

コンピュータグラフィックス

第10回

レンダリング技法3

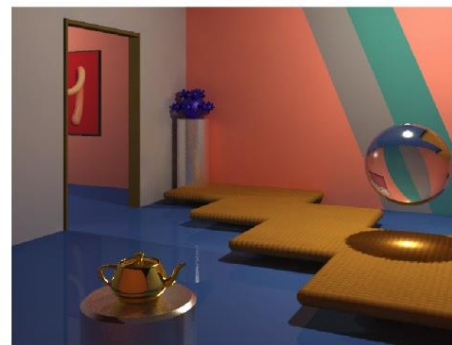
～写実的な陰影表現，大域照明モデル～

理工学部 兼任講師
藤堂 英樹

本日の講義内容

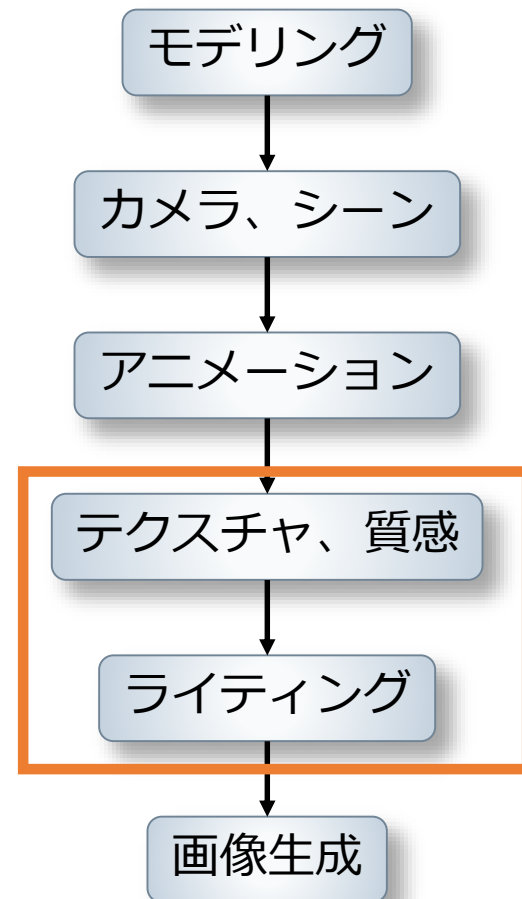
■ レンダリング技法3

- 写実的な陰影表現
- 大域照明モデル



CG制作の主なワークフロー

■3DCGソフトウェアの場合



フォトリアリスティックレンダリング

- **写実的な画像**を生成する
 - 物理的に正しい映像を目指す

Final Fantasy Real-time Tech Demo
© 2013 SQUARE ENIX CO., LTD.

ノンフォトリアリステイック レンダリング

- **写実的でない画像**を生成する
 - 絵画やイラストの表現

Paperman

© 2014Disney Enterprises, Inc.

中間の見た目

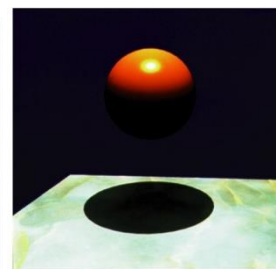
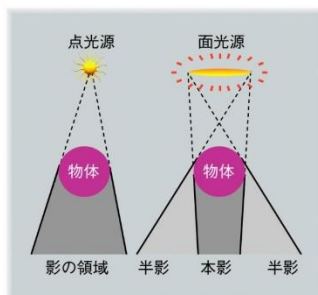
- 誇張した見た目の中に**写実的な要素**を取り入れる

アナと雪の女王
© 2014 Disney Enterprises, Inc.

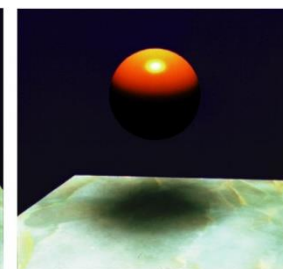
STAND BY ME ドラえもん
© 2014 「STAND BY ME ドラえもん」
製作委員会

フォトリアリスティックレンダリング

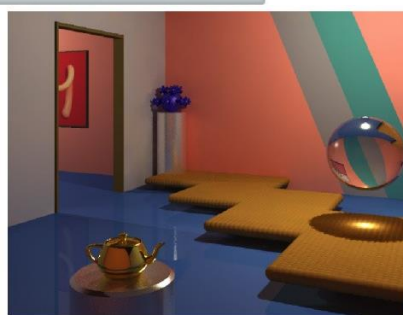
- サブサーフェススキヤッタリング
- 影付け
- イメージベースドレンダリング
- 大域照明モデル



[a] 点光源



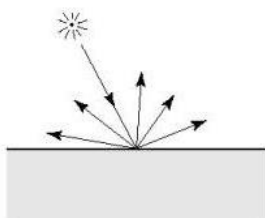
[b] 面光源(本影と半影ができる)



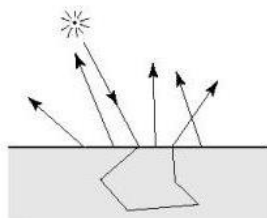
サブサーフェススキヤッタリング

■ 多重散乱による柔らかい光の表現

- グラスに入った牛乳や肌のような質感
- 表面から入った光が内部の深い部分で多重散乱



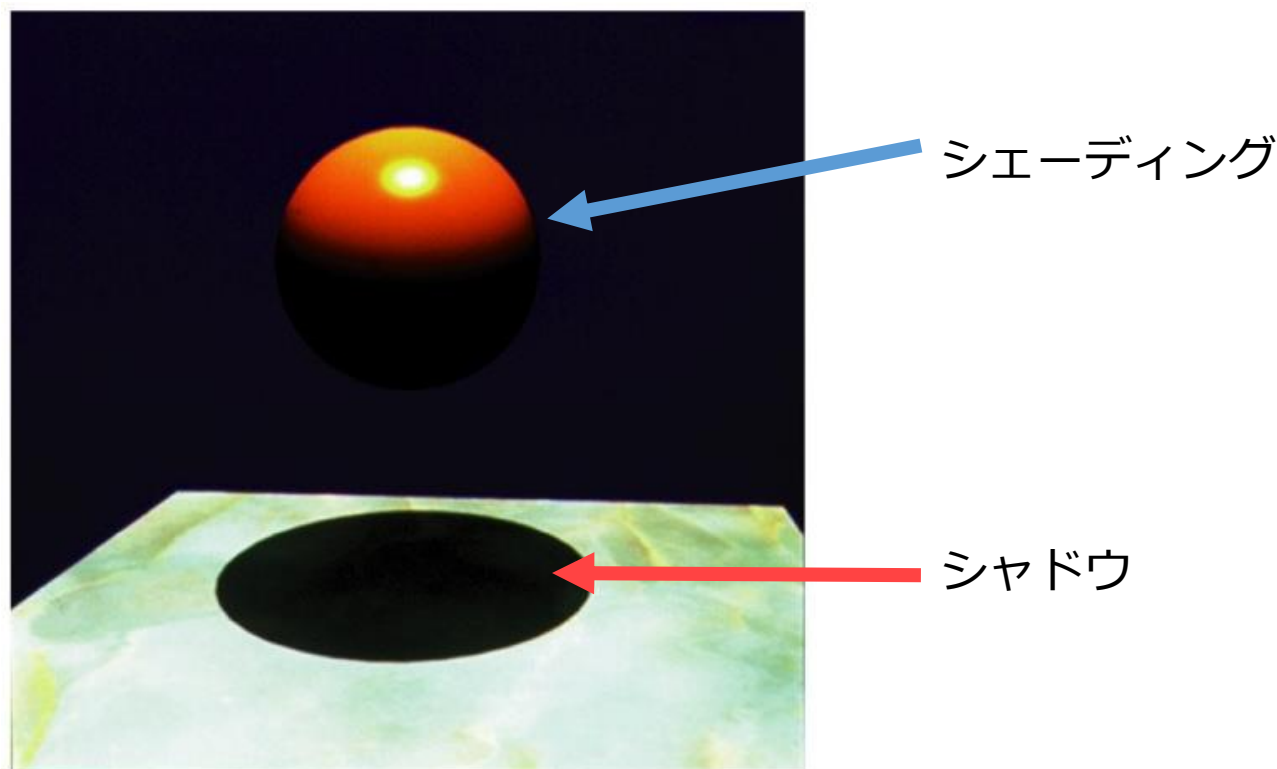
表面反射のみ



サブサーフェス
スキヤッタリング

影付け(シャドーイング)

- 光源が物体によって遮られてできた影
 - シェーディング(前回の講義)とは異なる



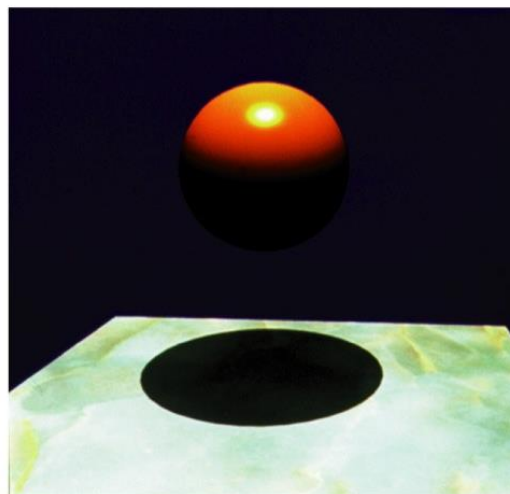
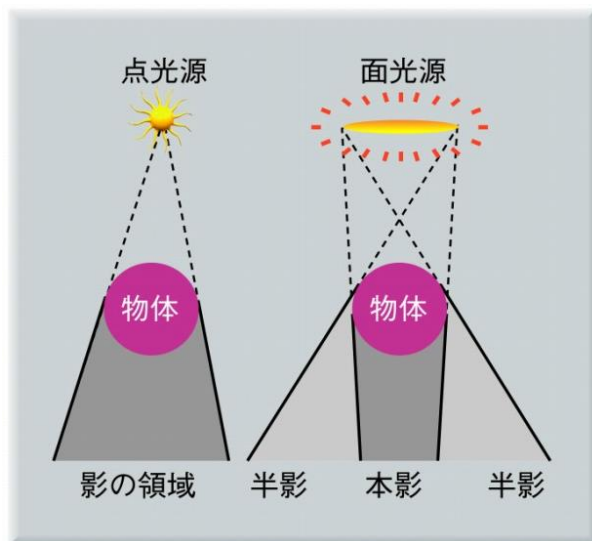
本影と半影

■本影: 境界がはっきりした影

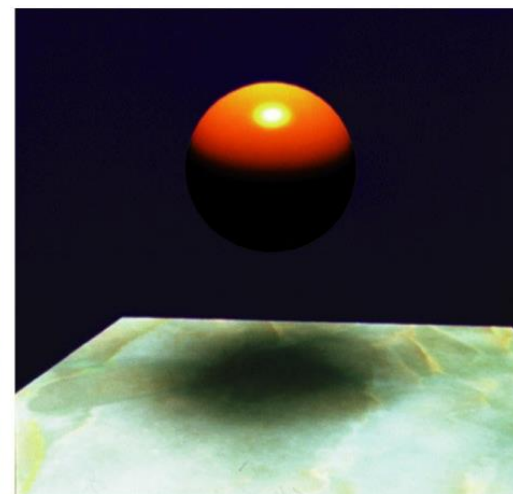
- 点光源や平行光源で生じる

■半影: 境界がぼやけた影

- 面光源のように大きさを持つ光源で生じる



[a] 点光源



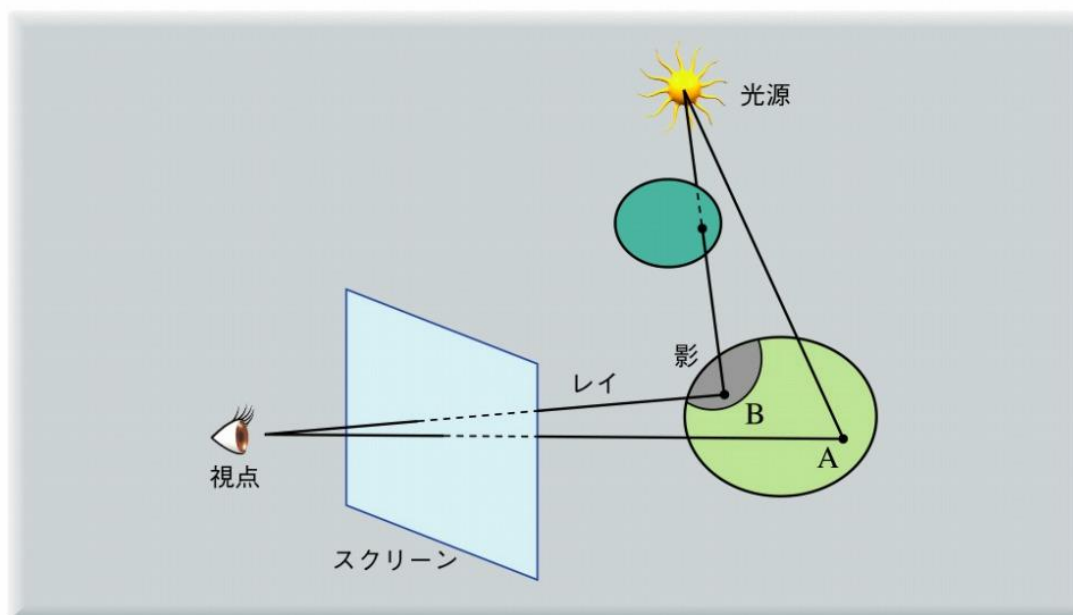
[b] 面光源(本影と半影ができる)

影の計算方法

■ レイトレーシング法

- 1. レイと物体の交点から**光源方向**に線を結ぶ
- 2. 光源と交点を結ぶ線上に**物体が無いかを調べる**
 - これもレイトレーシング法の計算を流用できる

■ 図4.52——レイトレーシング法による影付け

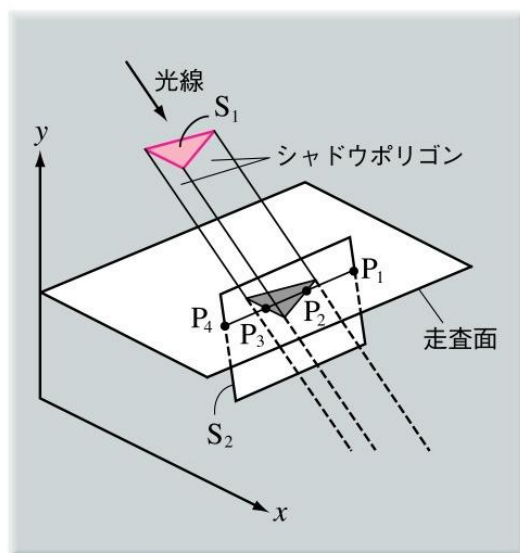


影の計算方法

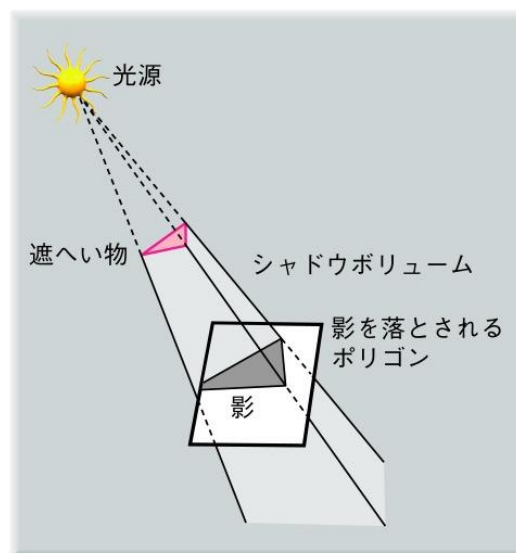
■ シャドウボリューム

- 光源と遮蔽物によって生じる**影の空間**
- シャドウポリゴン: シャドウボリュームの構成面
- モデリングの際に物体データに付加しておく

■ 図4.55——シャドウポリゴン法による影付け



[a] 平行光線の場合



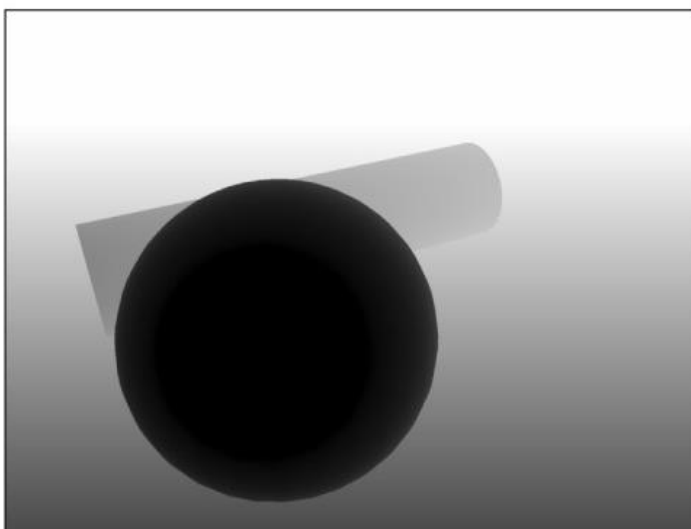
[b] 点光源の場合

[McGuire03]

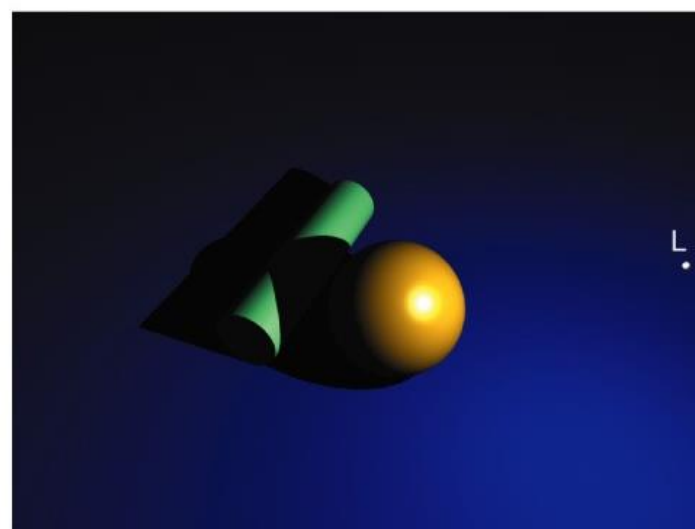
シャドウマップ

■zバッファを用いた影付け

- シャドウマップ: **光源位置を視点**としたzバッファ
 - 光源から見える一番近い面までの距離の情報
- 影付け
 - 物体の描画時にシャドウマップを参照



[a] シャドウマップ



[b] 影付けの結果(光源位置L)

イメージベースドレンダリング

■通常のCG: 3次元形状⇒2次元画像

- 精密な3次元形状・シェーディングモデルが必要
⇒**手間と計算時間**がかかる

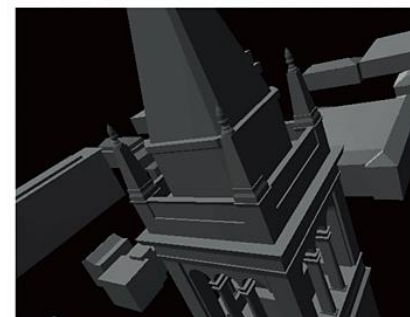
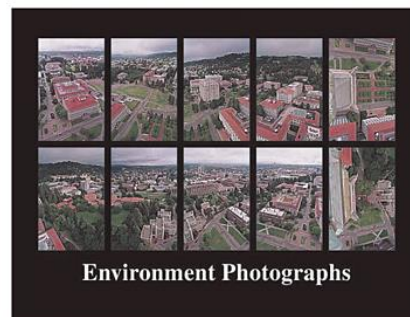
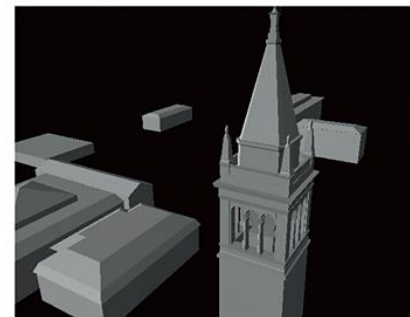
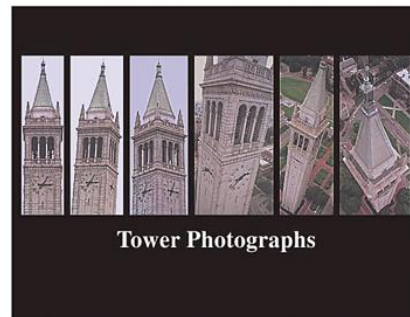
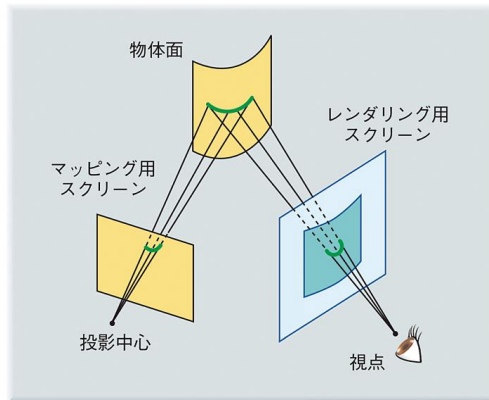
■イメージベースド: 実写画像⇒3次元表現

- **実写画像**の利用
⇒複雑な部分を写真入力に任せて効率化
- イメージベースドレンダリング
- イメージベースドライティング

テクスチャマッピングアプローチ

■ 簡易形状に実写画像を**テクスチャマッピング**

- 形状デザイン: 簡易モデルであるため手間がかからない
- 詳細な見た目: **実写画像**により複雑な表現が可能



[a] 実写画像

[b] 3次元形状モデル

[c] 生成された画像

(Images courtesy of Paul Debevec, <http://www.debevec.org/>)

画像再投影アプローチ

■ 視点位置を変えた画像の合成

- **各画素毎の奥行き値**を計算
 - 3次元スキャナ等を利用した計測
 - コンピュータビジョンによる推定



[a] 原画像



[b] 奥行き値を濃淡表示



[c] 作成画像

(©Copyright 1999, Leonard McMillan and Steven Gortler,
Computer Graphics Newsletter of ACM SIGGRAPH Vol.33 No.4 November 1999
©1999 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

パノラマ画像アプローチ

■パノラマ画像⇒歪み補正

- カメラ方向を回転するようなアニメーション
- 複数枚の実写画像⇒パノラマ画像生成



[a] パノラマ画像



[b] パノラマ画像から切り出して表示した画像

(提供：東京工業大学 奥富研究室)

ビューモーフィングアプローチ

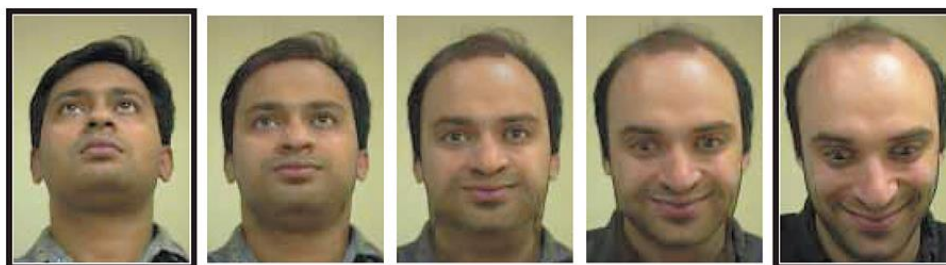
■異なる撮影方向の画像をモーフィング

- 入力画像同士の間接関係を取る
- 画像モーフィングにより中間画像を合成



入力画像1
[a] 同一人物の画像を用いた例

入力画像2



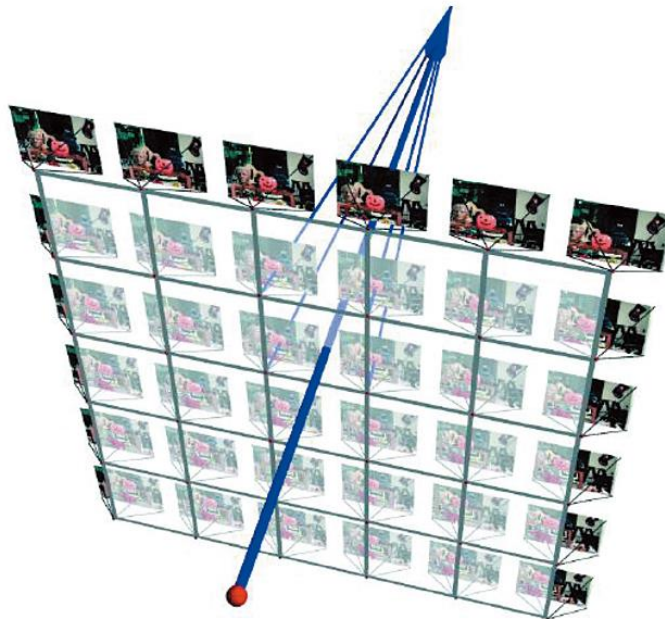
入力画像1
[b] 異なる人物の画像を用いた例

入力画像2

(S. Seitz, C. Dyer, Proceedings of ACM SIGGRAPH
1996 p.28 ©1996 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

レイデータベースアプローチ

- カメラ位置の異なる画像のデータベース
 - 各画素へ向かうレイに近い物を検索
 - 補間して画素の色を決定



(©Copyright 1999, Leonard McMillan and Steven Gortler, Computer Graphics
Newsletter of ACM SIGGRAPH Vol.33 No.4 November 1999
©1999 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

イメージベースドライティング

■ イメージベースドレンダリング

- 実写画像⇒3次元的な立体表現

■ イメージベースドライティング

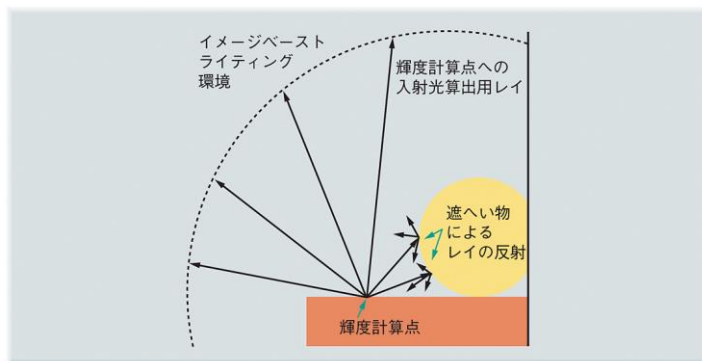
- 実写画像⇒**シェーディング**
 - **間接光**の表現
 - 他の実写画像の照明環境の利用



HDR環境マップによるライティング

■ ライトプローブ画像による複雑な照明環境

- 全方位をカバーするHDR実写画像
- 球状の環境マッピングを拡張
 - 直接色を参照するのではなく、入射光の色として扱う
- 色々な方向の光を考慮するため計算時間がかかる



[a] ライトプローブ画像



[b] イメージベーストライティングにより生成された画像

(Images courtesy of Paul Debevec, <http://www.debevec.org/>)

前計算放射輝度伝達法

■ PRT (Precomputed Radiance Transfer)法

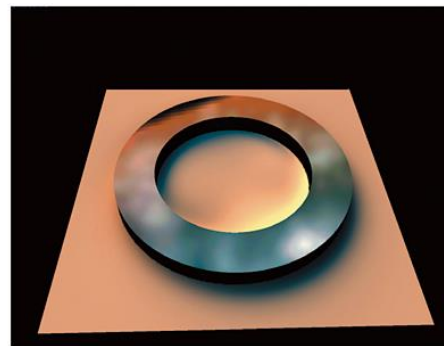
- 物体表面上の**各頂点で光の伝達**を事前計算
- **ソフトシャドウ**をリアルタイムに計算可能
- 相互反射, コースティクス等の大域照明



[a] ソフトシャドウを考慮した例



[b] 相互反射を考慮した例



[c] コースティクスを考慮した例

(P.P.Sloan, J.Kautz, J.Snyder, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002 pp.527, 535, 536
©2002 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

PRT法で使われる光の伝達関数

■ シーン, 物体は固定

- 球面調和関数:
 - ソフトシャドウが出やすい, **高速**
- ウェーブレット関数
 - **ハードシャドウ**を表現可能, **計算時間はかかる**

球面調和関数



(R.Ng, R.Ramamoorthi and P.Hanrahan, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003 p.376 ©2003 ACM, Inc. Reprinted by permission.)

ウェーブレット関数



[b] ウェーブレット関数を用いたPRT法
(R.Ng, R.Ramamoorthi and P.Hanrahan, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004 pp.477,485 ©2004 ACM, Inc. Reprinted by permission.)



PRT法のアニメーション応用

- シャドウフィールド: 物体の移動
 - 物体による**遮蔽情報**を事前計算
- 帯域調和関数: 物体の変形
 - 球面調和関数を**球近似**で動的に計算
 - **ソフトシャドウしか表現できない**



[a] シャドウフィールド
(K. Zhou, Y. Hu, S. Lin, B. Guo and H.Y.Shum, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005 p.1196 ©2005 ACM, Inc. Reprinted by permission.)



[b] 物体を球によって近似する手法
(Z. Ren, R. Wang, J. Snyder, K. Zhou, X. Liu, B. Sun, P.P. Sloan, H. Bao, Q. Peng, and B. Guo, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006 p.986 ©2006 ACM, Inc. Reprinted by permission.)



最新のPRT法の動向

■球面ガウス関数

- **鋭い光沢反射**を効率的に扱う
- 拡散反射から光沢反射までコンパクトに表現
- 相互反射光や異方性反射への応用



(提供：和歌山大学 岩崎慶)

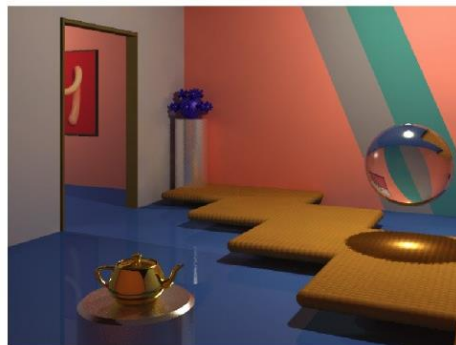
大域照明モデル

- 環境光(前回の講義): 周囲からの光を**一様な光**で近似
- 大域照明モデル: 反射面からの**間接光**も考慮

- ラジオシティ法



- フォトンマッピング法



ラジオシティ法

■ラジオシティ法: 相互反射を考慮

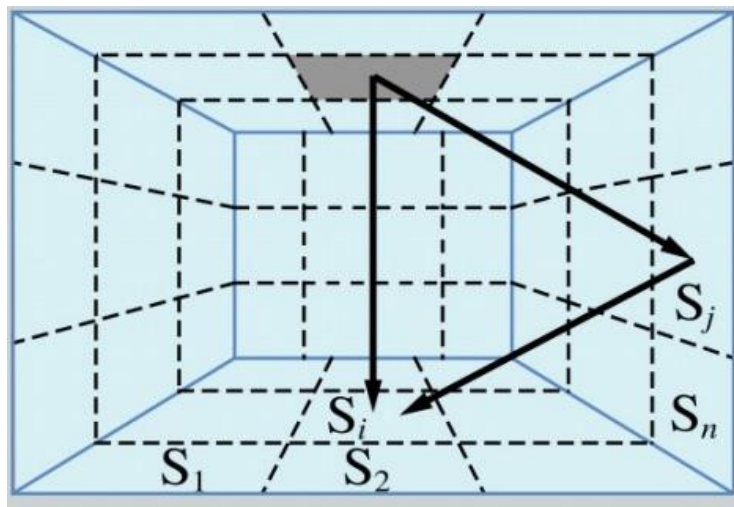
- 影が半影になる
- 直射光がとどかない部分も間接光により照らされる
- **反射面の色が隣接する面に影響**する



ラジオシティ法

■ポリゴンを小さなパッチに分割

- ラジオシティ(放射発散度)
 - パッチ毎に計算する
- フォームファクタ
 - パッチ同士のラジオシティのやり取りを考慮
 - 光源, 視点には依存しない



ラジオシティ法

- 直射光のみの画像とラジオシティ法の比較
 - 間接光により柔らかい雰囲気表現できる



[a] 直射光のみの画像



[b] 相互反射を考慮したラジオシティ法による画像

ラジオシティ法

■映像制作での利用

Lightwave6 (1999)
© NewTek

Bunny (1998)
© Blue Sky Studios

フォトンマッピング法

- 鏡面反射, 透明物体を空付ける手法
 - コースティック: 集光現象
 - パッチ分割の必要が無い
 - ⇒ シーンの**複雑度に計算時間が影響しない**



[a] 集光現象および映り込みの表示

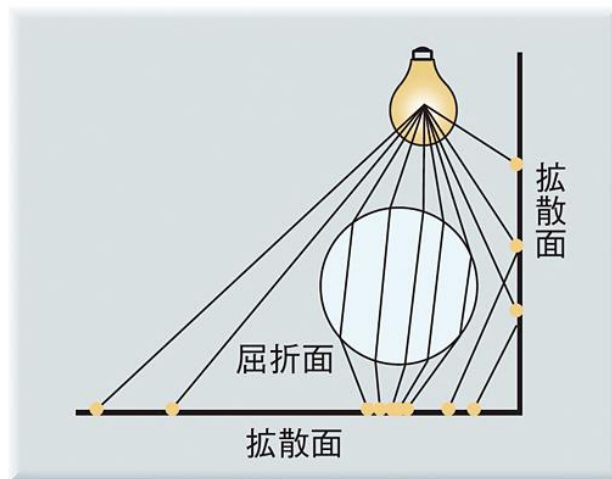
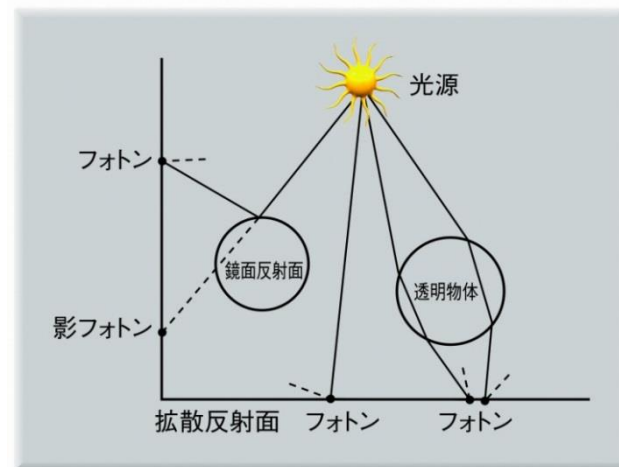


[b] グラスの中のコニャックによる集光現象の表示

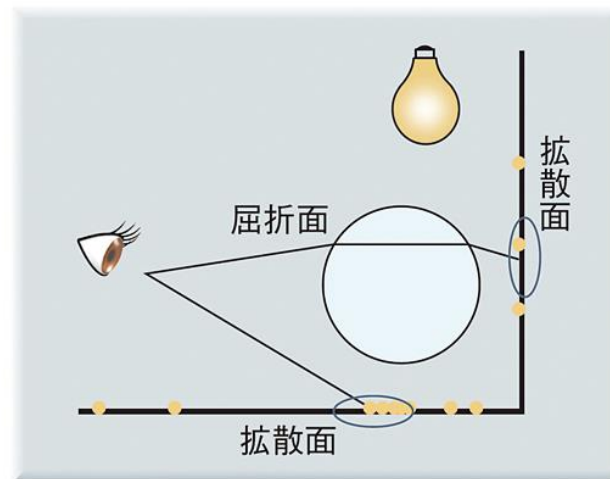
フォトンマップ法

■ フォトンマップの構築

- 光源からレイトラッキングを行う
- フォトン(光子)
 - 鏡面反射の情報
 - 拡散面での反射情報
 - 多重散乱光



[a] 第1段階



[b] 第2段階

フォトンマッピング法

- Unityで動作するフォトンマッピングのデモ© mgear

フォトンの計算の様子

最終レンダリング結果

次回

■ レンダリング技法 4

- 視覚に訴えるグラフィックス

■ 図7.15—水彩画風CG画像



■ 図7.16—ペン画風CG画像



■ 図7.22—自由曲面のイラスト表現



■ 図7.28—色の付加による金属表面の表現

