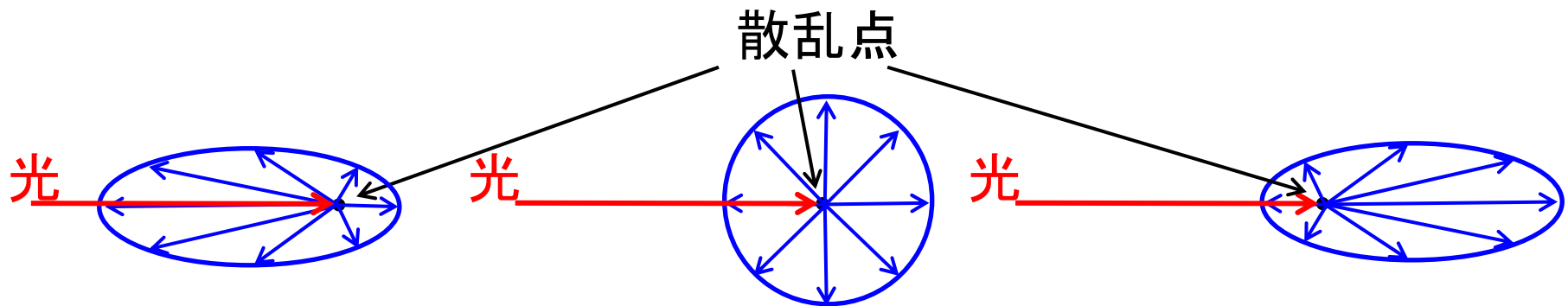
入射光エネルギーに対する散乱光エネルギーの比を表す



α が1に近いとき: 減衰が小さい α が0に近いとき: 減衰が大きい

- ・位相関数パラメータ g ($-1 \leq g \leq 1$)

散乱後に光がどの方向に強く散乱するかを表す



$g < 0$: 後方散乱

$g = 0$: 等方散乱

$g > 0$: 前方散乱

Henyey-Greenstein位相関数[Jensen et al 2001]

調査項目

- 単散乱に対する二重散乱の影響度
 - 二重散乱の考慮
- 放射照度分布形状
 - 二重散乱による分布形状
- 放射照度の最大点と入射角との関係
 - 二重散乱による放射照度分布の最大点のずれ

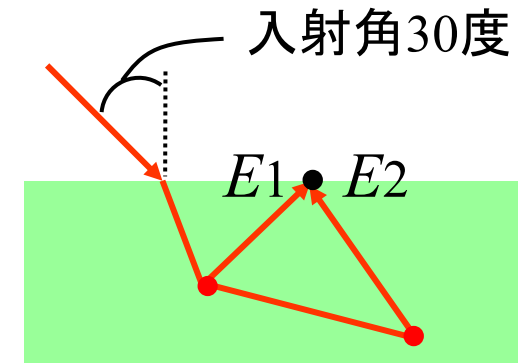
単散乱に対する二重散乱の影響度

・影響度

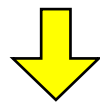
$$e = \frac{E_2}{(E_1 + E_2) \text{の最大値}} \times 100 [\%]$$

E_1 : 単散乱による放射照度

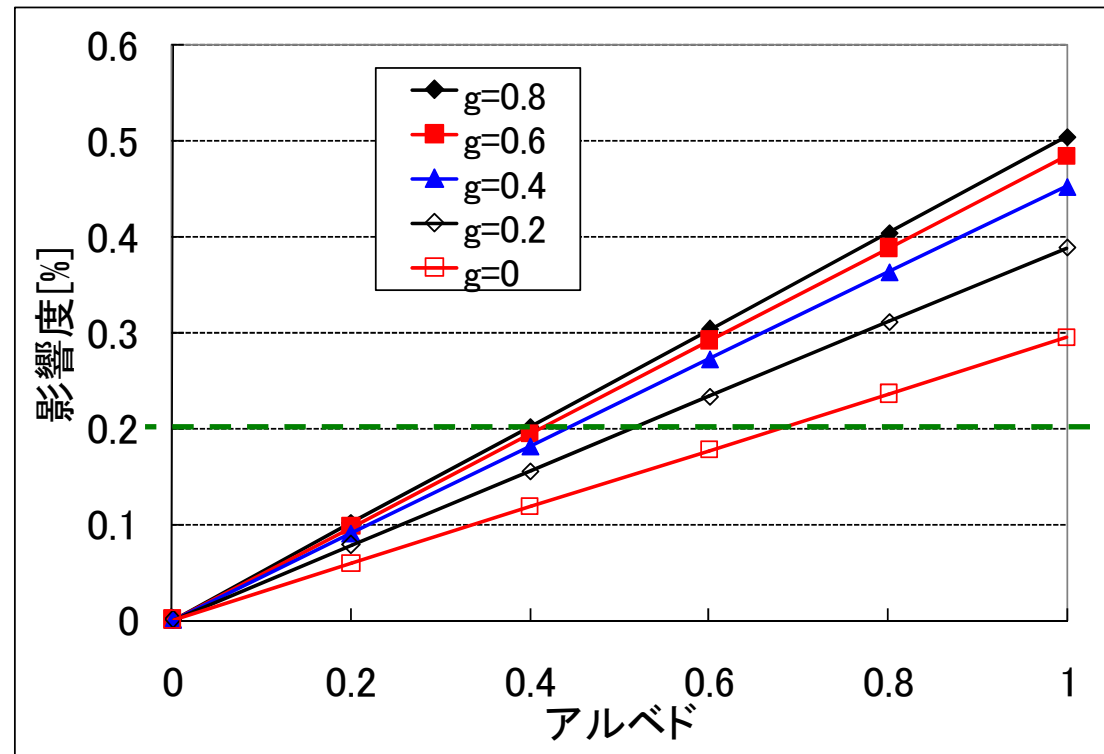
E_2 : 二重散乱による放射照度



sRGBでは0.2%以下は考慮できない



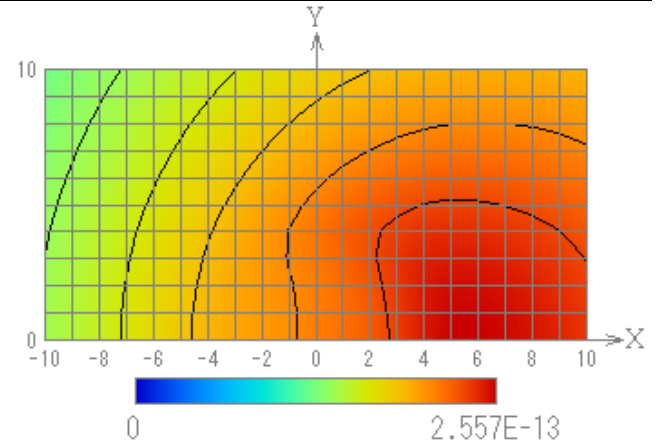
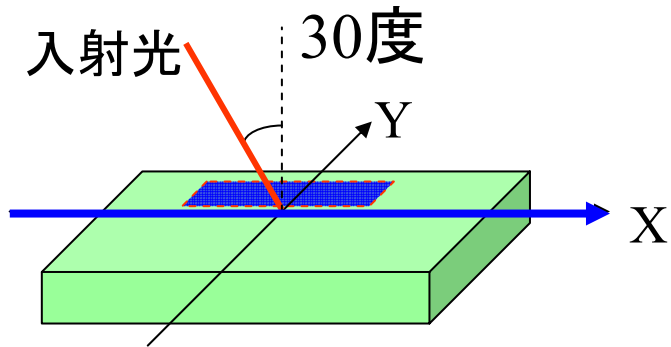
アルベドが0.4以上の場合
二重散乱を考慮しなければならない



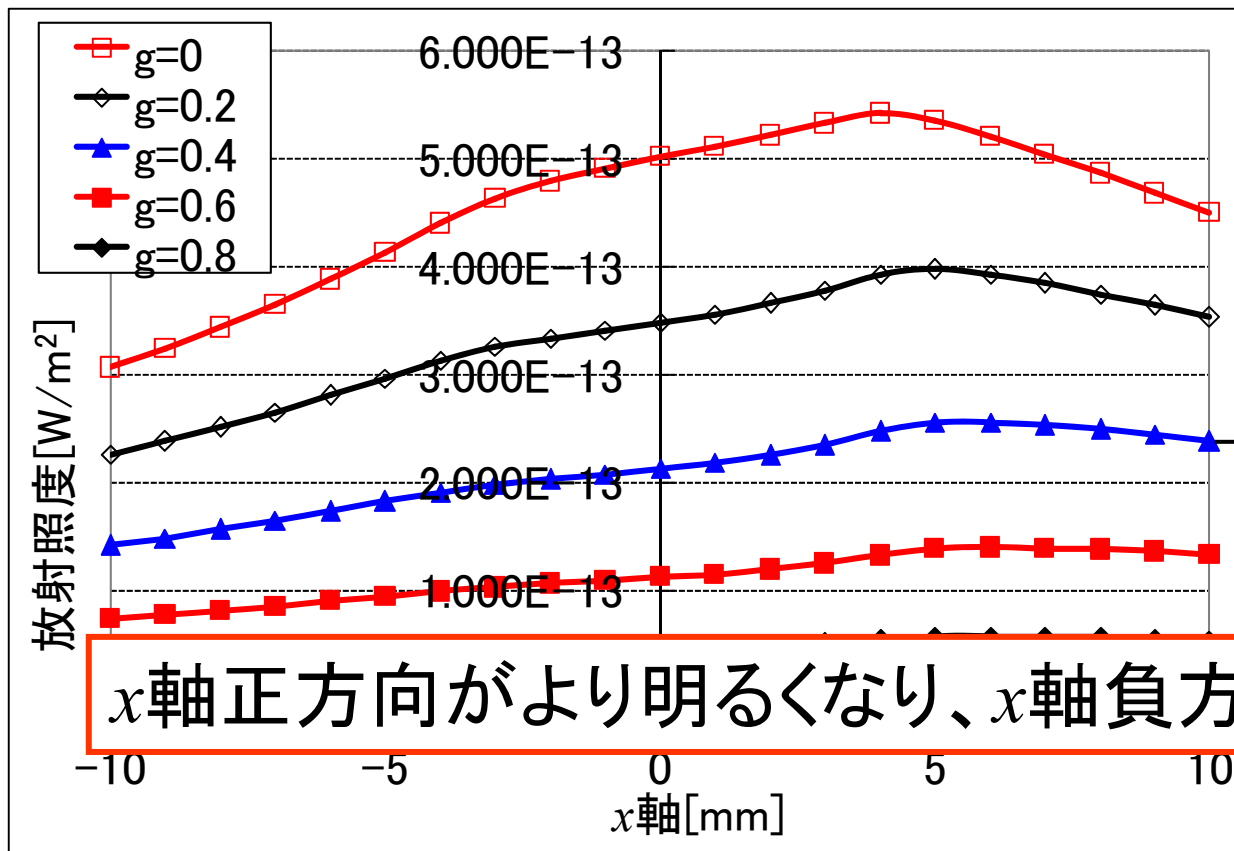
調査項目

- ・単散乱に対する二重散乱の影響度
 - ・二重散乱の考慮
 - アルベドが0.4以上の場合、二重散乱を考慮しなければいけない
- ・放射照度分布形状
 - ・二重散乱による分布形状
- ・放射照度の最大点と入射角との関係
 - ・二重散乱による放射照度分布の最大点のずれ

放射照度分布形状



$g=0.4$ のときの表面上の放射照度分布

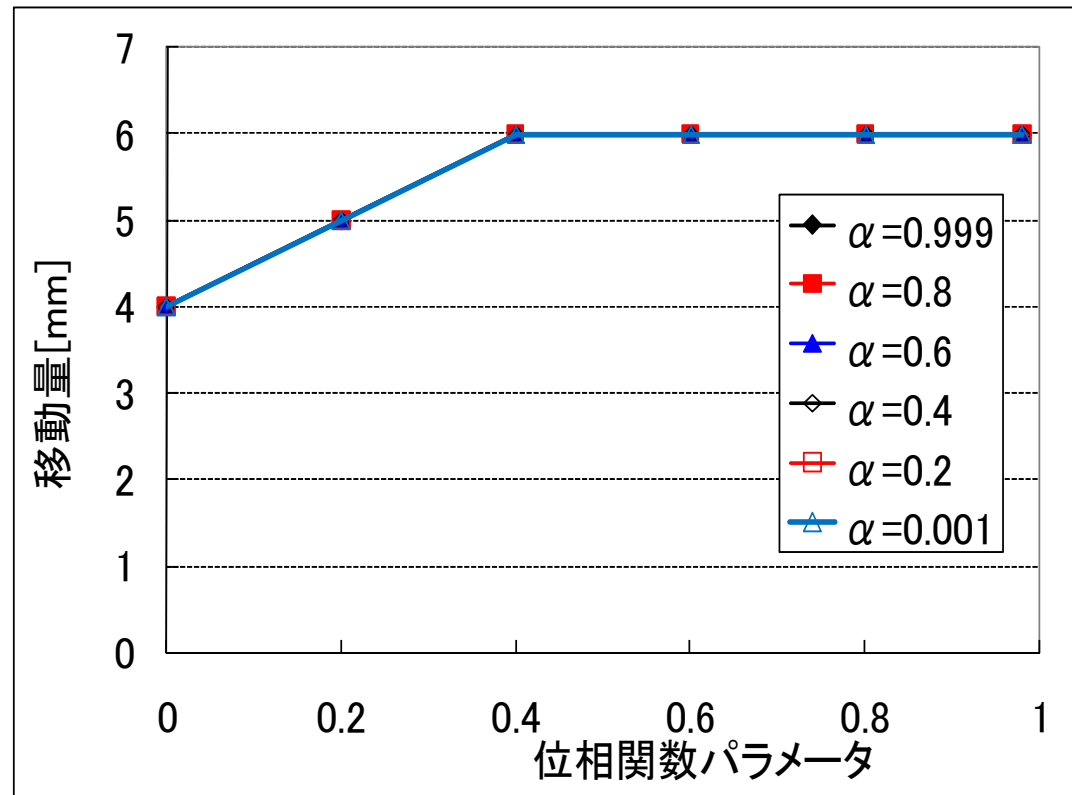
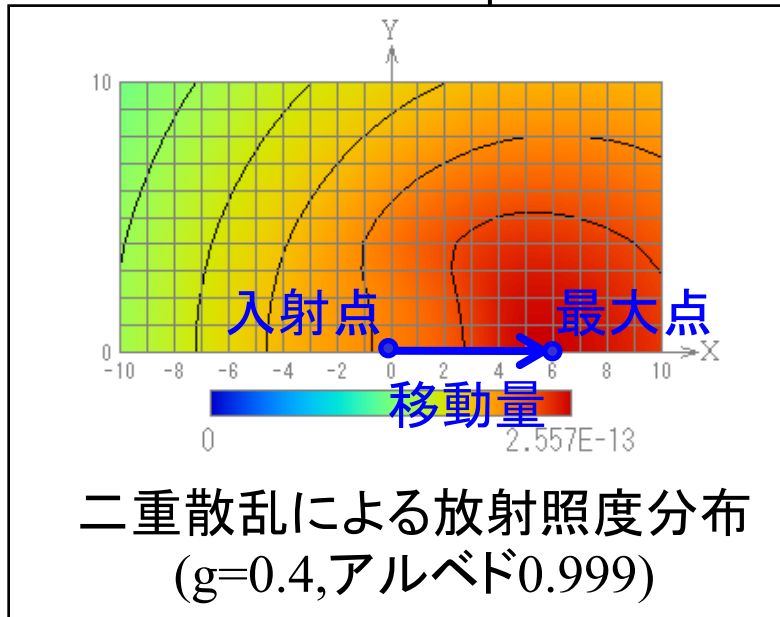
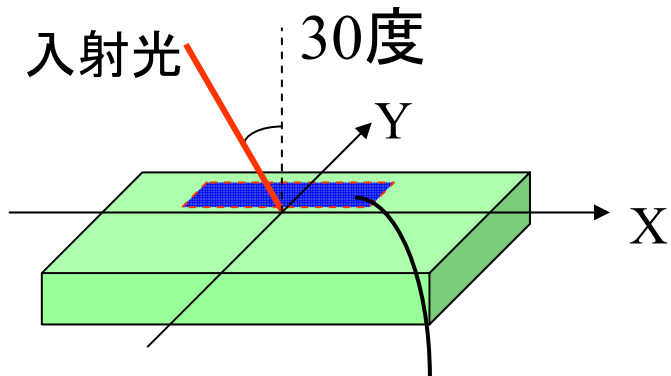


x 軸正方向がより明るくなり、 x 軸負方向がより暗くなる

調査項目

- ・単散乱に対する二重散乱の影響度
 - ・二重散乱の考慮
 - アルベドが0.4以上の場合、二重散乱を考慮しなければならない
 - ・放射照度分布形状
 - ・二重散乱による分布形状
 - 二重散乱による放射照度分布は同心円にはならない
- ・放射照度の最大点と入射角との関係
 - ・二重散乱による放射照度分布の最大点のずれ

放射照度の最大点と入射角との関係



推測 ・アルベドによる移動量の変化はない

・位相関数パラメータが大きくなると移動量が大きくなる

位相関数パラメータのサンプルを細かくして調査する必要がある

まとめ

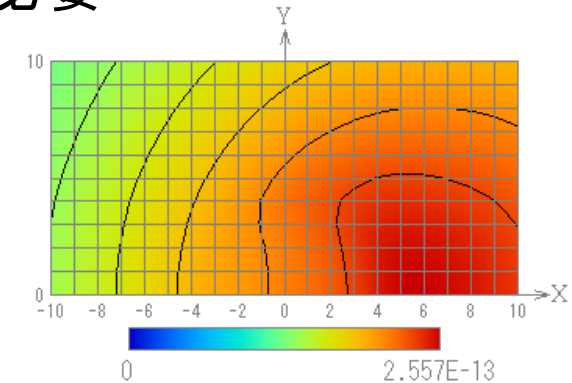
- ・BSSRDF設計のための放射照度分布の特性の調査・検討

- ・単散乱に対する二重散乱の影響度

- アルベドが0.4以上の場合、二重散乱の考慮が必要

- ・放射照度分布形状

- x 軸正方向がより明るくなり、 x 軸負方向がより暗くなる



- ・放射照度の最大点と入射角との関係

- 位相関数パラメータが大きくなると移動量が大きくなると推測される

- ➡ 位相関数パラメータのサンプルを細かくして調査する必要がある

今後の課題

- ・入射角を変化させた際の放射照度分布の詳細な特性の調査