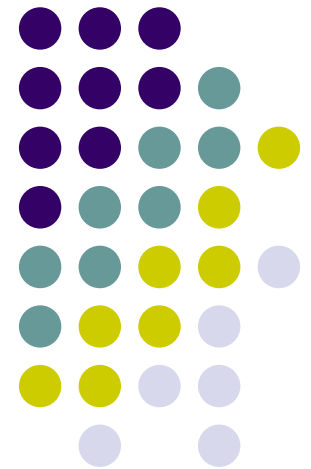
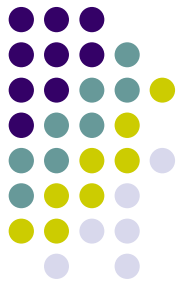


マルチメディア技術

第7回: コンピュータグラフィックス1 基礎編



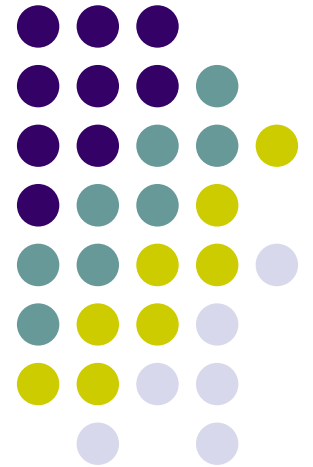


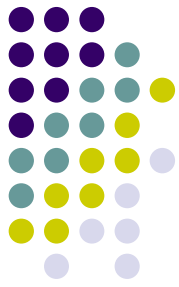
今回話すこと

- 3次元CGを制作する上で必要な項目について

空間の位置と表現

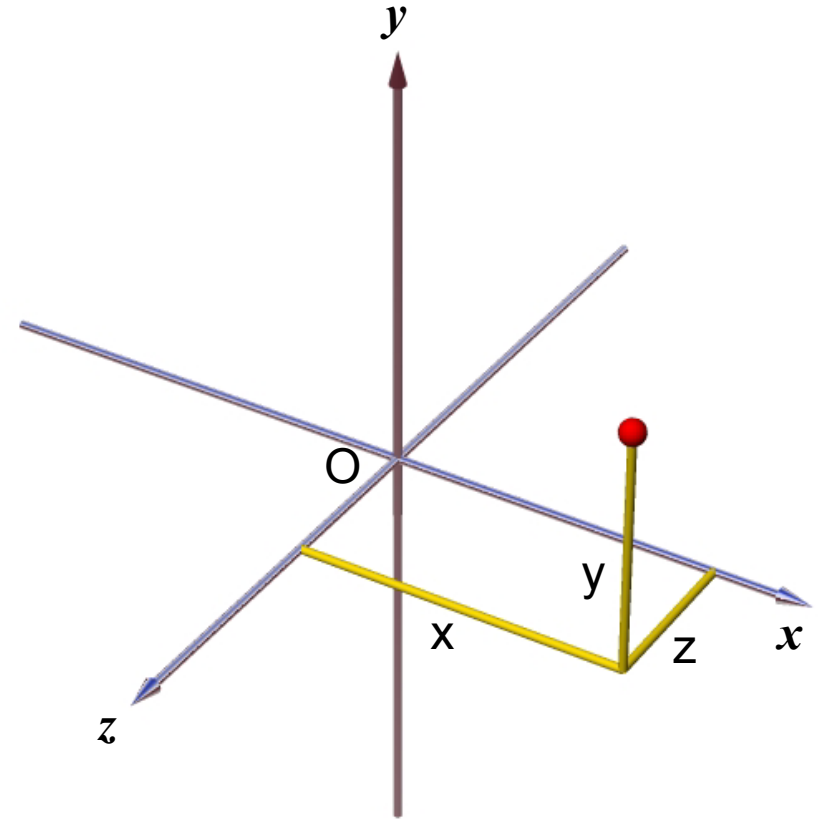
座標系について



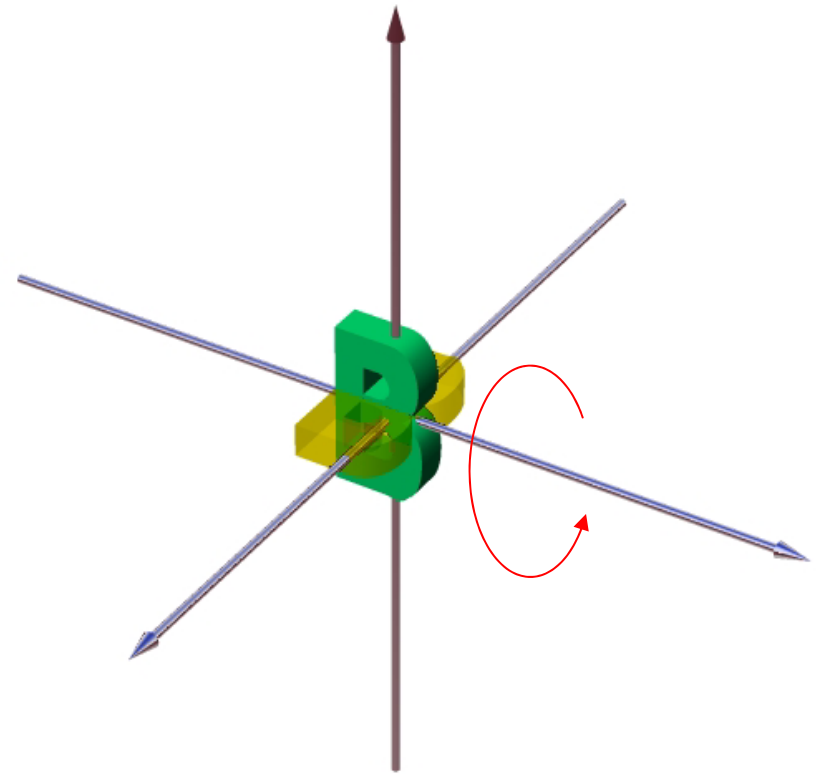
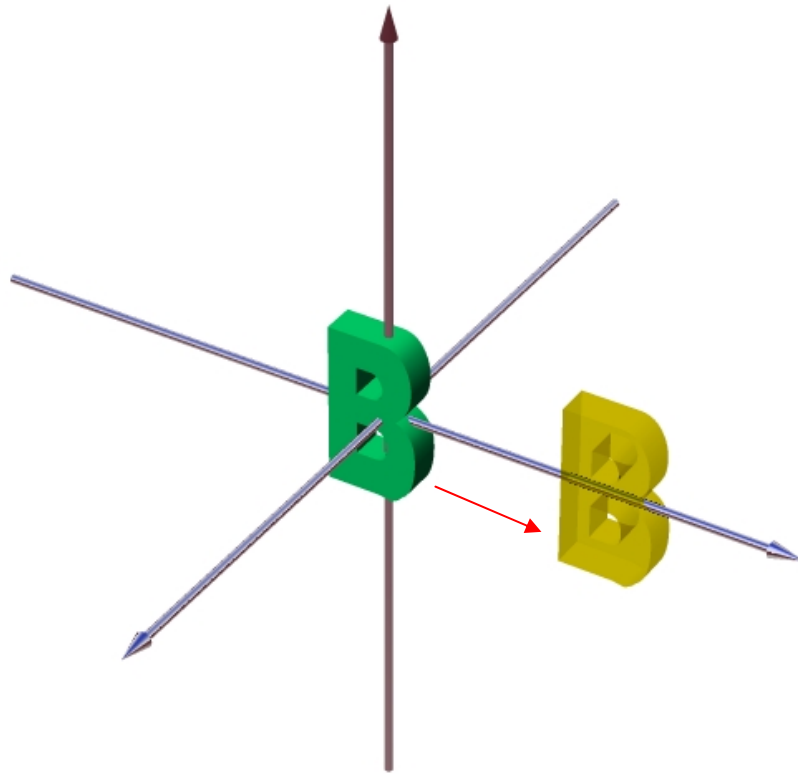
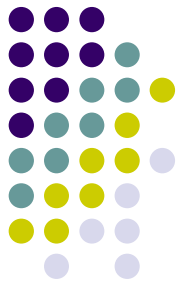


座標系と座標値

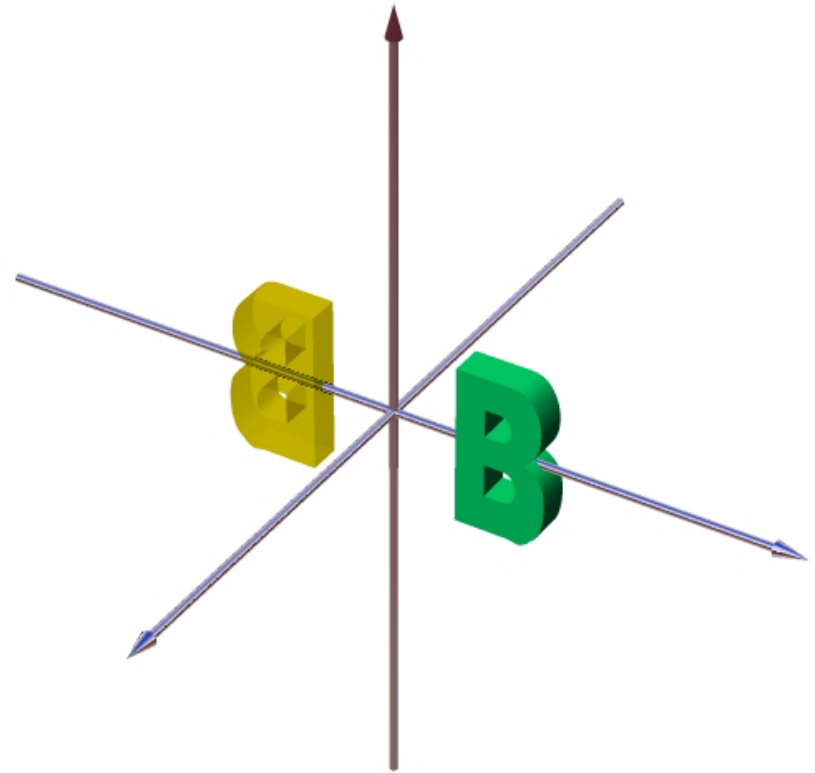
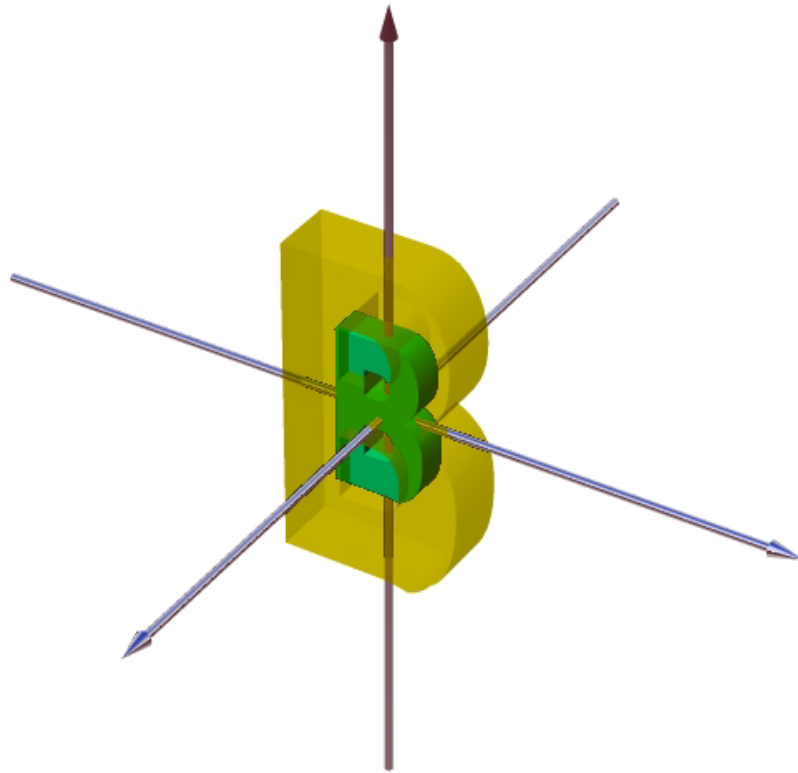
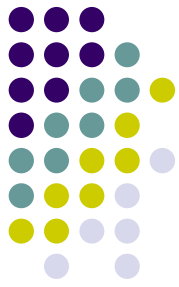
- 3次元直交座標系
 - 座標値 (x, y, z) によって点の位置を表現する
 - 点を結んで線を表現する
 - 点や線を結んで面を表現する
 - 面を組み合わせて立体を表現する

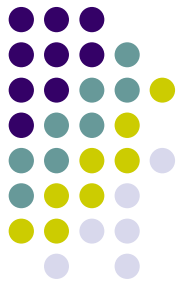


平行移動と回転



拡大と反転

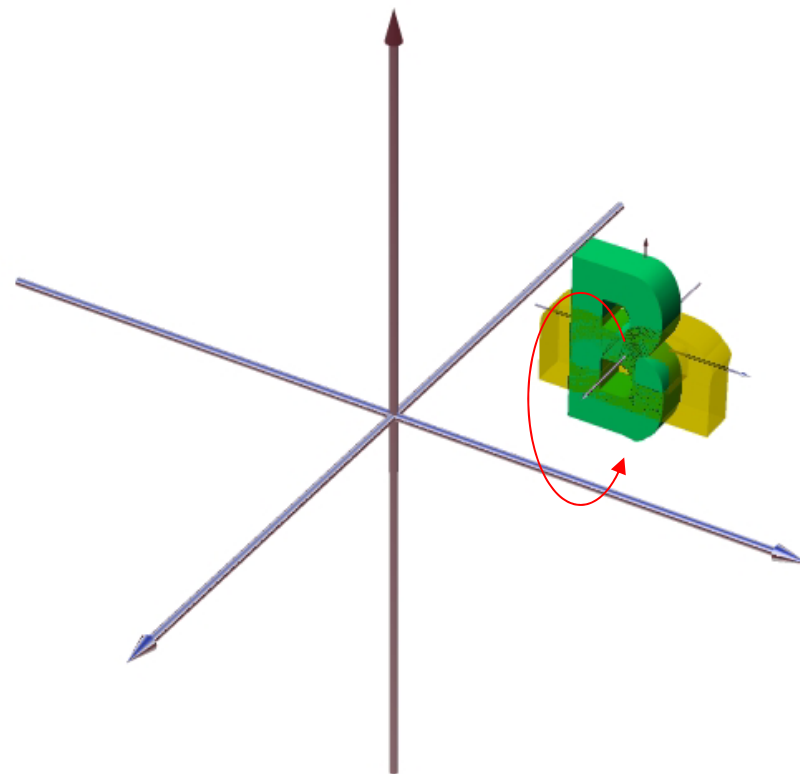
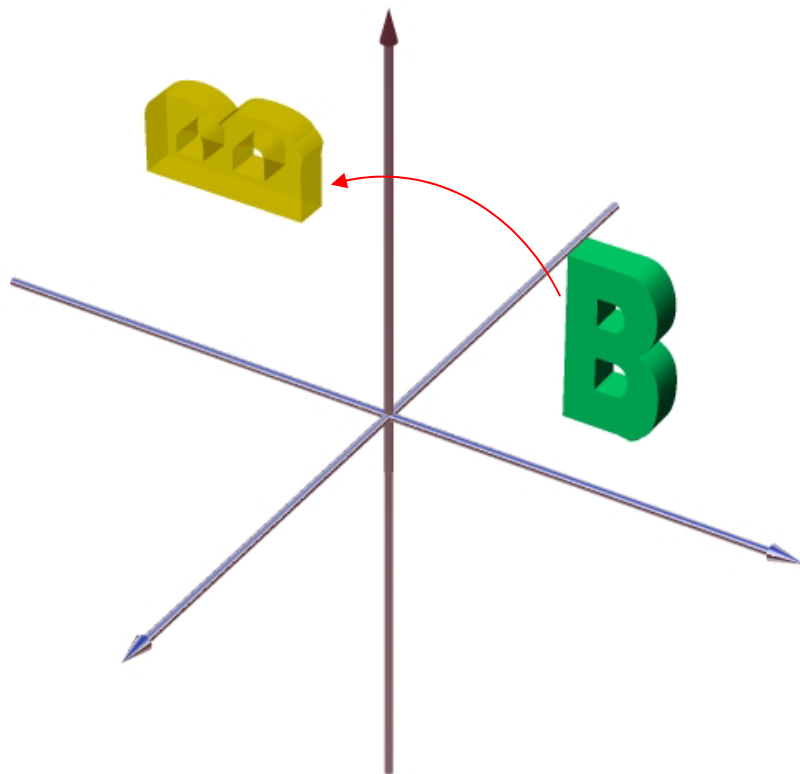




ワールド座標とローカル座標

- ワールド座標系
 - シーン全体を管理する座標系
 - 立体を配置する
 - 視点・光源・投影面を配置する
- ローカル座標系
 - 個々の立体がもつ固有の座標系
 - 立体の頂点や面の位置を管理する

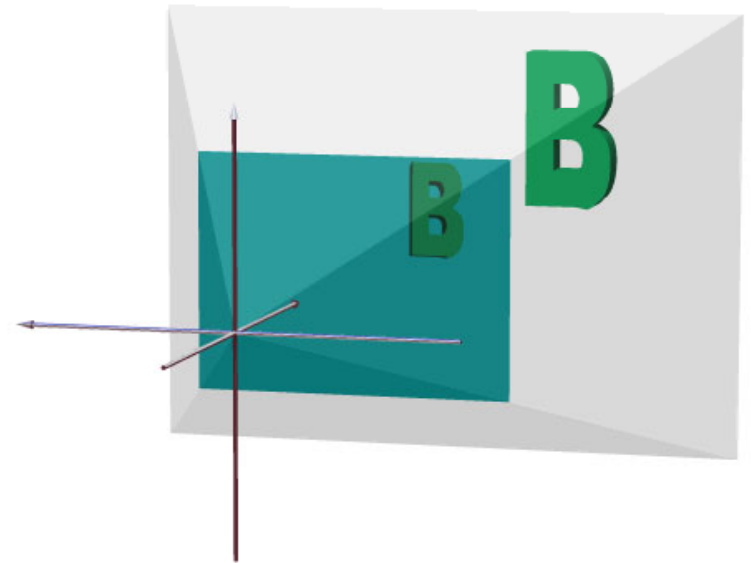
ワールド座標での回転と ローカル座標での回転



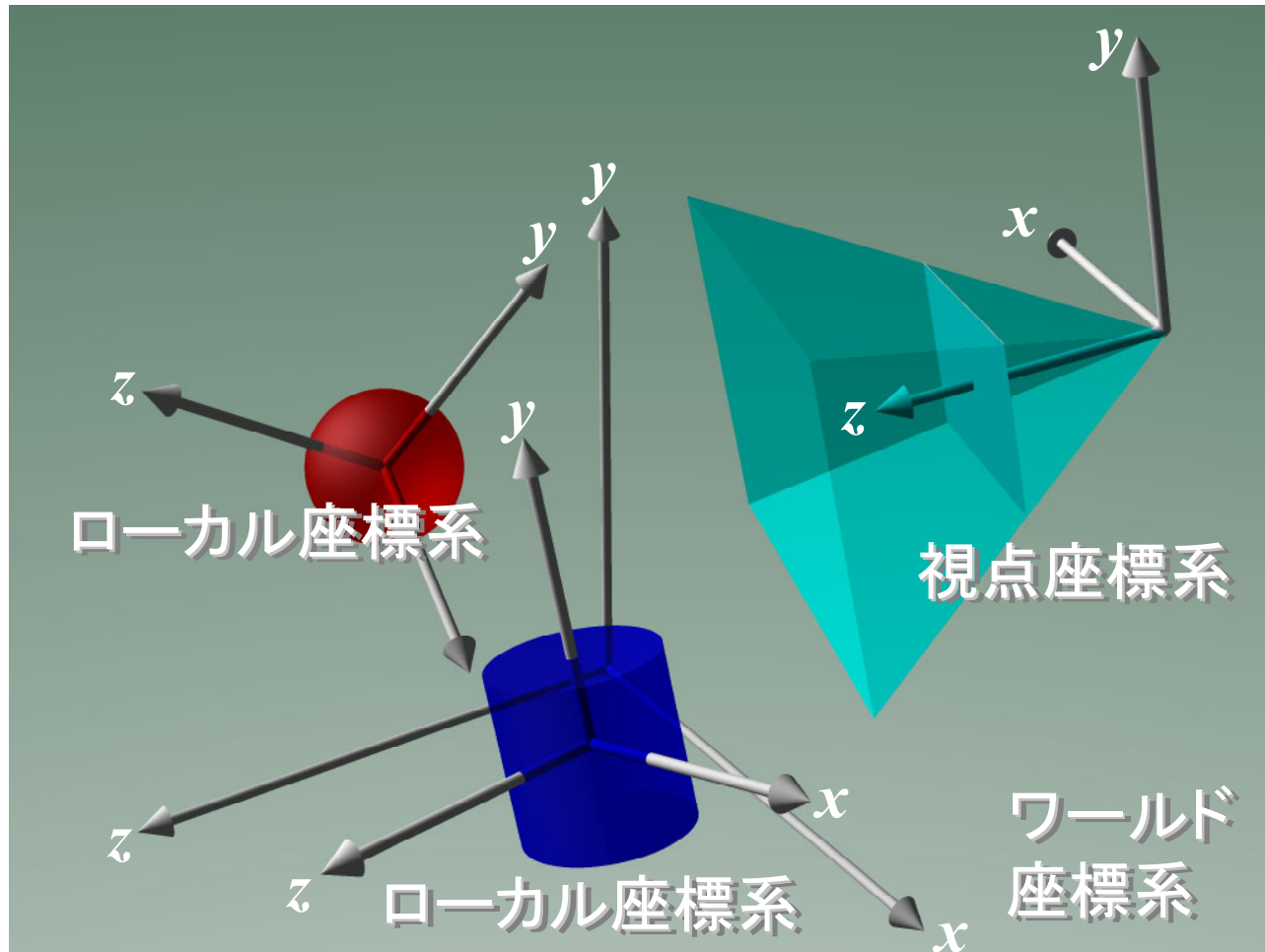
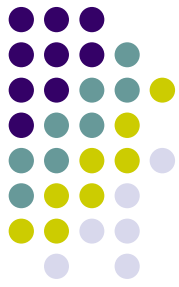


視点座標と投影面座標

- 視点座標
 - 視点位置を原点とし視線方向をZ軸とする座標系
- 投影面座標
 - 投影面(スクリーン)をxy平面とする座標系
- 投影変換
 - 視点座標における立体の位置を投影面座標に変換し, 3次元の立体形状から2次元の投影図を求める

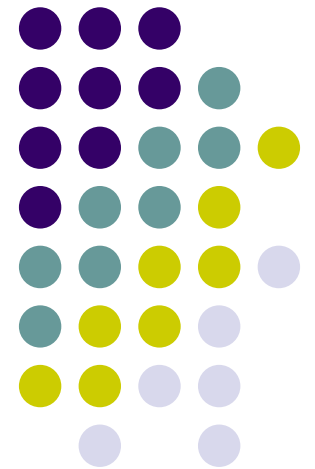


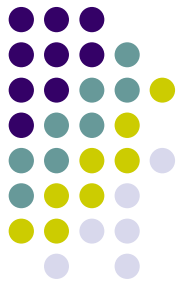
座標系の関係



立体の作成

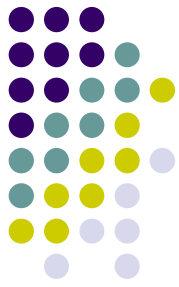
モデリングについて





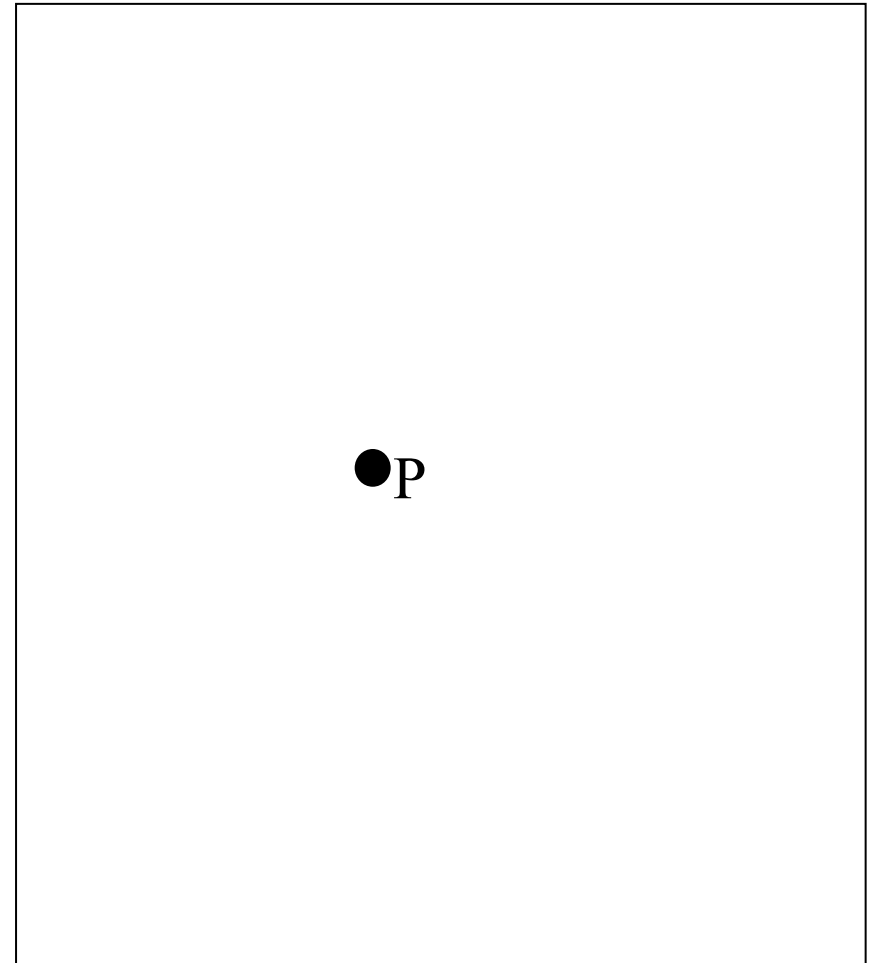
点, 線, 面

- CGで作られた物体は複数の点や線, 面によって構成されている



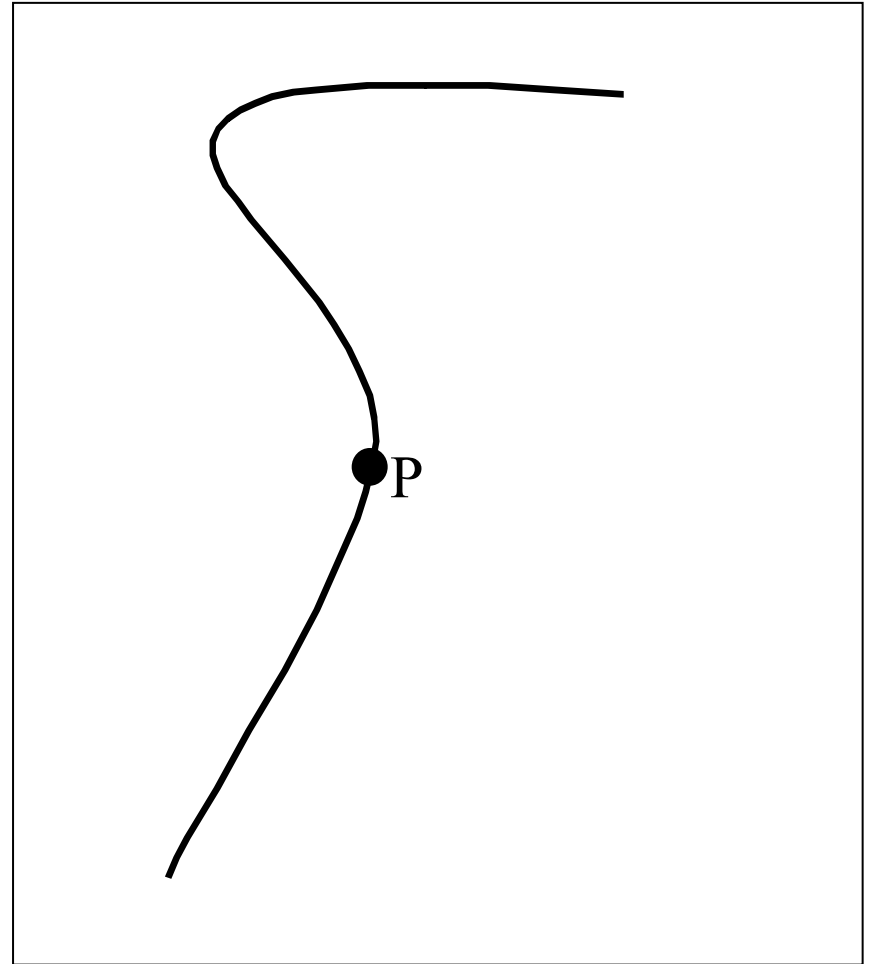
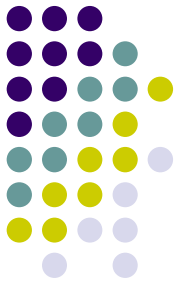
点

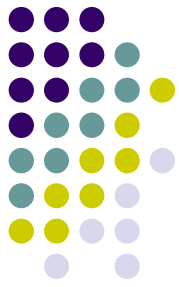
- 位置を表す



線

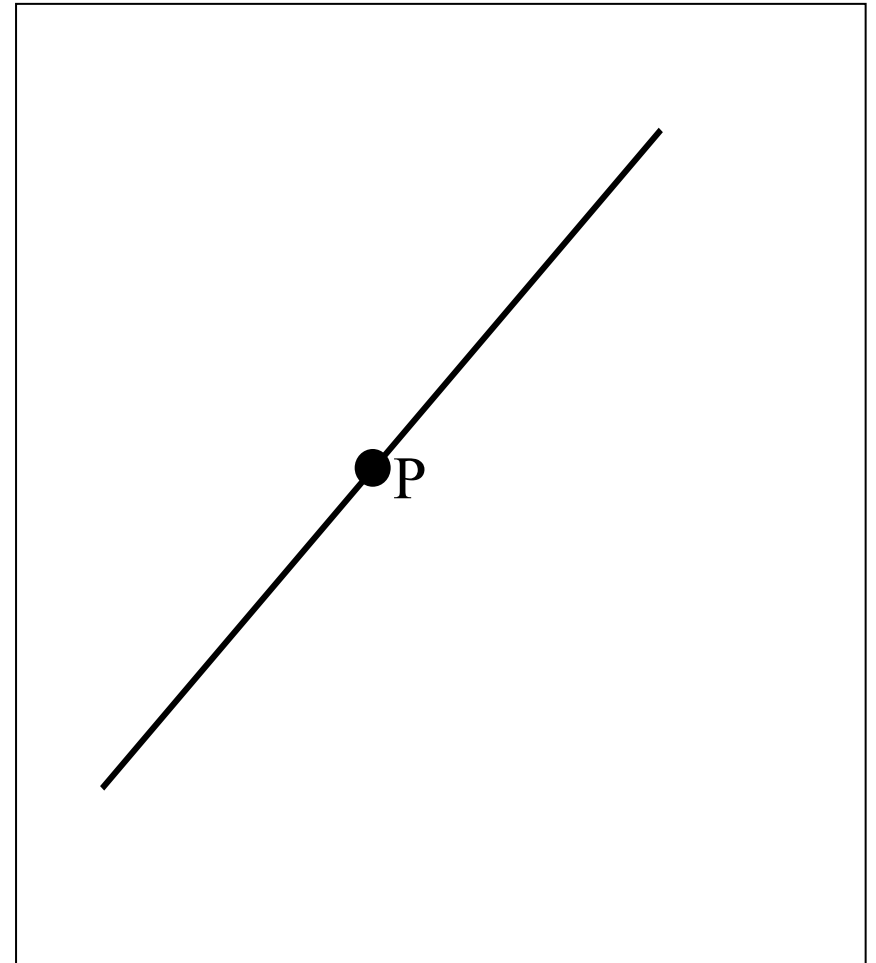
- 点の集合

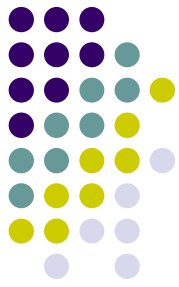




直線

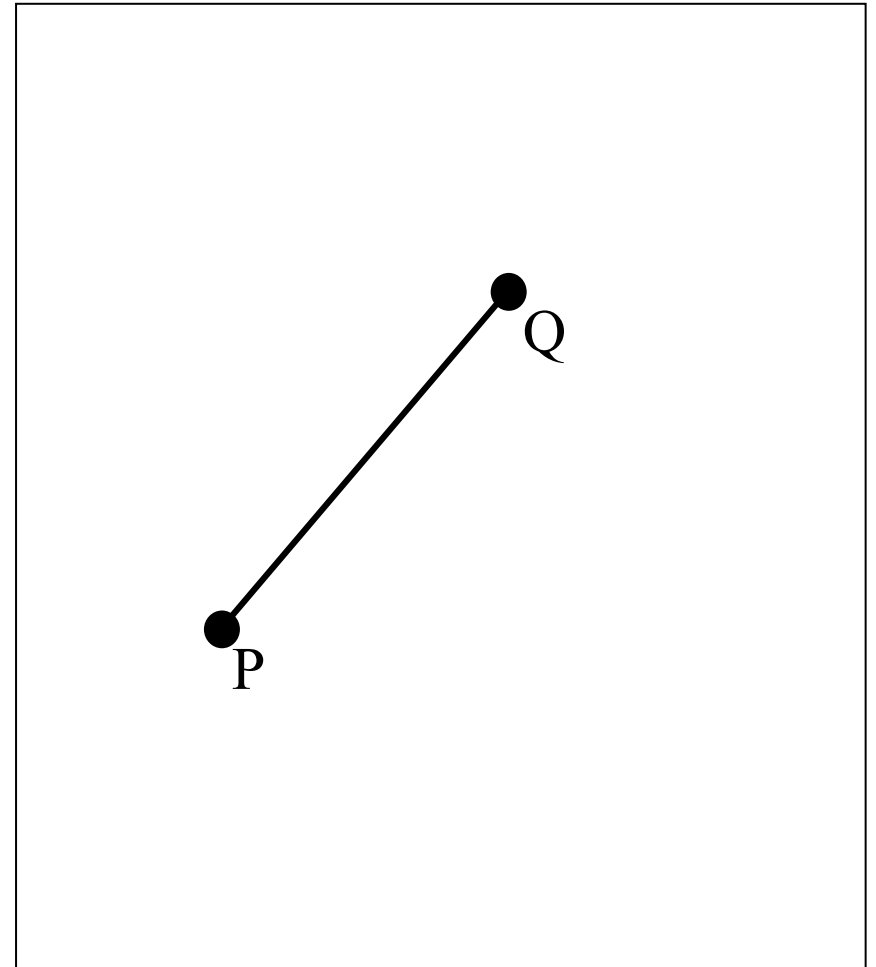
- 2点によってただ一つ決定される
- 3点が1直線上にあれば, 3点のうち1点が残りの2点の間にある
- 直線はその上の1点によって2つに分けられる
- 直線はその2つの方向に限りが無い

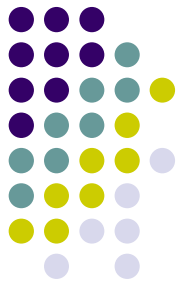




線分

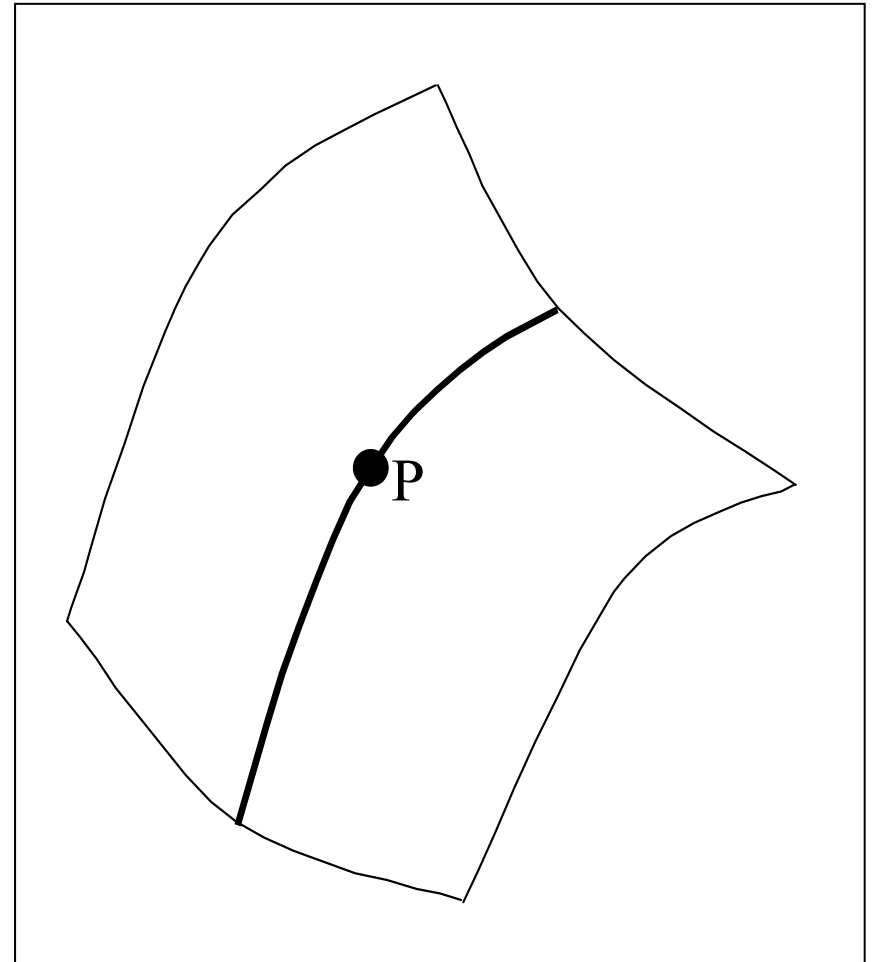
- 直線上の2定点PとQの間にある点全体と、点PおよびQは一つの線分を形作る
- PとQは端点





面

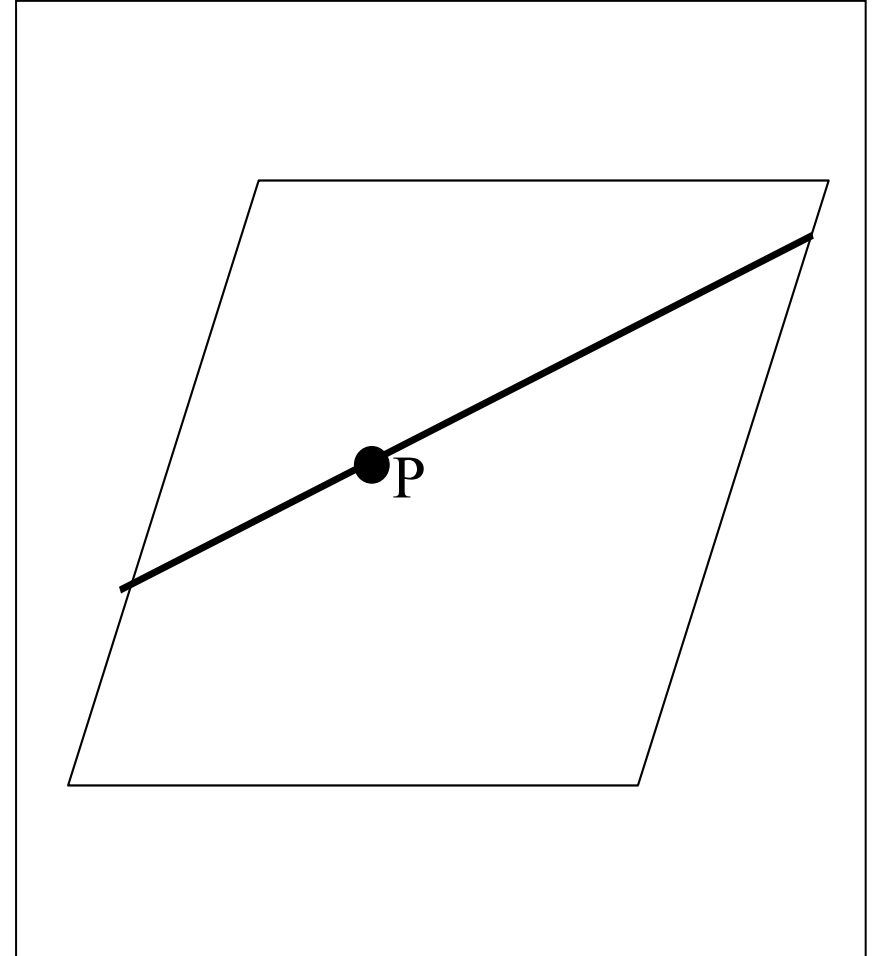
- 点の集合
- 線の集合

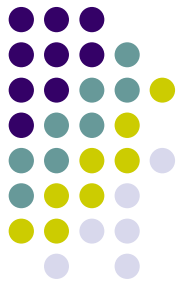




平面

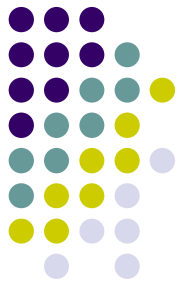
- 1直線上にない3点によってただ一つ決定される
- 1直線上の2点が1つの平面上にあれば, 直線全体がこの平面上にある
- 平面はその上にあるすべての直線によって2つに分けられる
- 平面はすべての方向へ無限に伸びており空間を2つの部分に分ける





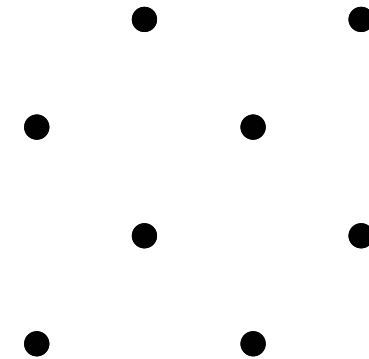
立体の形状表現

- ワイヤーフレームモデル
 - 3次元形状を稜線の集合だけで表す
- サーフェスモデル
 - 3次元形状を立体の表面を構成するポリゴンで表す
- ソリッドモデル
 - 中身の詰まった立体を表す

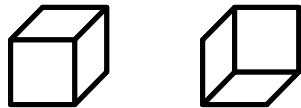


ワイヤースケッチモデル

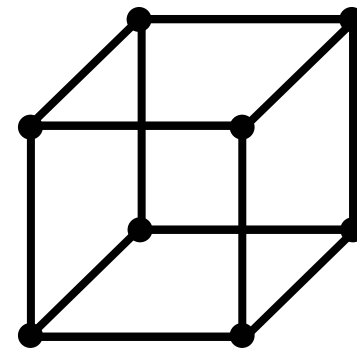
- 点だけで形を表してみる
 - なんだかよくわからない

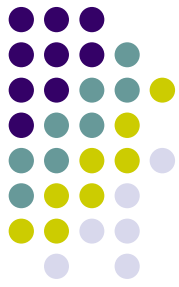


- 点と点を線で結んでみる
 - だいたい形はわかる



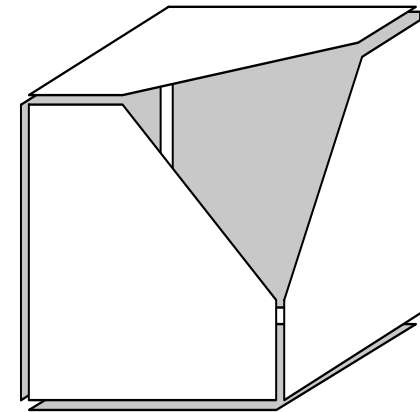
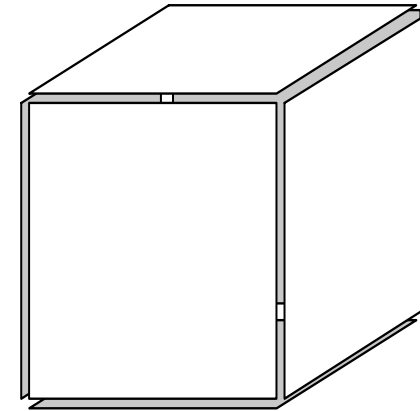
でもどっちだかわからない



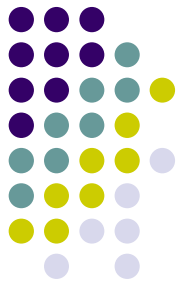


サーフェースモデル

- 面を構成する稜線(あるいは頂点)をひとまとめにして, 面のデータとして保持する
 - 内部と外部の区別が無い
 - 立体は閉じていなくても良い
 - 隠面消去可能

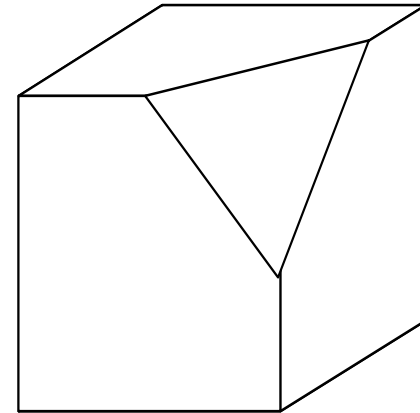
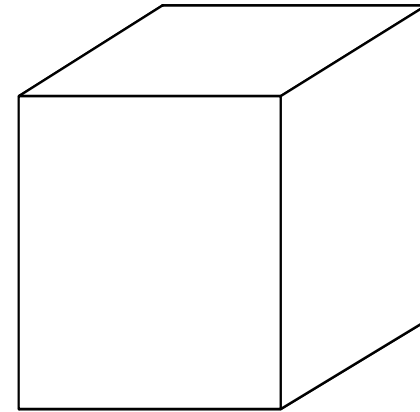


切ると内側が見える

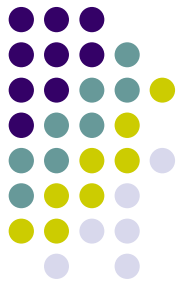


ソリッドモデル

- 立体を構成する面をひとまとめにして, 立体のデータとして保持する
 - 面は向き付けされている
 - 中身は詰まっている
 - 内部と外部が区別できる
 - 集合演算が可能
 - マスプロパティの算出が可能

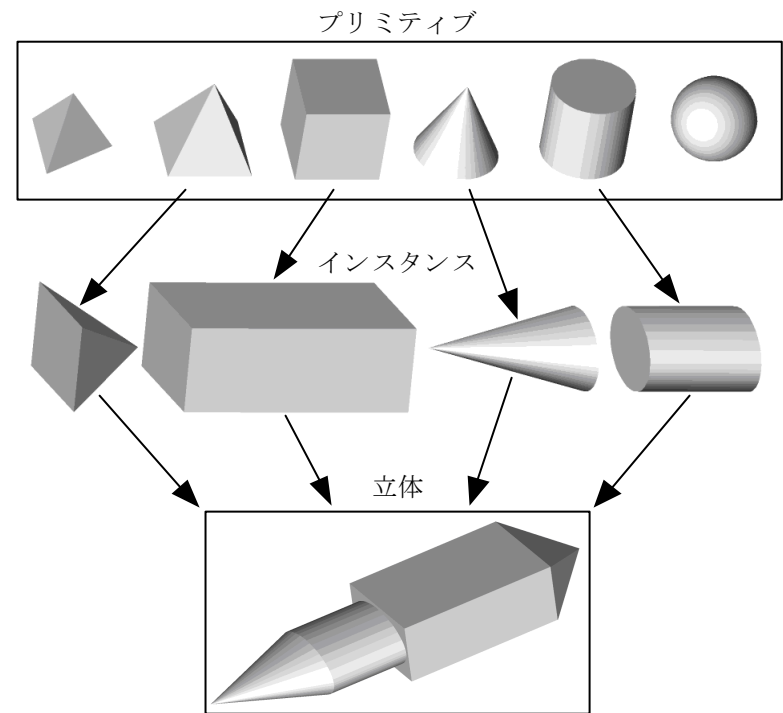


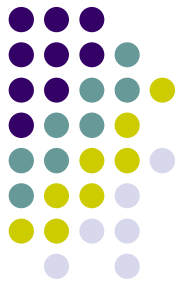
切ると中身が詰まっている



プリミティブ

- 立方体, 球, 円錐, 円柱, トーラスなどの基本形状
 - これらの組み合わせで形を表現する



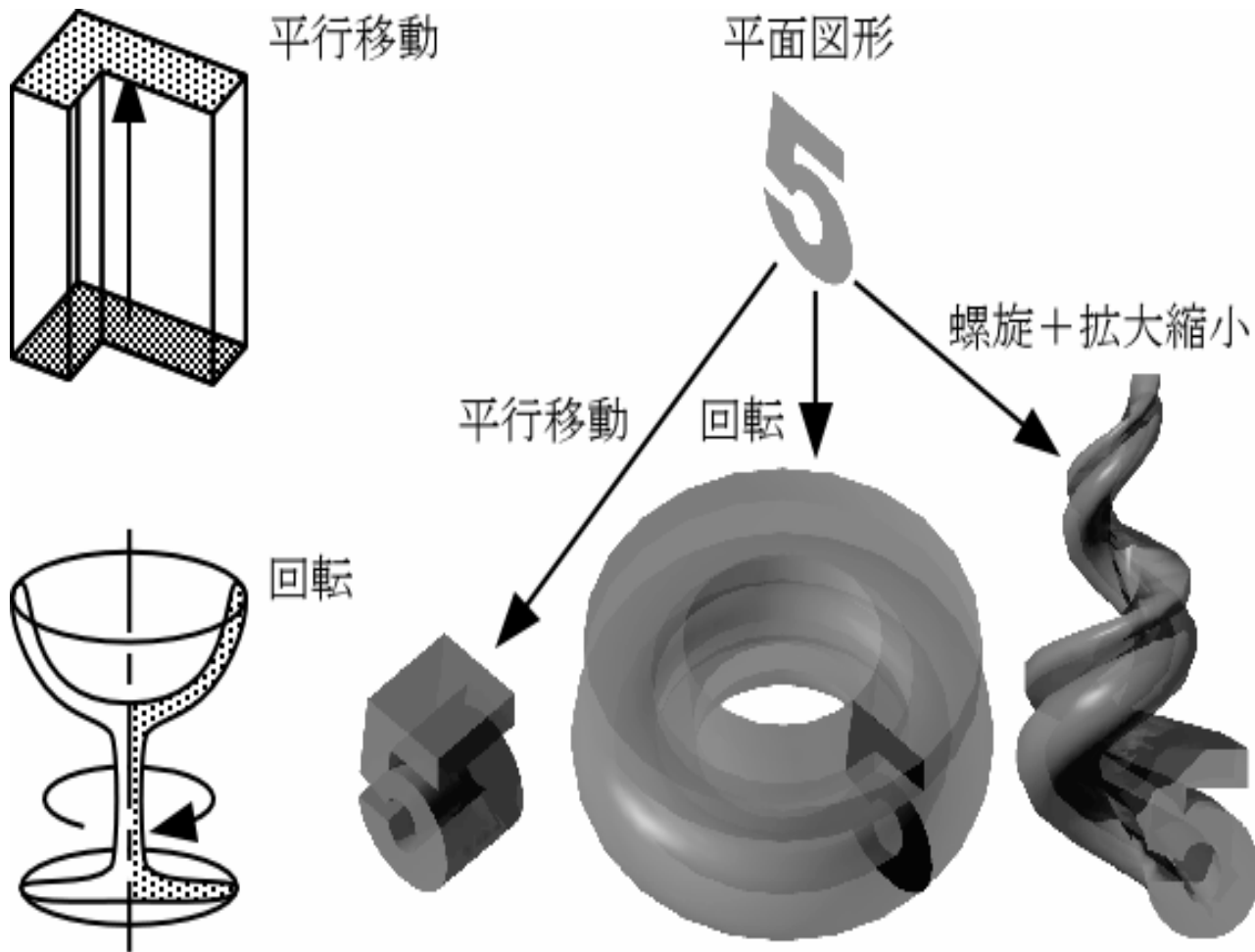


モデリングの手法

- 基本的なモデリング手法
 - 立体の頂点, 稜線, 面の位置や接続構造を部分的に修正する
- スイープ表現
 - 面や線を一定の方向に移動や回転することにより立体を作成する
- ブーリアン演算
 - 2つの立体を重ね合わせて,重なった部分の和, 差, 積により形状を作る

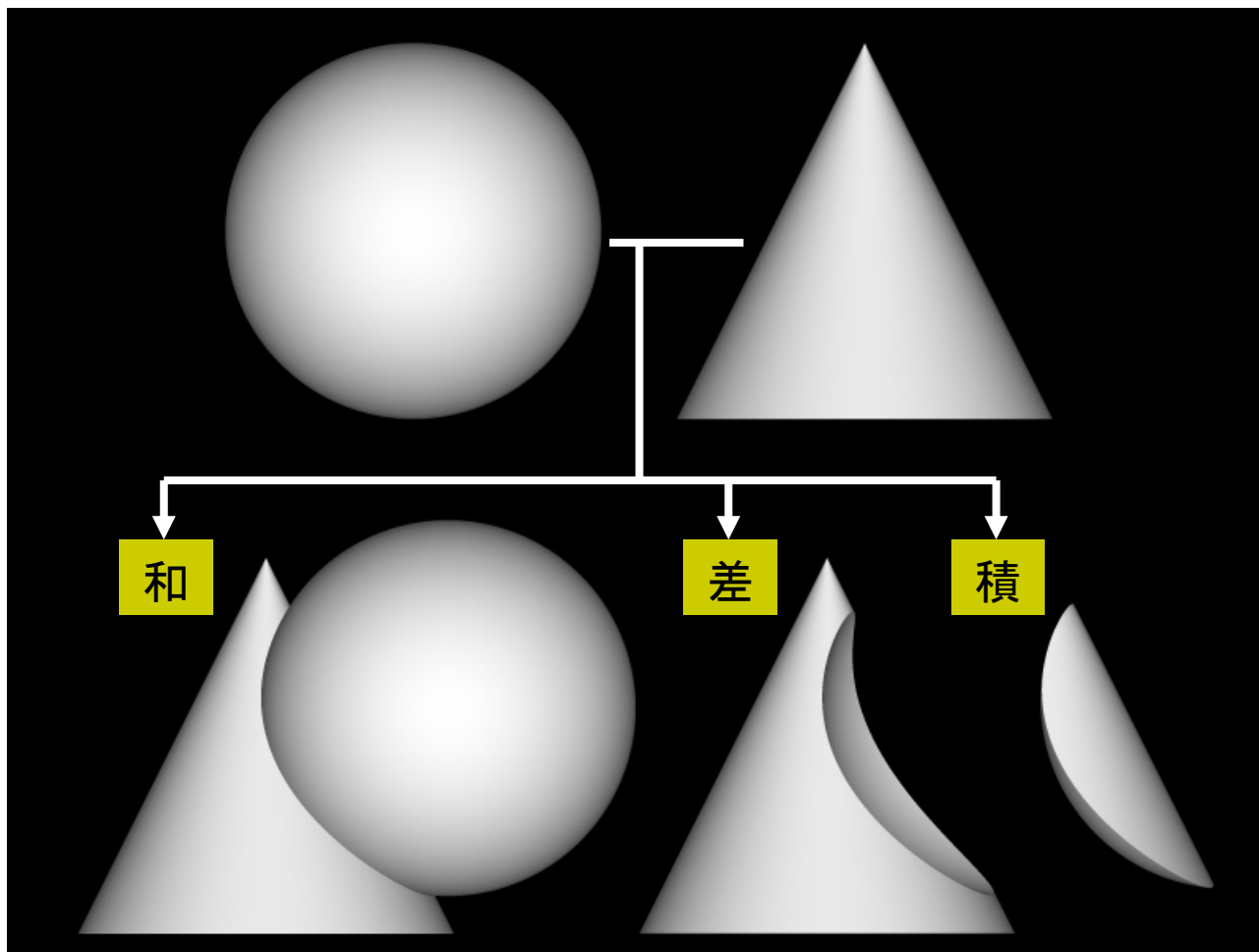


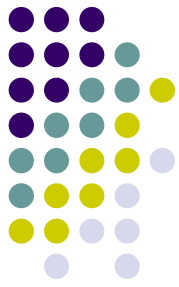
スイープ表現





ブーリアン演算

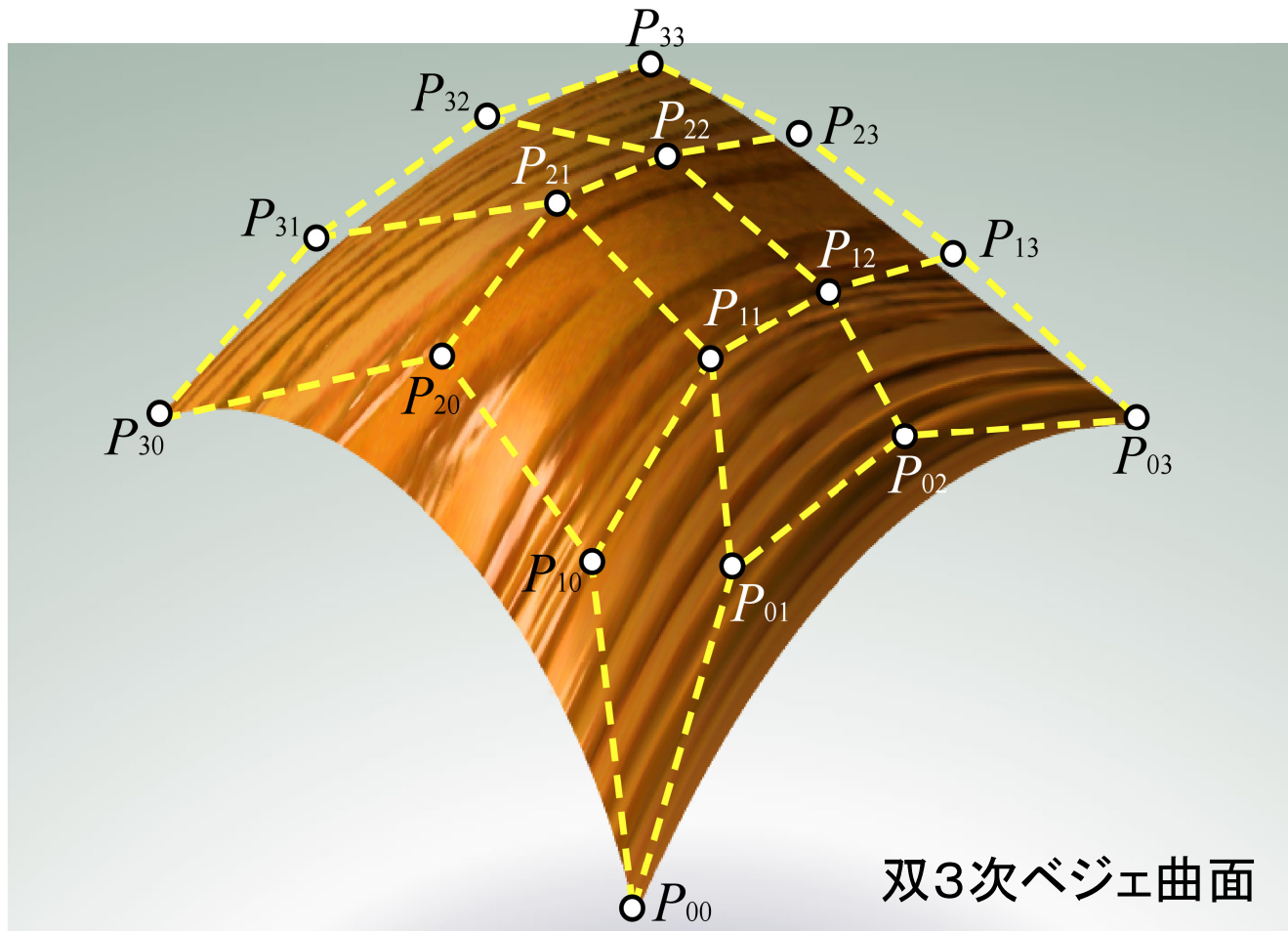
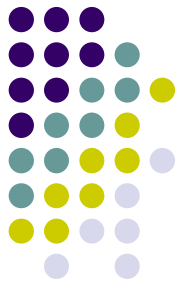




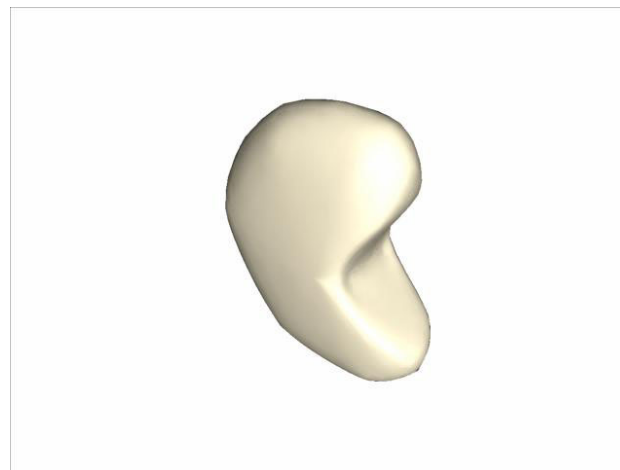
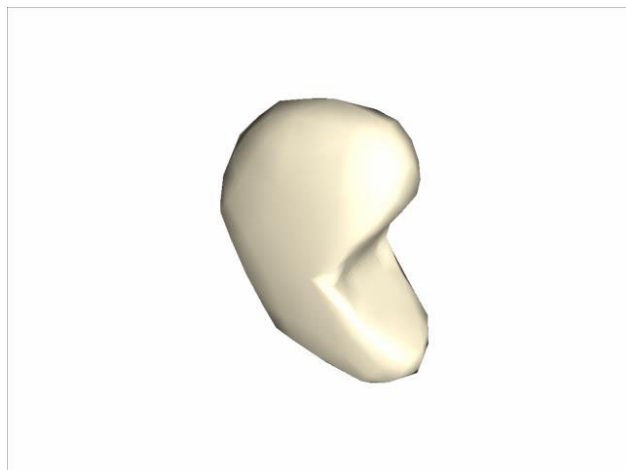
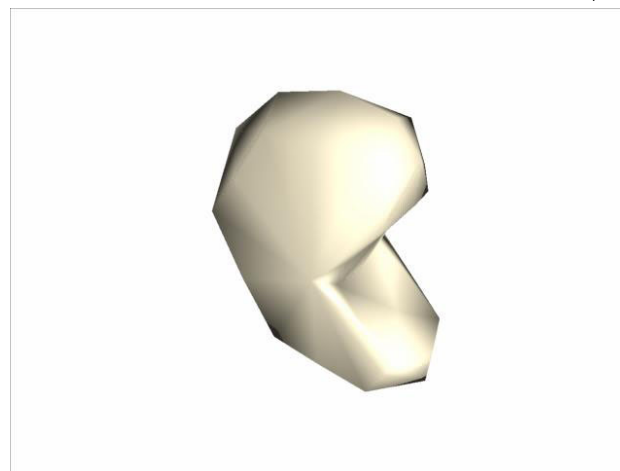
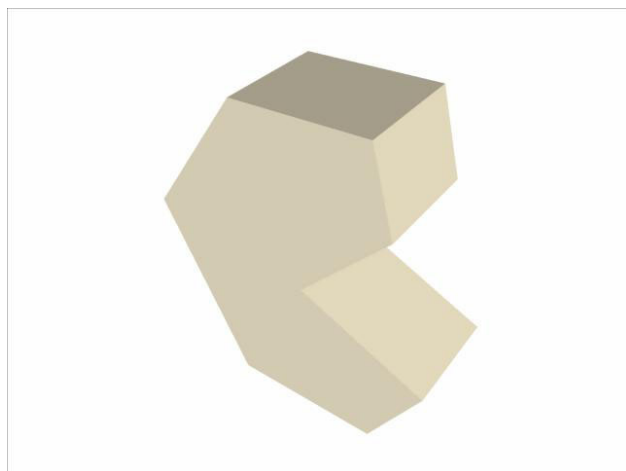
なめらかな曲面の生成

- 自由曲面
 - 複雑な曲面を持つ立体の定義に用いられる
 - 曲面形状は制御点の位置や重みで制御する
 - ベジエ曲面, Bスプライン曲面, NURBS曲面
- 細分割曲面
 - 多面体の表面を細かく分割して曲面を作る
 - 分割数によりなめらかさを制御できる

自由曲面



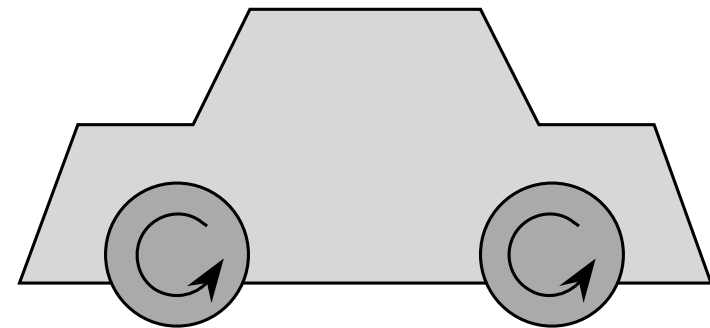
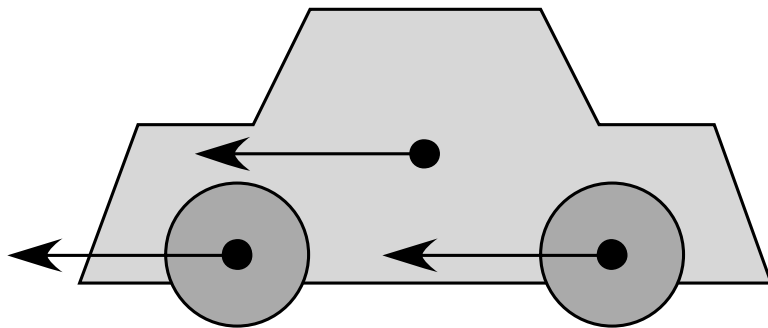
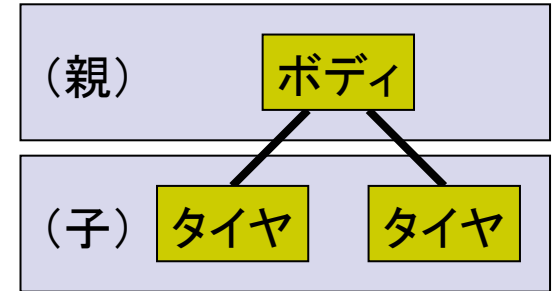
細分割曲面



階層構造

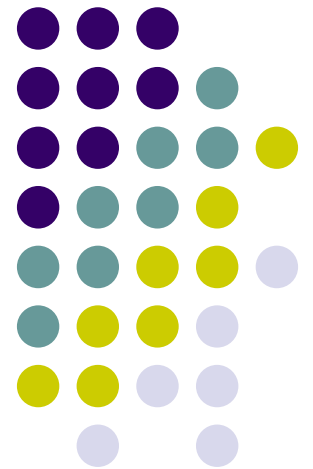


- 複数の立体に親子関係(上下関係)を与える
 - 親に与えた回転や平行移動は子に継承される
 - 子に与えた回転や平行移動は親に影響しない
 - 自動車ではボディが親, タイヤが子
 - ボディの平行移動にともないタイヤも平行移動する
 - タイヤの回転はボディに影響を与えない



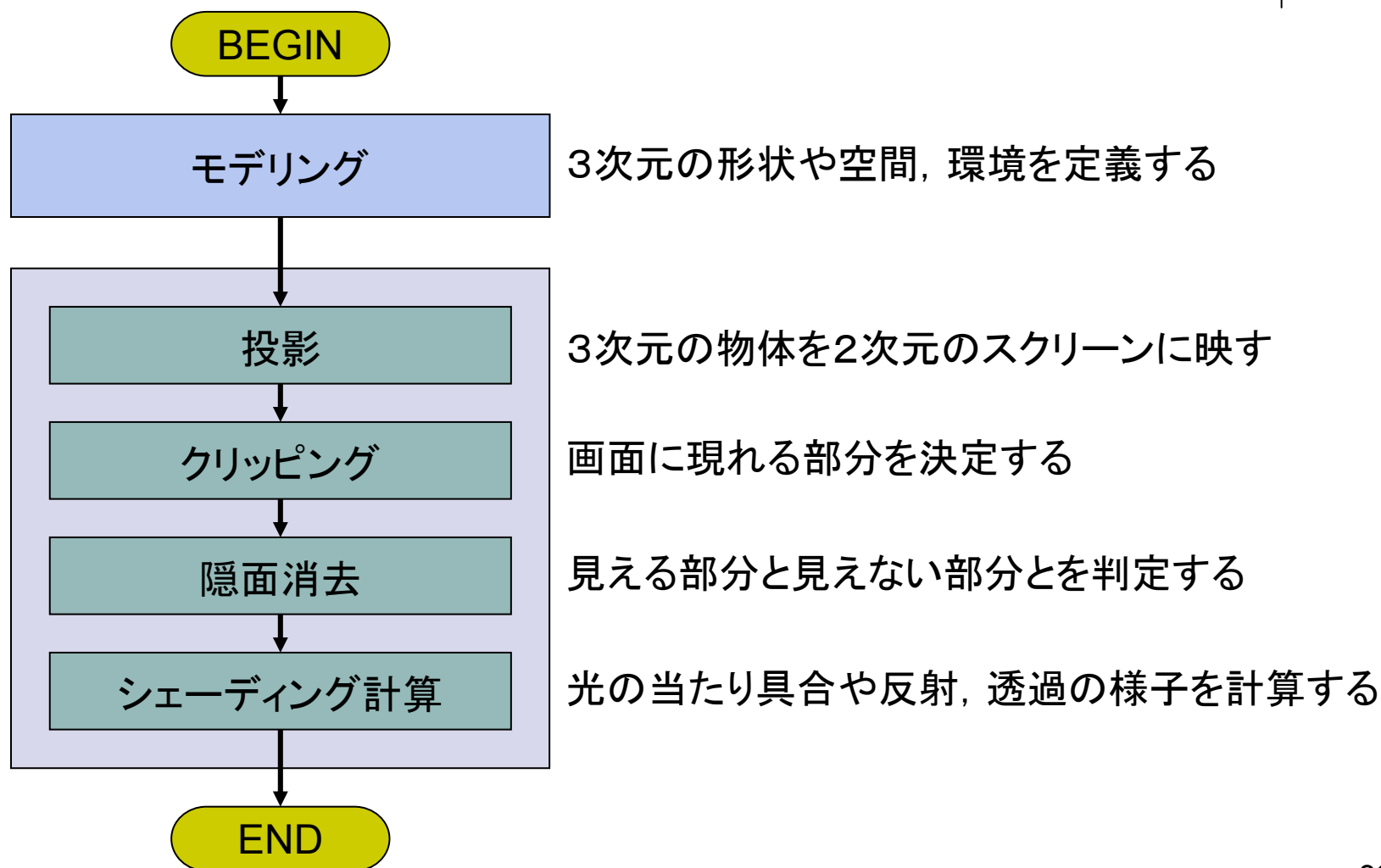
作成データの描画

レンダリングについて





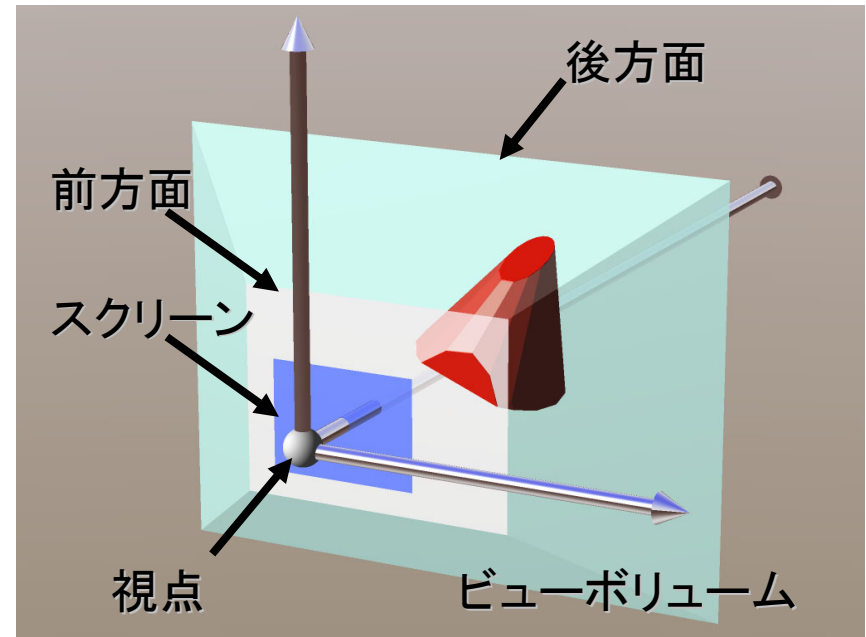
レンダリング処理の手順





クリッピング

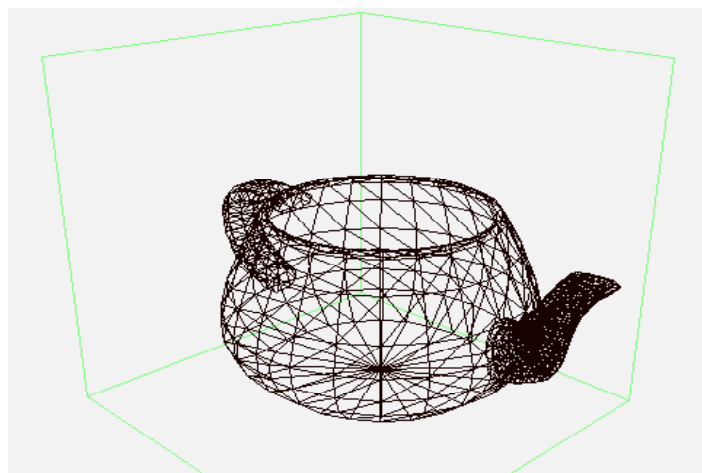
- スクリーンからはみ出した部分を除外する
 - スクリーンにはビューボリュームの中にあるものだけが描かれる



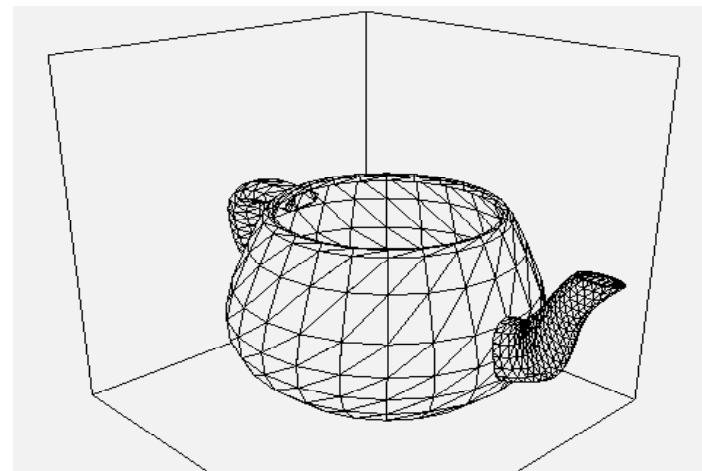


隠線消去, 隠面消去

- 見えない線や面を消す
 - 見える線や面だけを描く

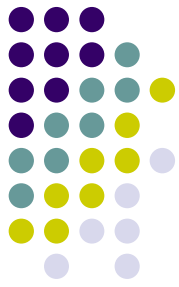


隠線消去



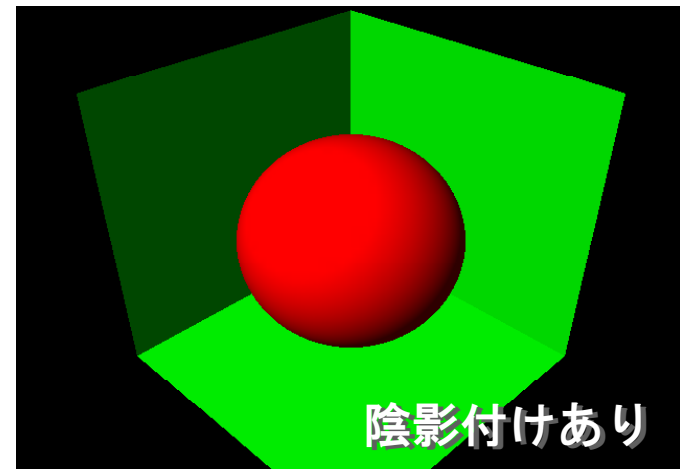
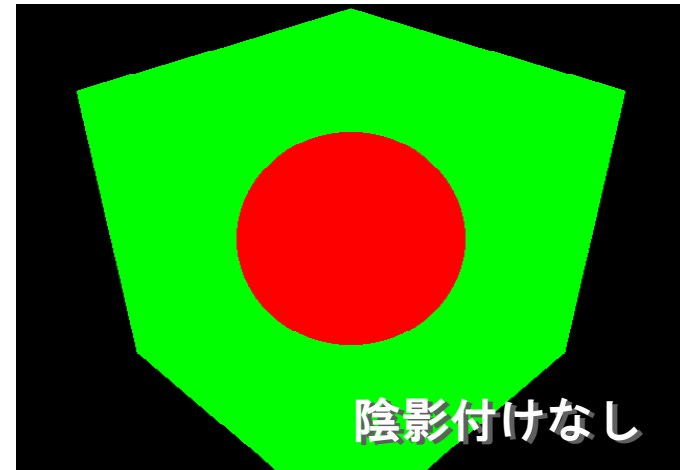
隠面消去



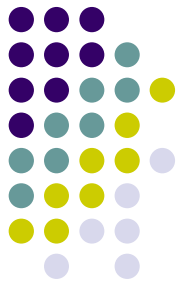


シェーディング

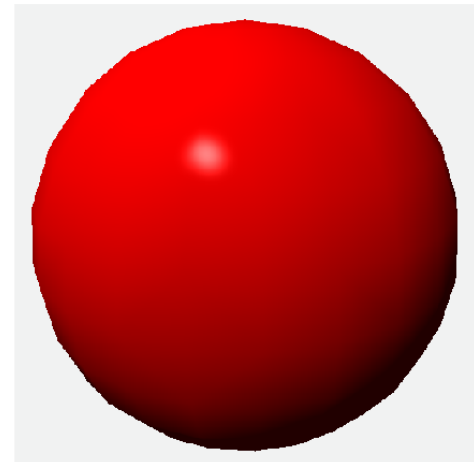
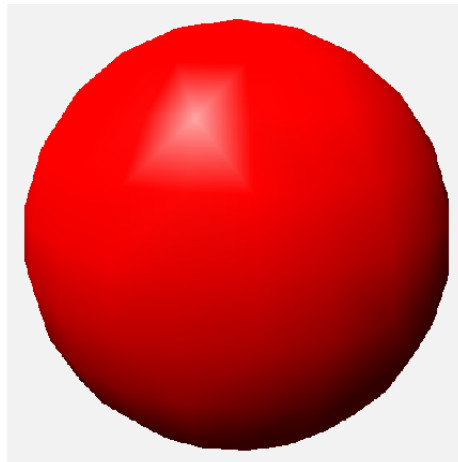
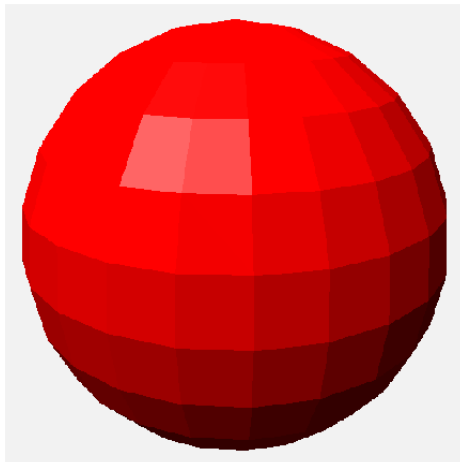
- 立体に陰影を付ける
 - 光源の光の物体表面での反射光を計算する

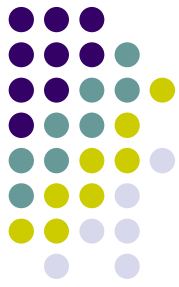


コンスタントシェーディングと スムーズシェーディング



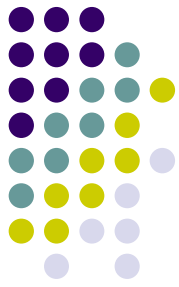
- コンスタントシェーディング
- スムーズシェーディング
 - グーローシェーディング
 - フォンシェーディング



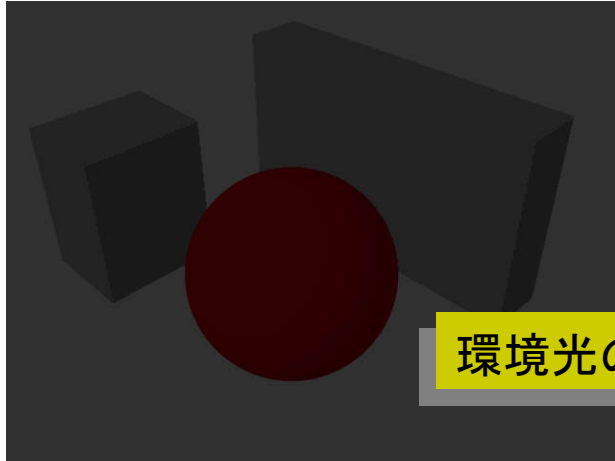


光源による陰影表現

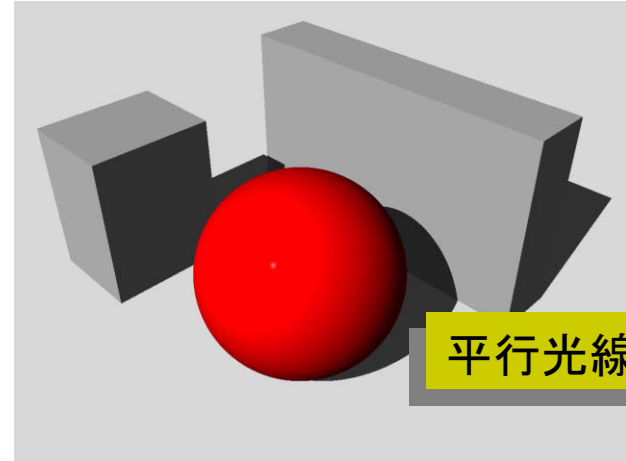
- 光源の種類
 - 基本的な光源
 - 平行光線
 - 点光源
 - スポットライト
 - 面積を持つ光源
 - 線光源
 - 面光源
 - 天空光



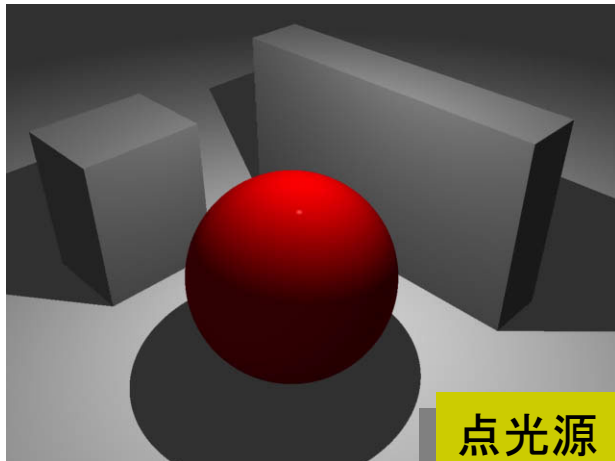
光源の種類(基本)



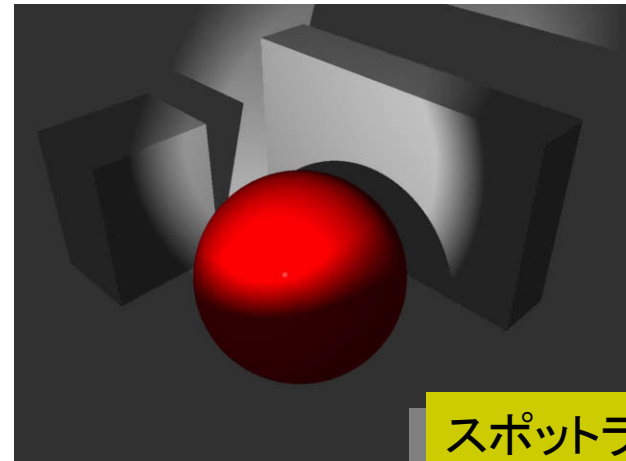
環境光のみ



平行光線



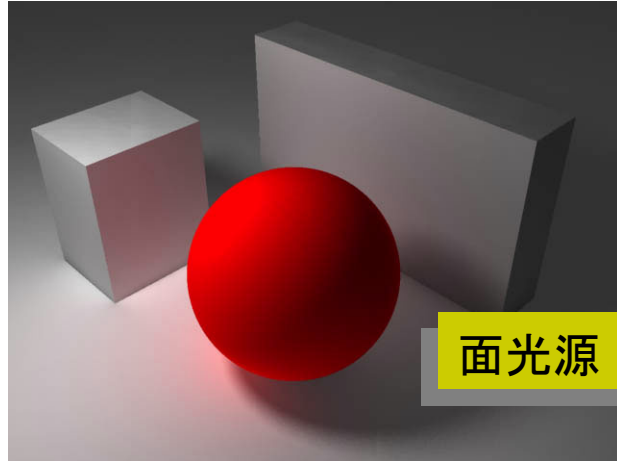
点光源



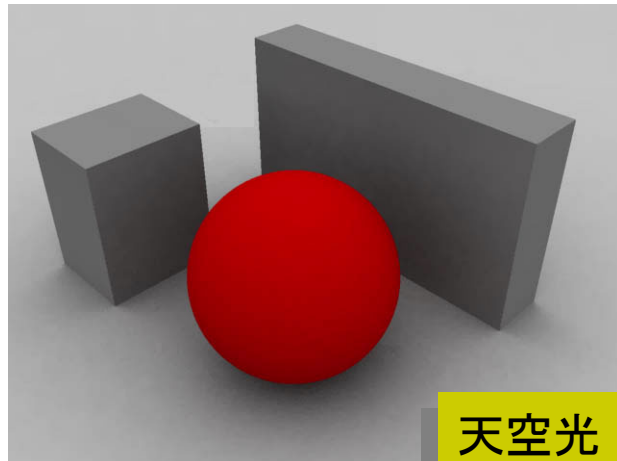
スポットライト



光源の種類（面積をもったもの）



面光源

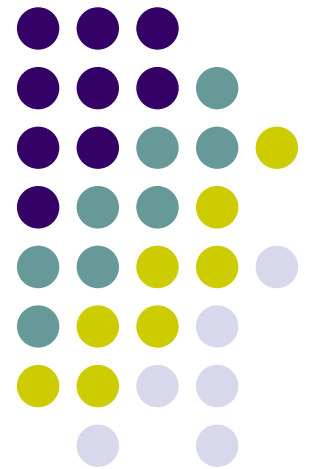


天空光

- 基本的な光源は「点」
 - 点光源はすべての方向に均一に光を放射する光源
 - スポットライトは放射方向を限定した点光源
 - 平行光線は無限の彼方にある点光源
- 実際の光源は面積をもつ
 - 線光源, 面光源, 物体光源
 - エリアライト
 - 間接光, 天空光
 - 大域照明(全照明)
 - レンダリングに時間がかかる
- 「点」光源は複数個必要
 - 基本は三灯照明

立体の材質表現

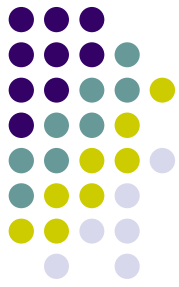
質感を決定する要素





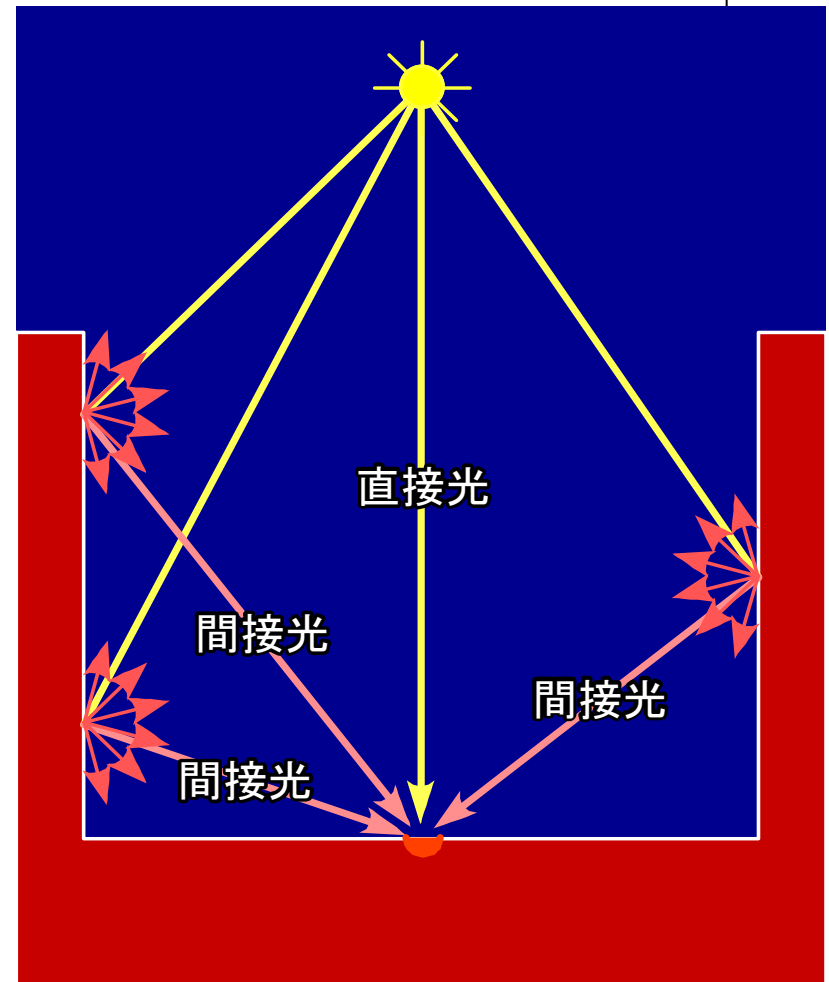
立体の表面特性

- 環境反射光 (ambient)
 - 光源からの直接光に依存しない
 - シーン全体から照らされ方向性を持たない
- 拡散反射光 (diffuse)
 - 物体表面に入射した光が屈折して物体内部に入り、散乱により再び物体外部に放出された光
- 鏡面反射光 (specular)
 - 物体表面での正反射光



環境反射光 (ambient)

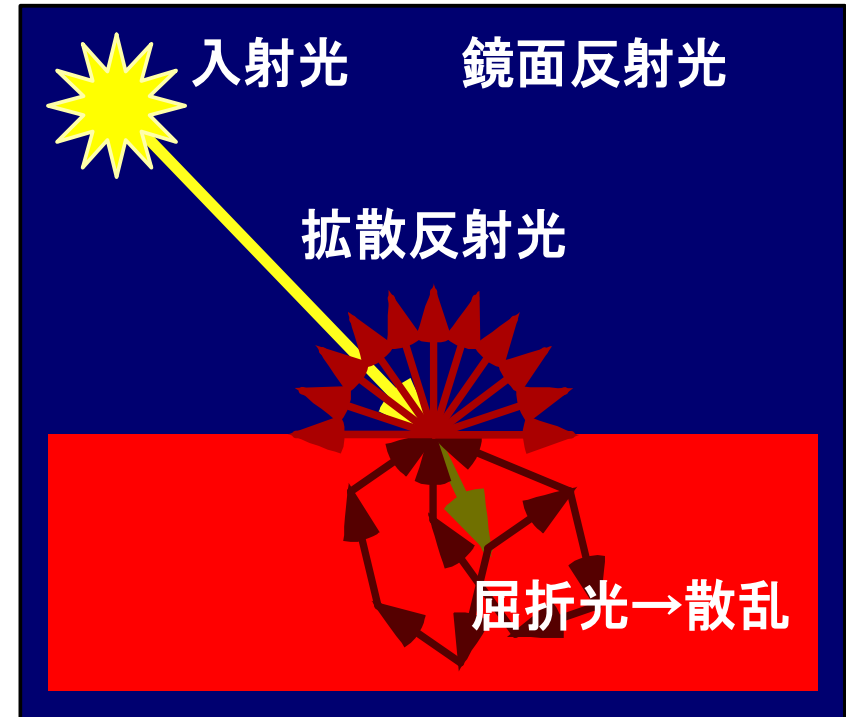
- 物体表面に届く光
 - 直接光
 - 間接光
- 間接光の経路は複雑
 - 正確に求めようとするとき時間がかかる
- 間接光の反射光強度は入射光や視線の方向によらず一定とみなす
 - 環境光成分





拡散反射光 (diffuse)

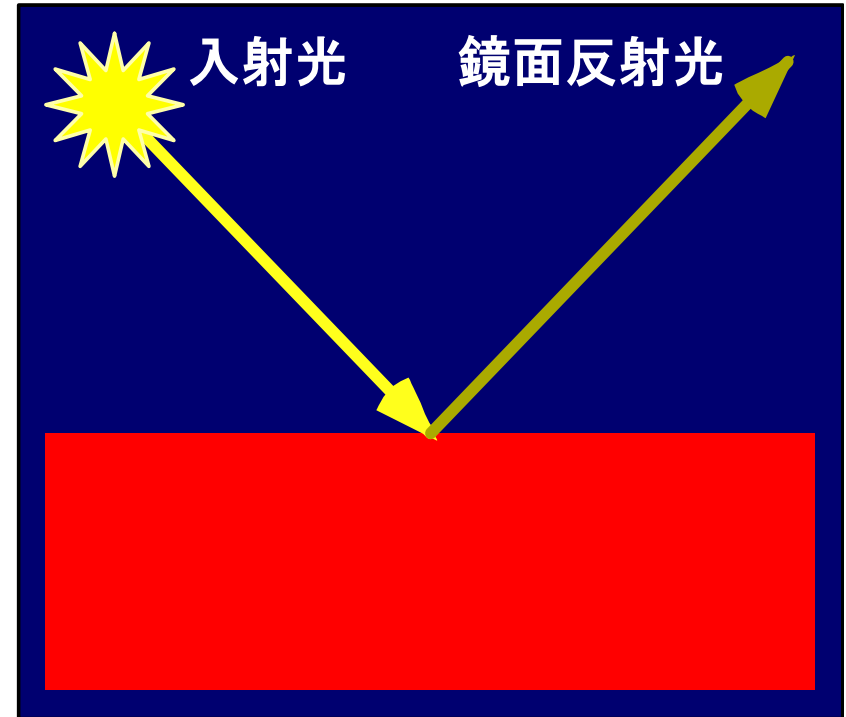
- 完全拡散反射面
 - 入射光は物体内での散乱によって再び物体外に放射されると考える
 - 全方向に対して均一に光を反射する
- 反射光強度
 - 入射光強度に比例
- 入射光強度
 - 入射光密度に比例





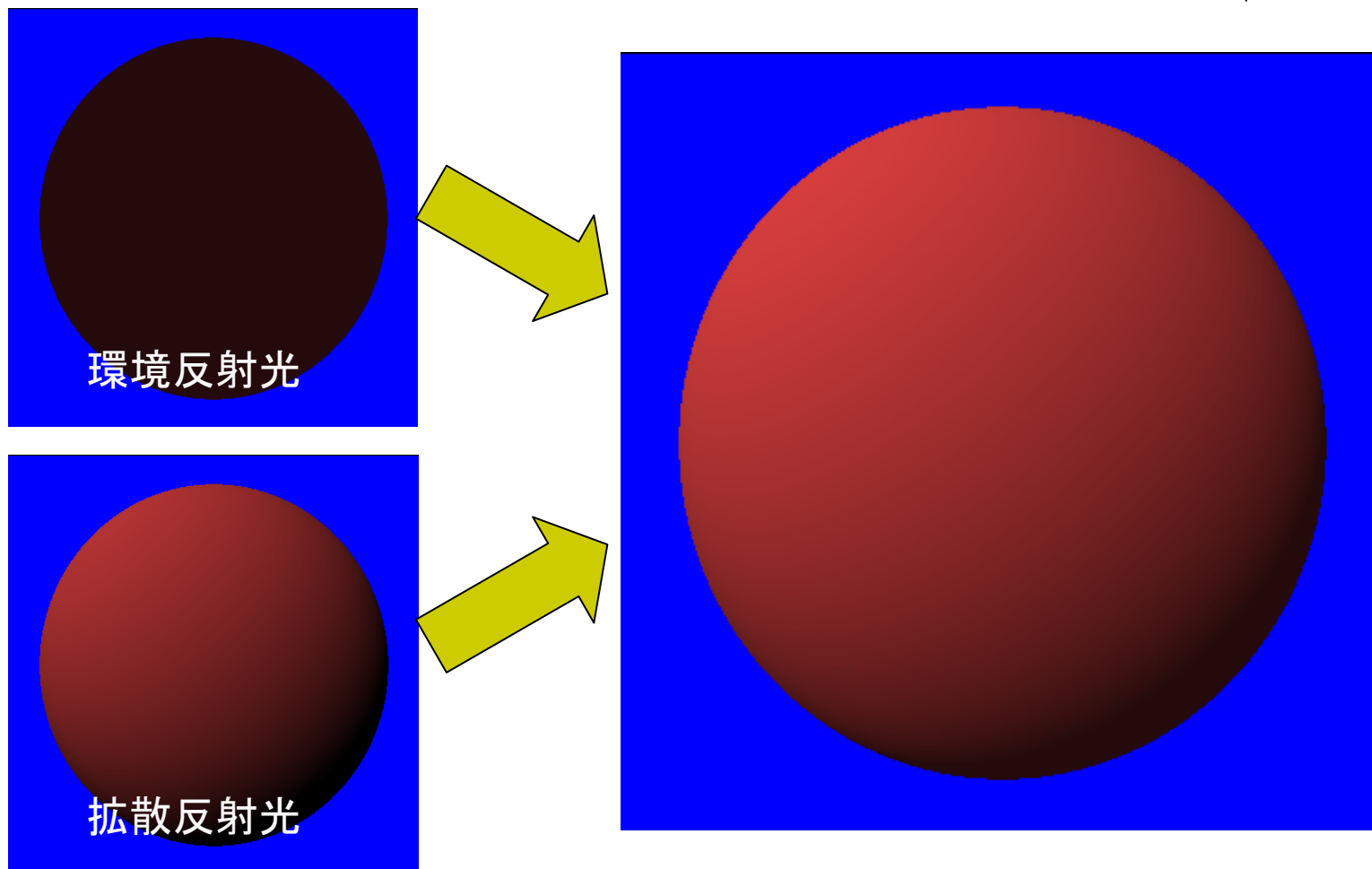
鏡面反射光 (specular)

- 光源の映り込み
 - 入射光の正反射光
 - ハイライト



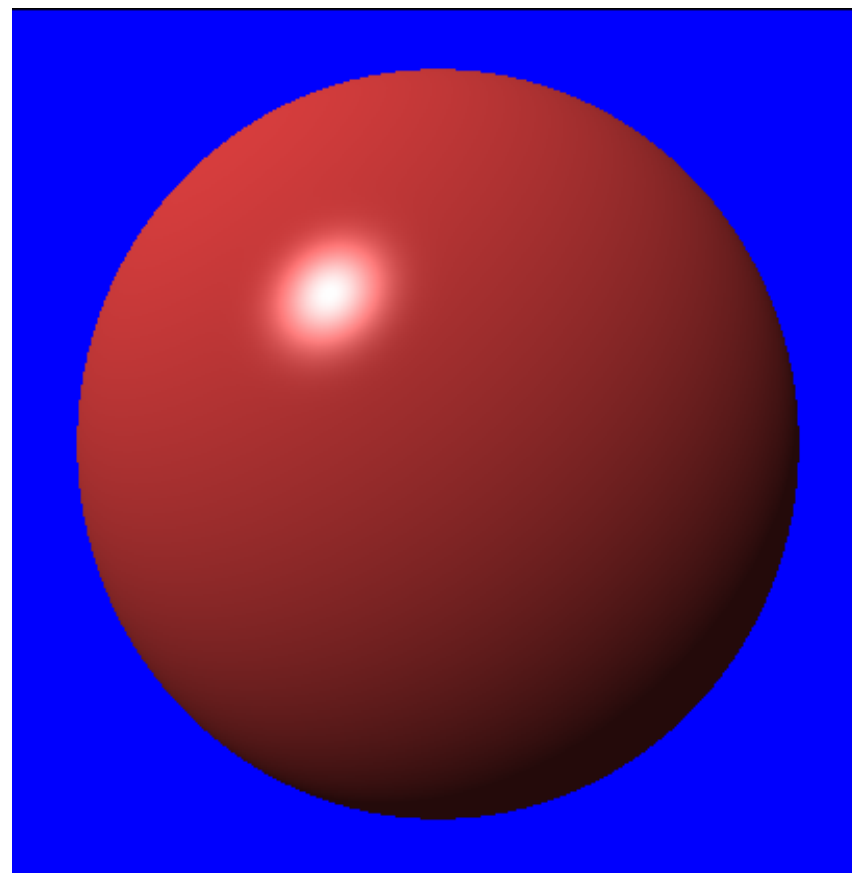
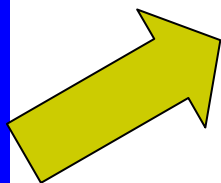
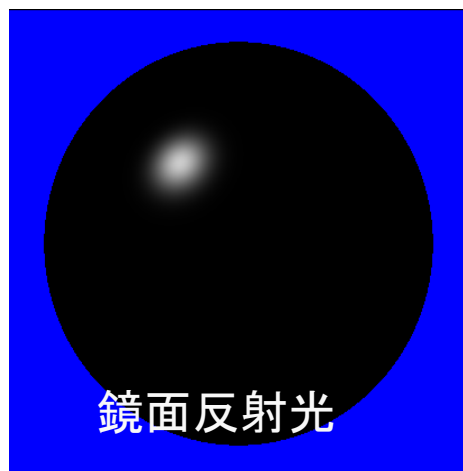
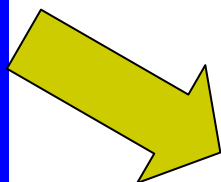
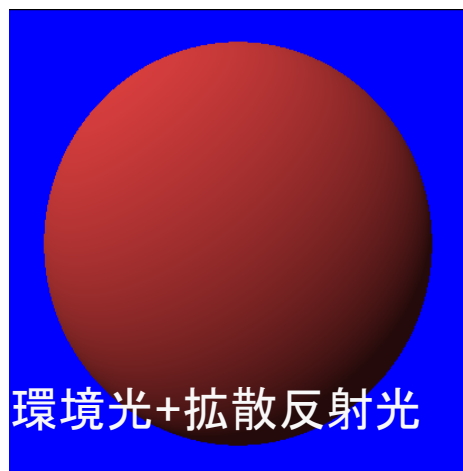


環境光+拡散反射光

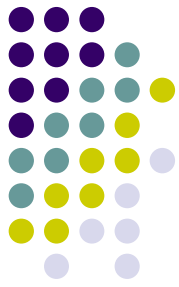




環境光+拡散反射光+鏡面反射光

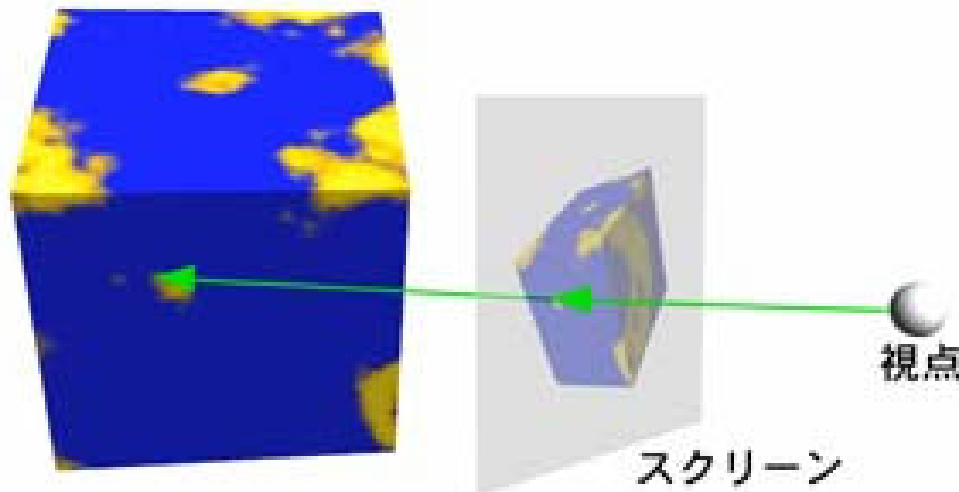


レイトレーシング法を用いた 反射, 透過, 屈折, 影

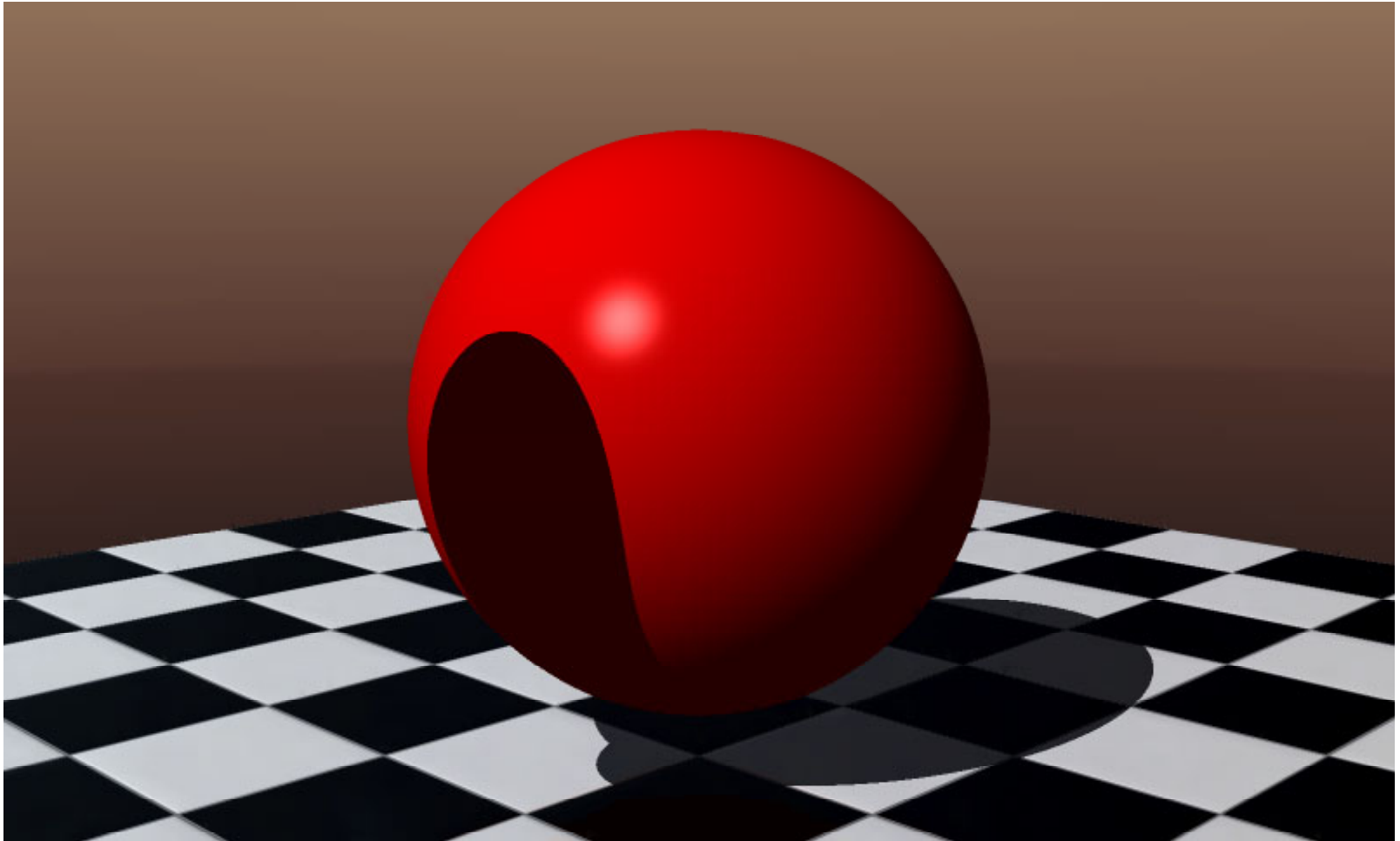
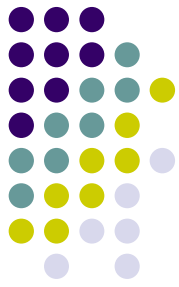


- レイトレーシング法

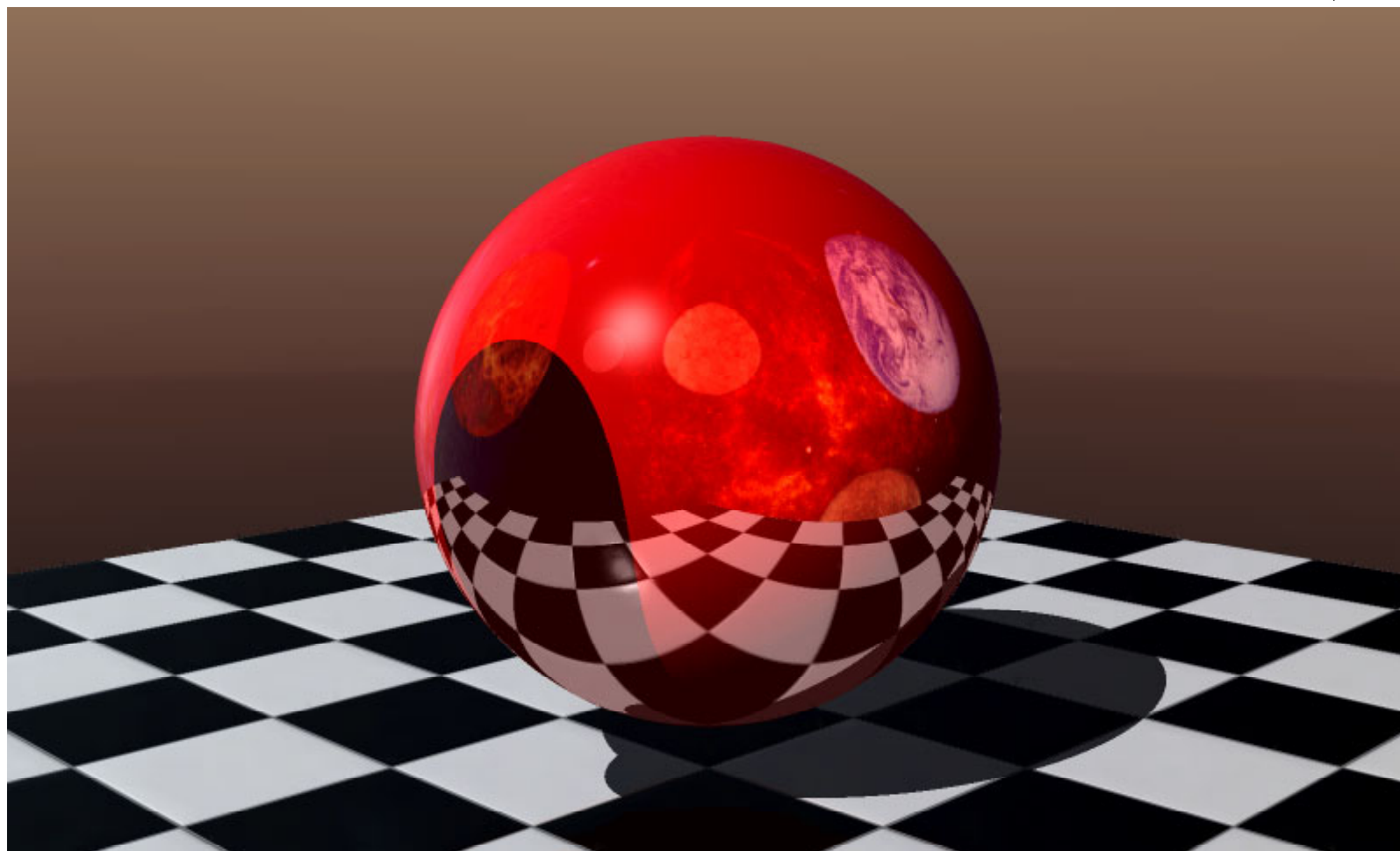
- 視点から投影面の画素を通る視線(レイ)をたどり, 進行方向で物体に交差するかどうかを判断する隠面消去法のひとつ
- 反射や屈折様な物理法則にもとづいたリアリティのある表現が可能



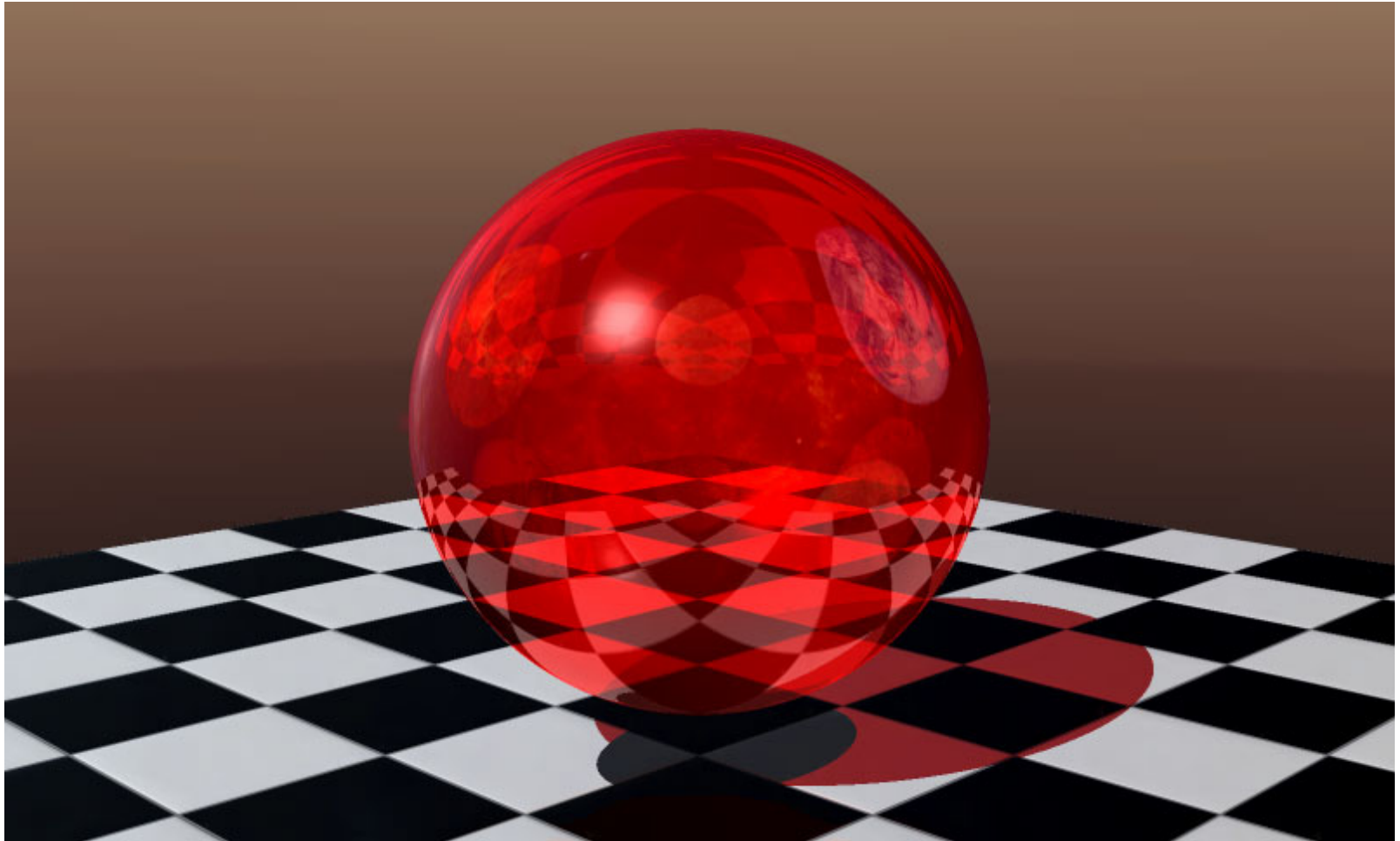
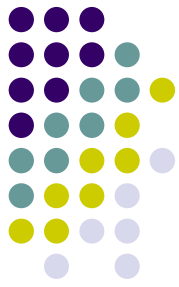
影



反射

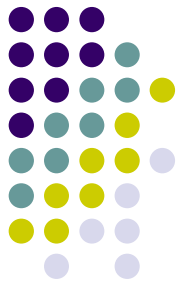


透過



屈折



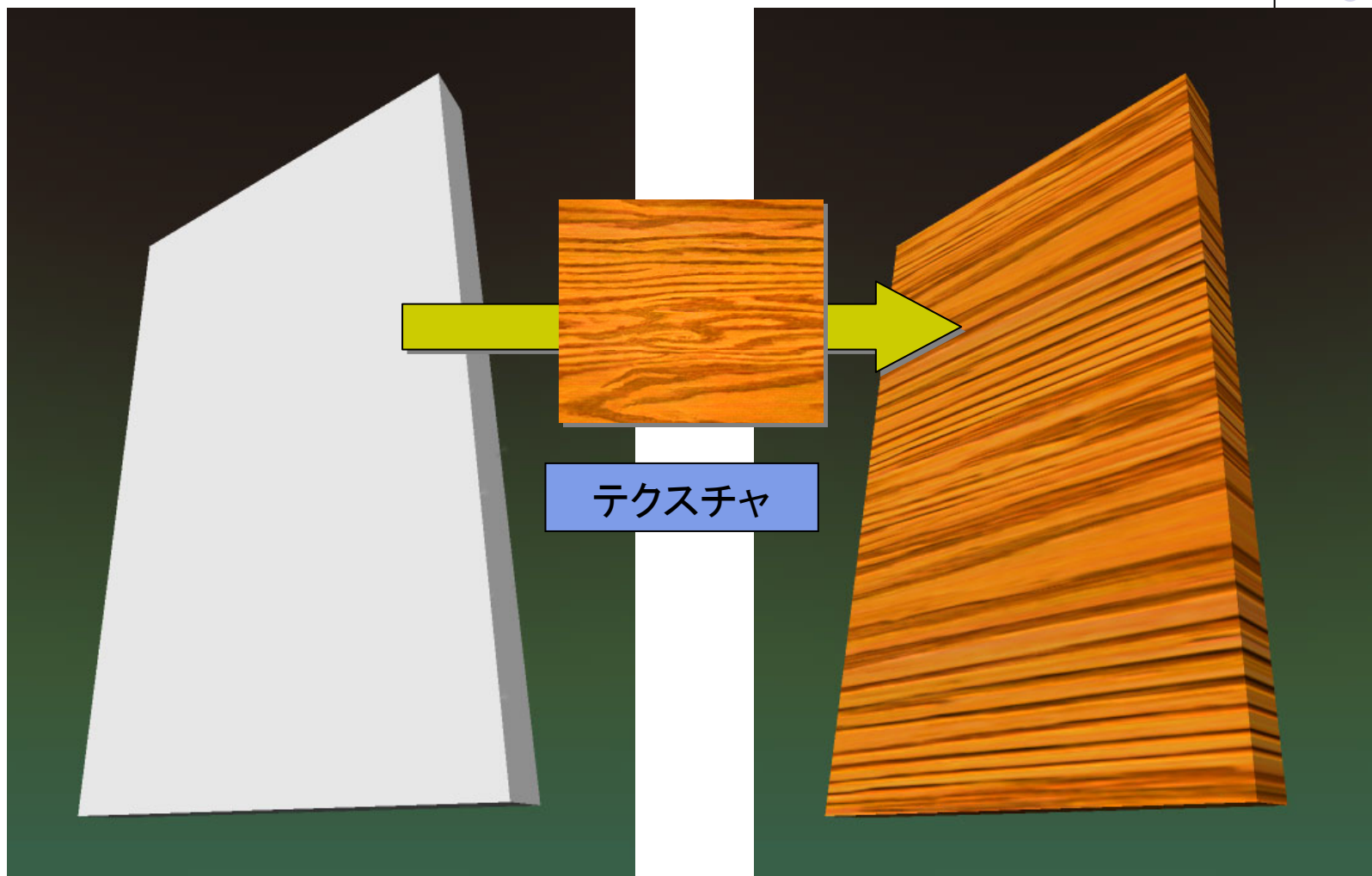


マッピング

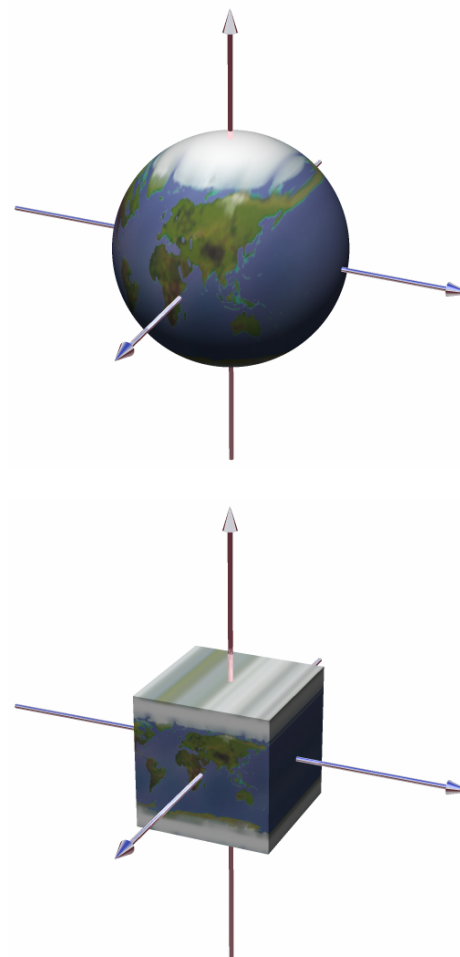
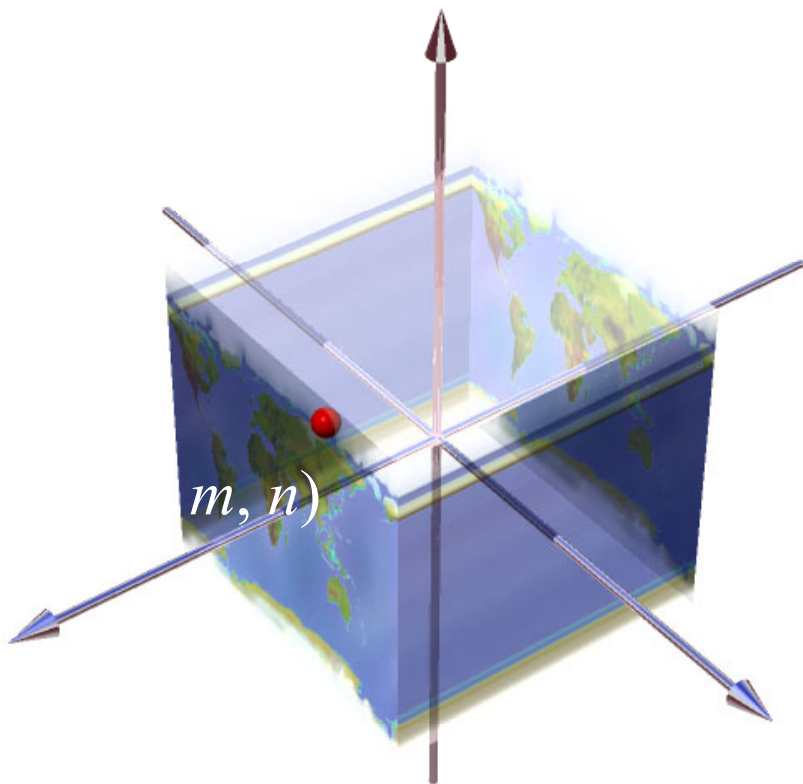
- 模様画像データを読み込み立体に投影する
- 数式で模様を作成する
- 色や凹凸を表現する



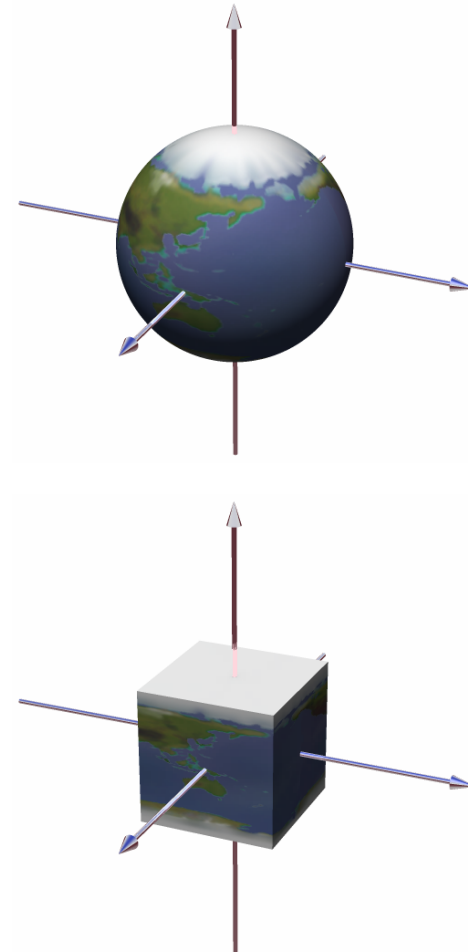
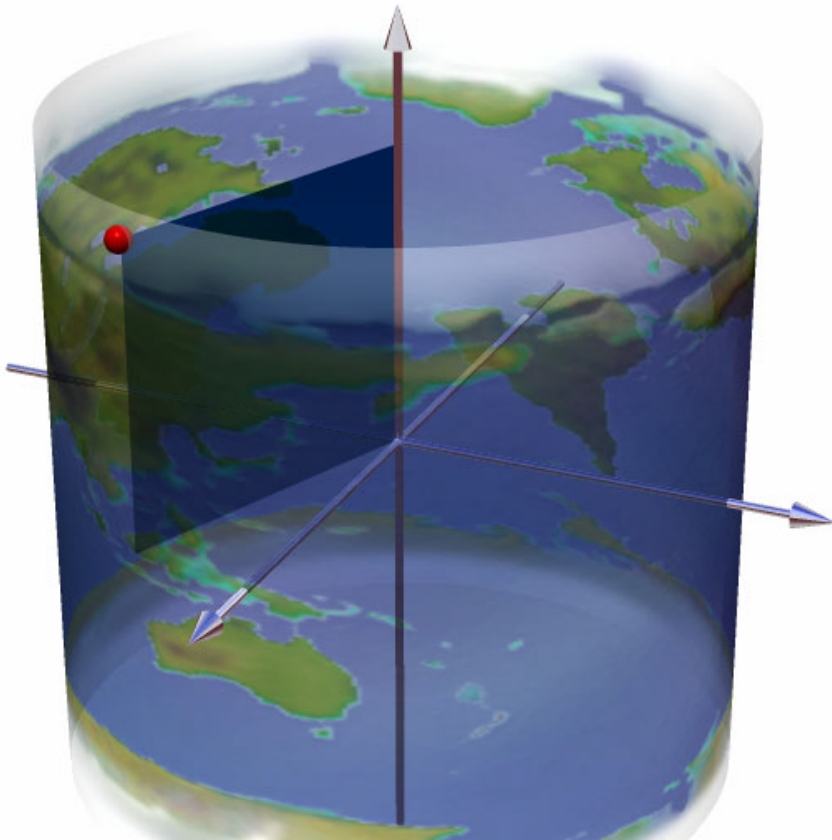
テクスチャマッピング



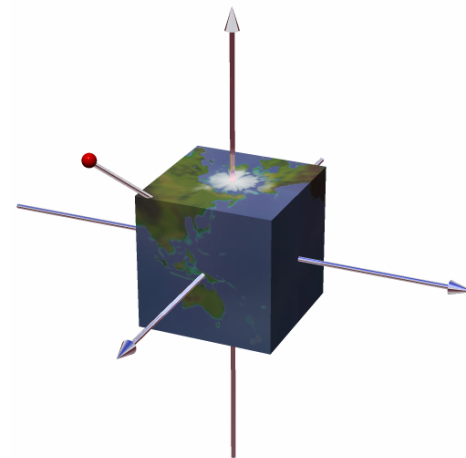
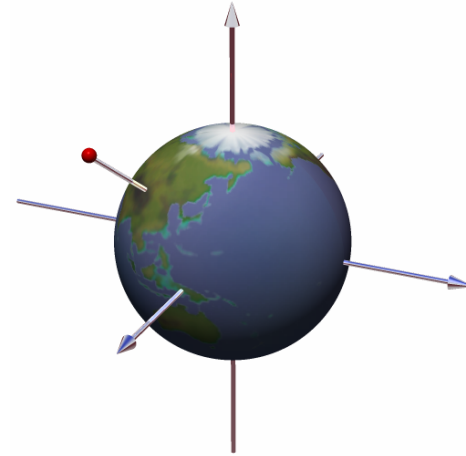
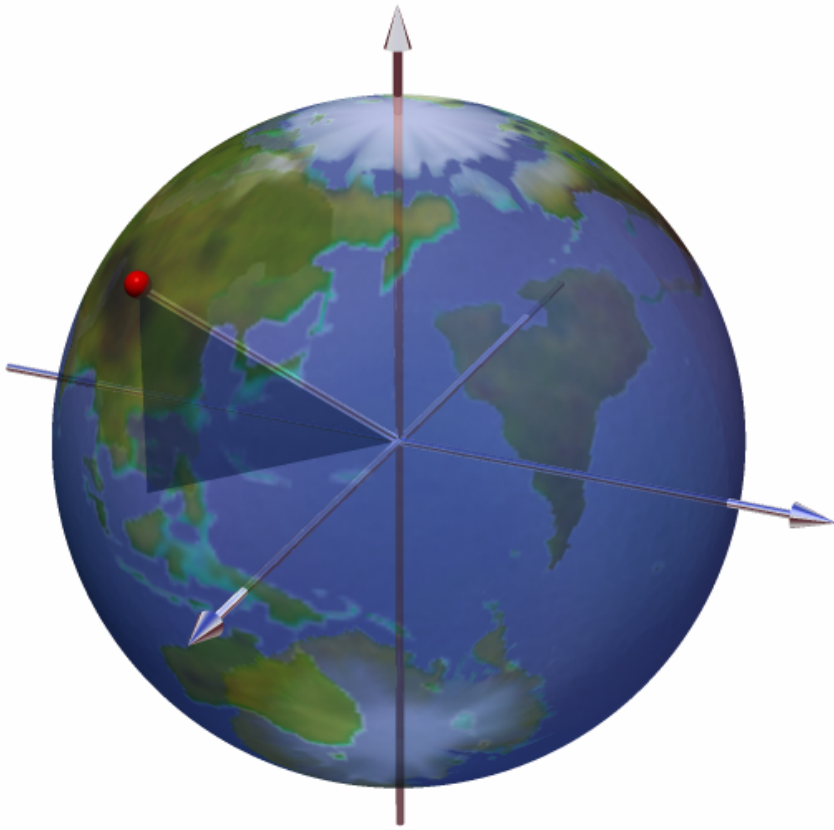
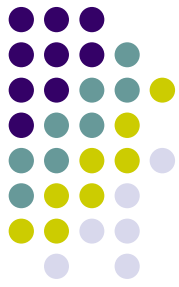
平行投影



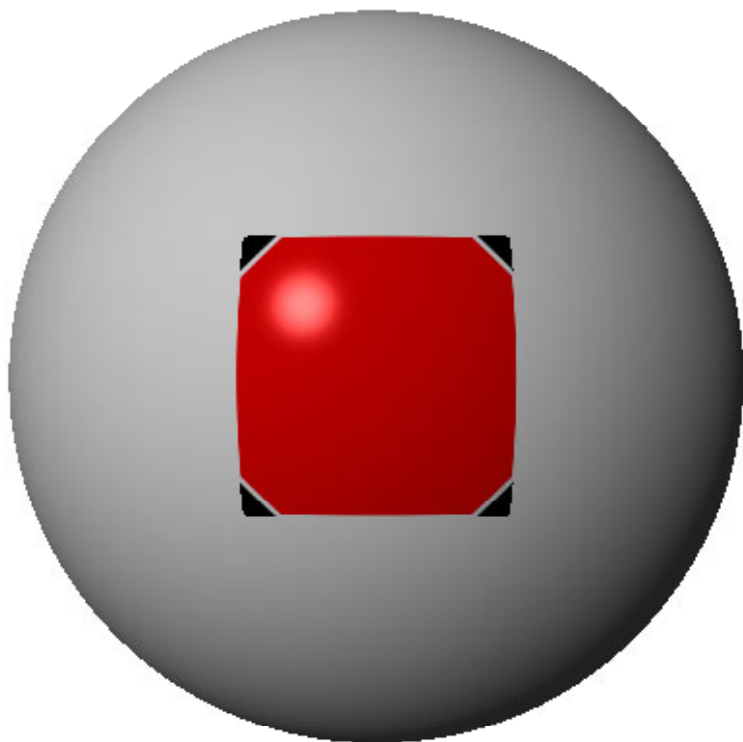
円筒座標系投影



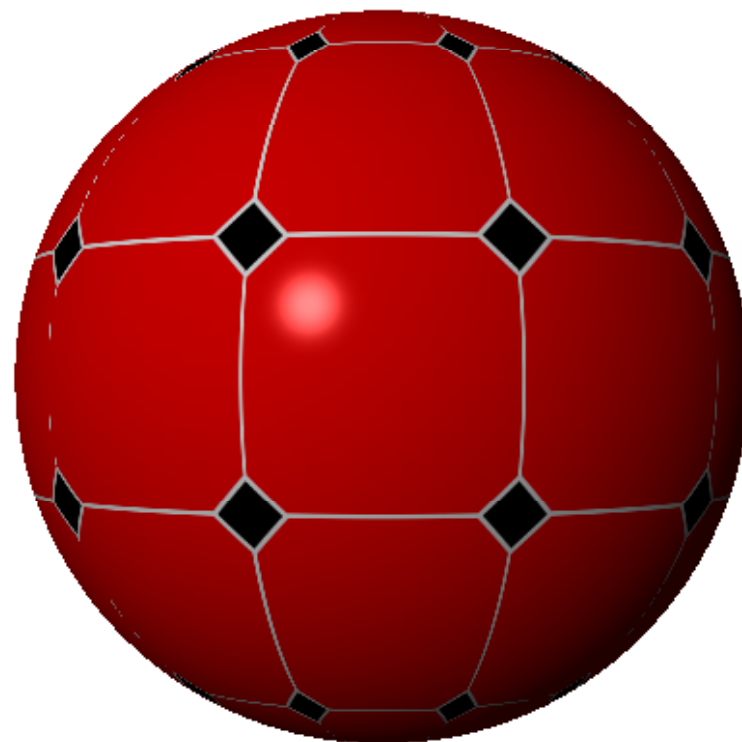
球座標系投影



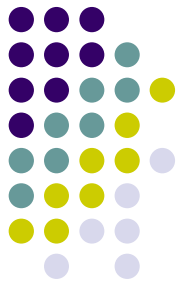
タイリング



タイリングなし

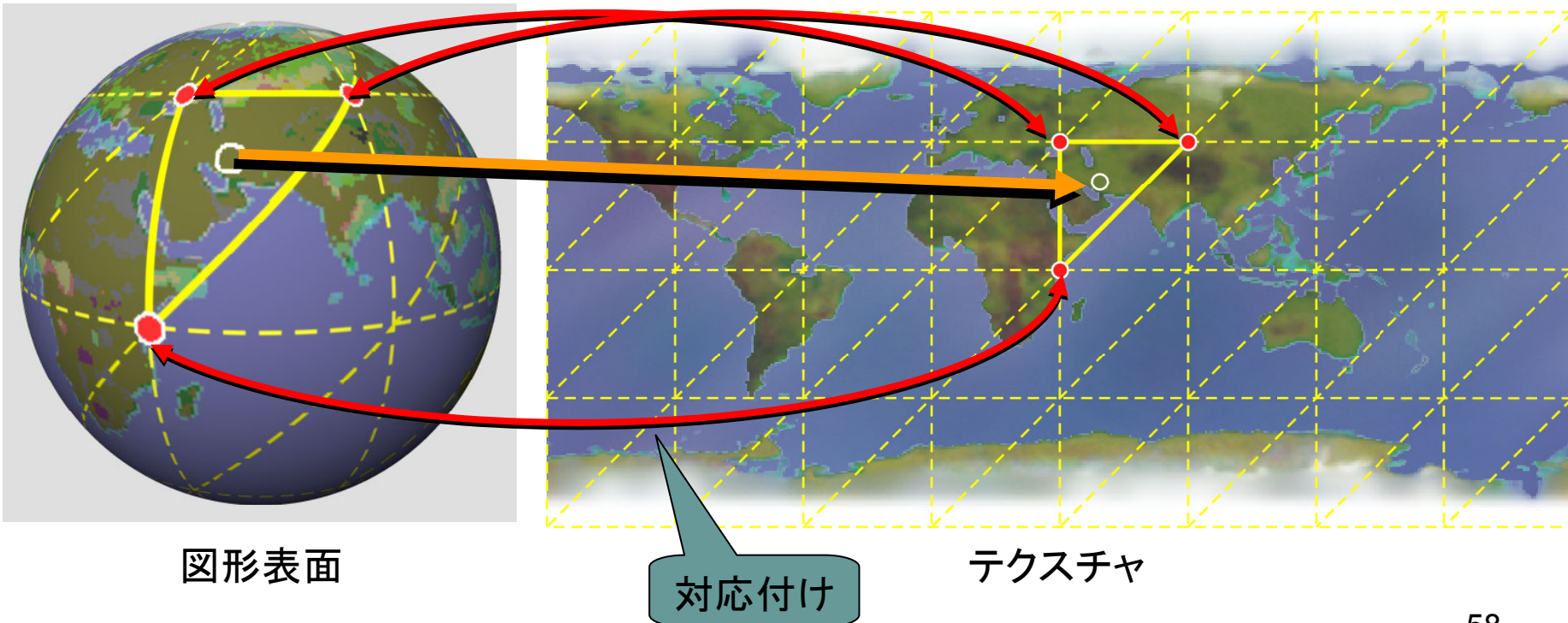


タイリングあり

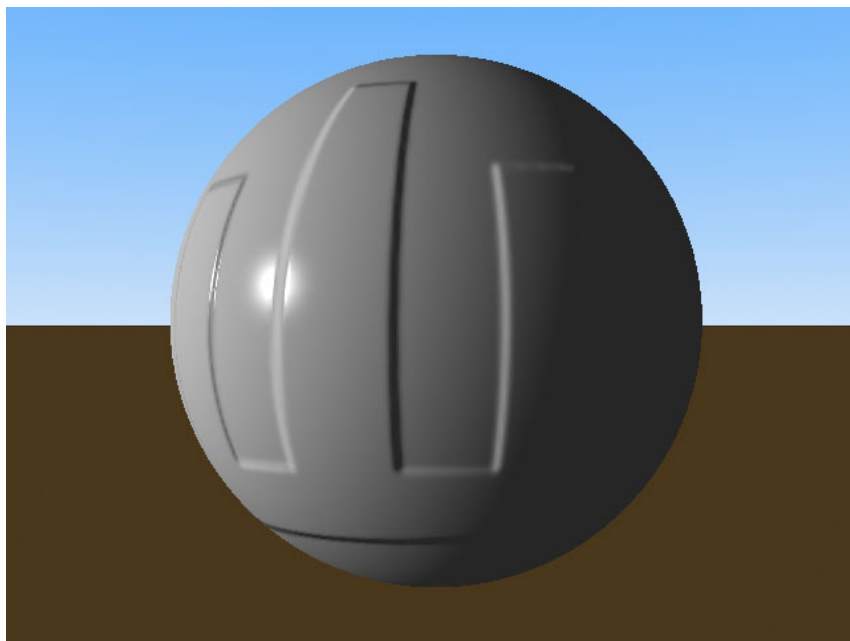


UVマッピング

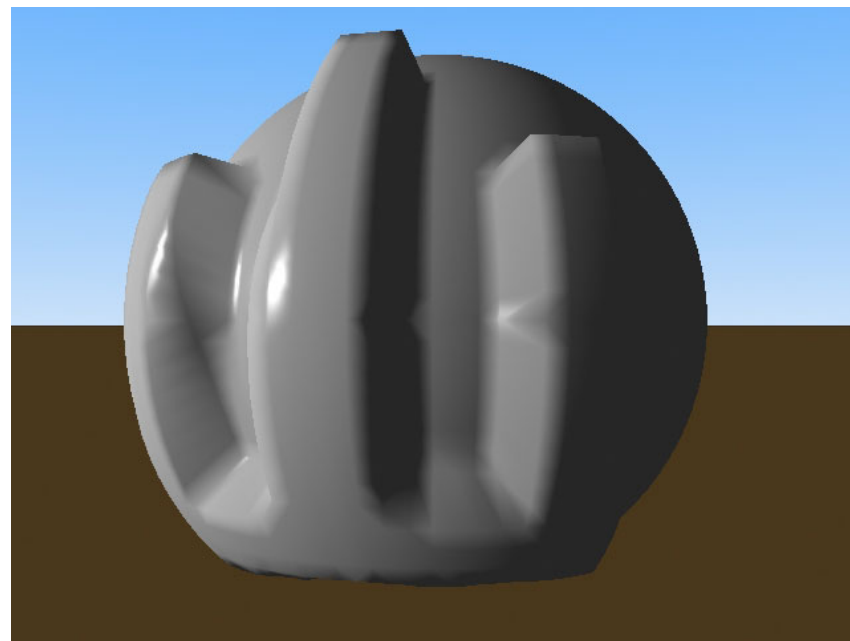
- 曲面に沿わせてテクスチャをマッピングする
 - 物体の変形にテクスチャが追従する



バンプマッピングと ディスプレイースメントマッピング



バンプマッピング

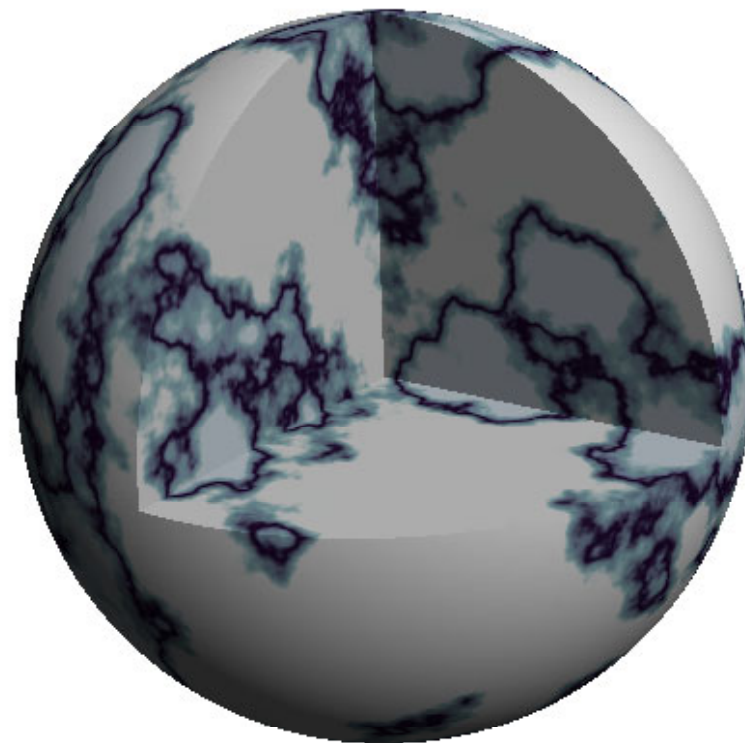


ディスプレイースメントマッピング

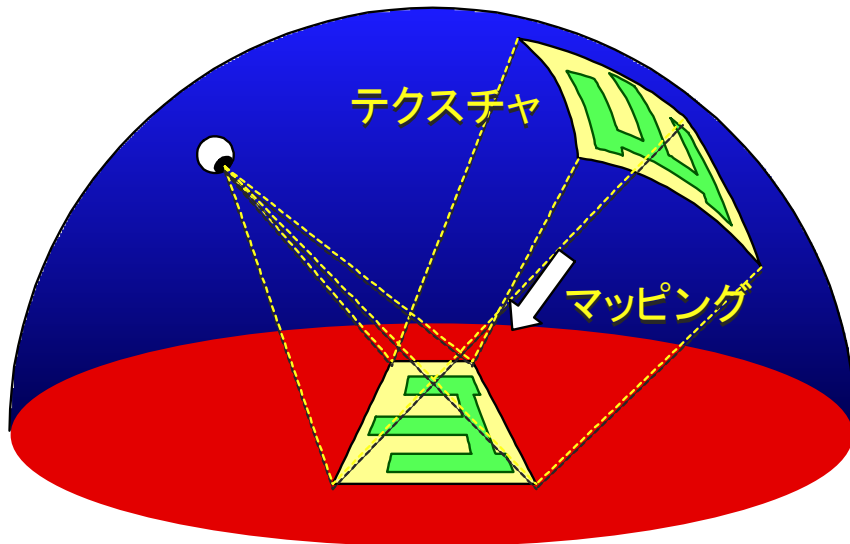


ソリッドテクスチャマッピング

- 3次元のテクスチャを使う
 - 立体の内部にもマッピングされる

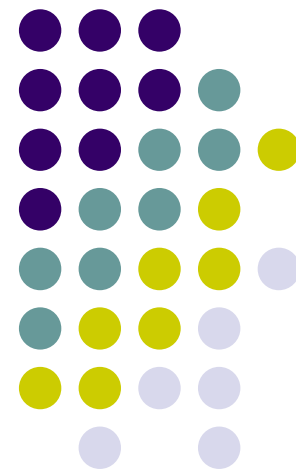


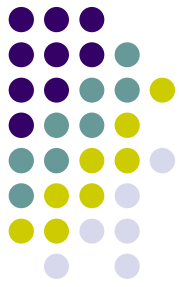
環境マッピング



さまざまなレンダリング 技法による表現の可能性

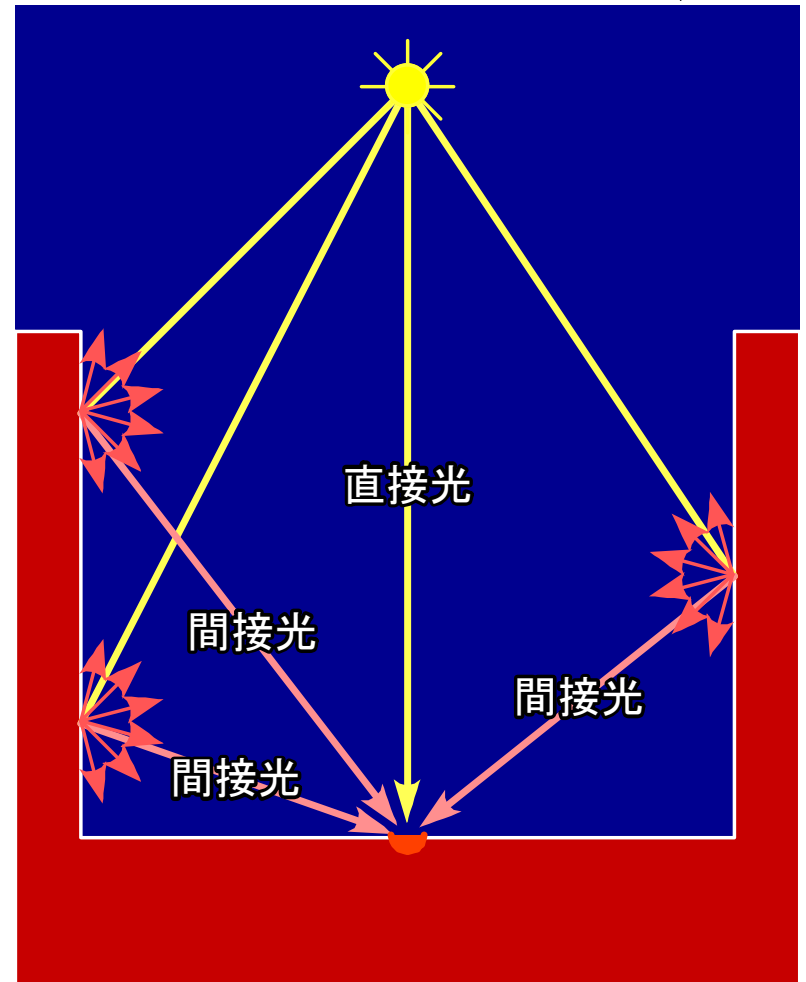
更なるリアリティの向上と
非写実的なレンダリング



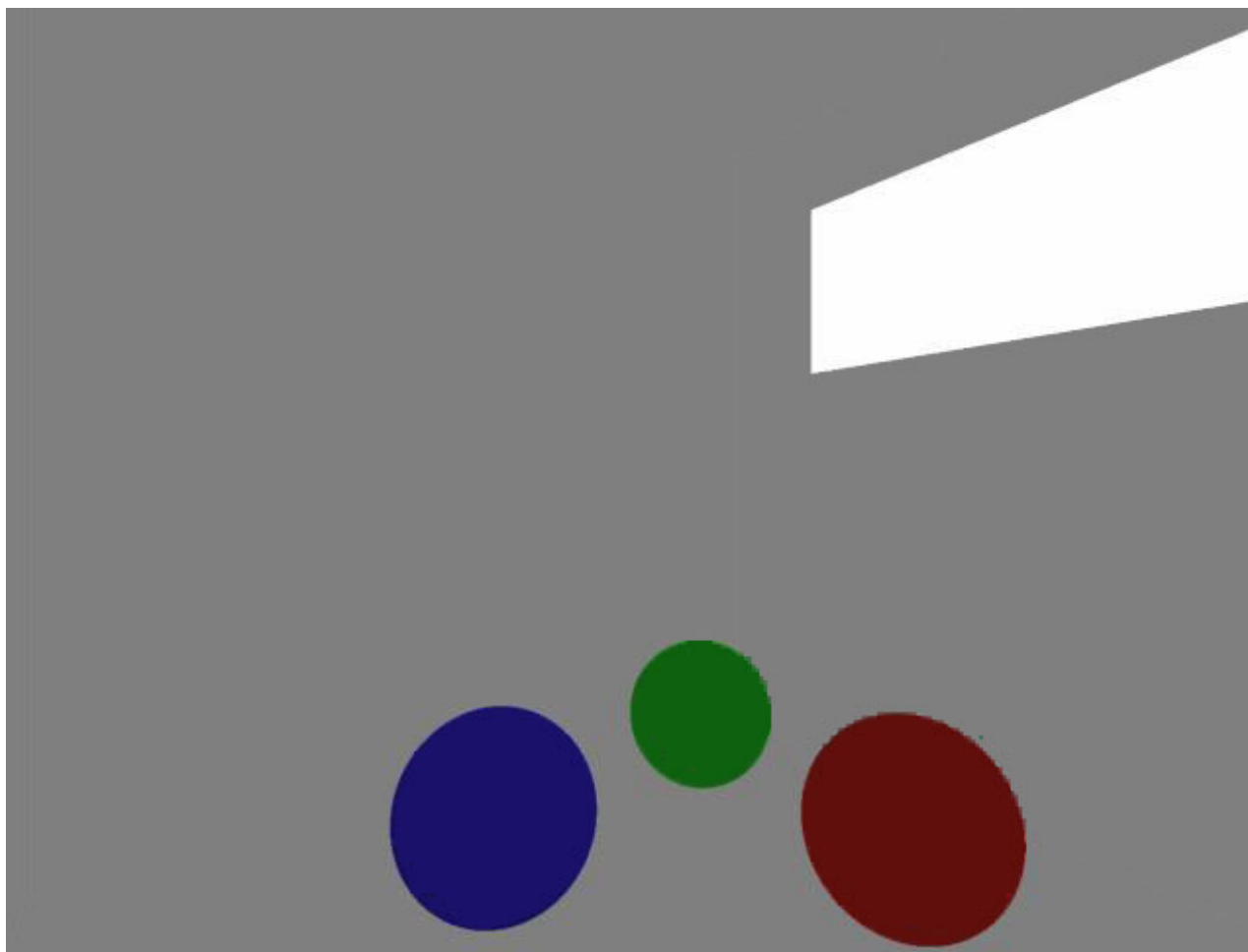


写実的なレンダリング技法

- グローバルイルミネーション(大域照明)
 - 間接光を正確に計算する
 - 半影を表現できる
 - 直接光が届かないところにも陰影が得られる
 - 計算量が多い
- 手法
 - ラジオシティ法
 - フォトンマッピング法



環境光のみによる陰影

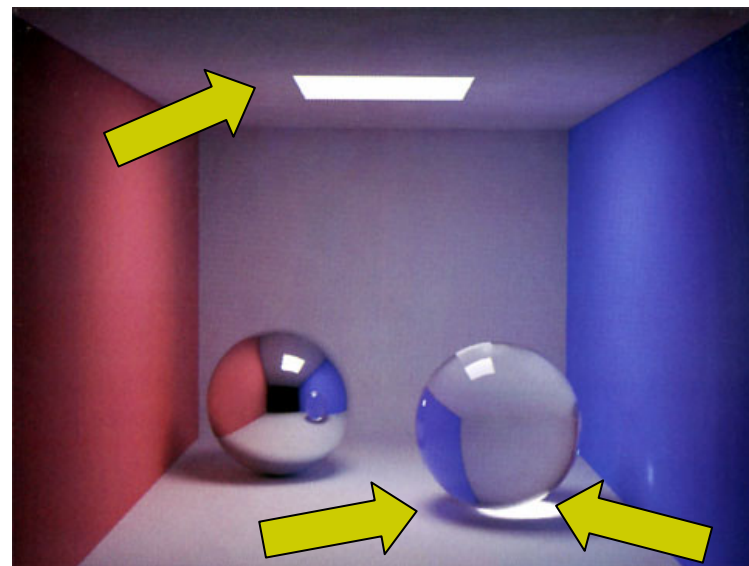
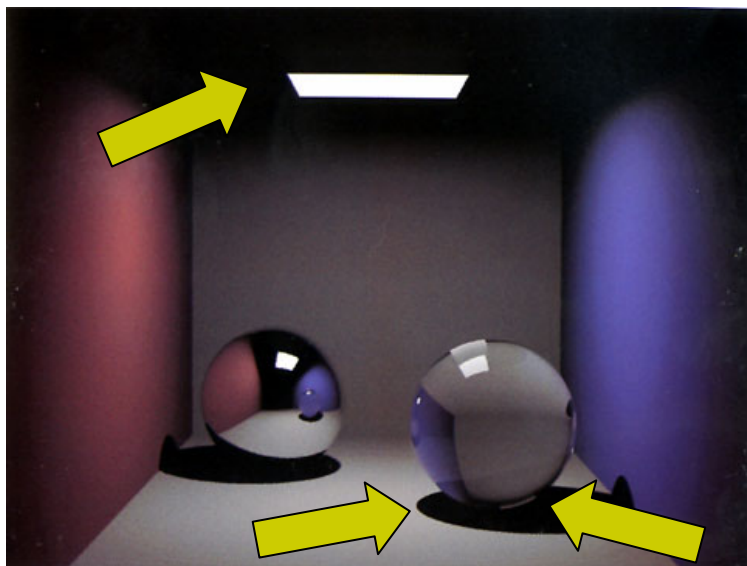


間接光(相互反射)による陰影





間接光とコースティックス

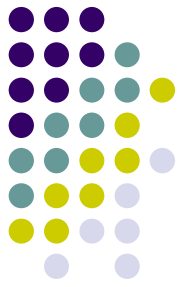


Henrik Wann Jensen 著、苗村 健 訳: “フォトンマッピング”



サブサーフェーススキヤッタリング

- 物体の内部に浸透した光の拡散を計算する
 - 半透明な物体をリアルに表現できる
 - 人肌などもリアルに再現できる



サブサーフェーススキヤッタリング

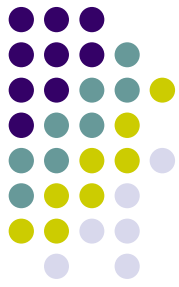
サブサーフェーススキヤッタリングなし



サブサーフェーススキヤッタリングあり



Henrik Wann Jensen ほか: “*A Practical Model for Subsurface Light Transport,*”
SIGGRAPH 2001 Conference Proceedings



イメージベースドレンダリング

- 写真をもとに3次元空間上にシーンを再現する
- イメージベースドモデリング
 - (複数の)画像から立体を生成する
- イメージベースドライティング
 - 画像を光源に用いる
 - HDRI
 - High Dynamic Range Image



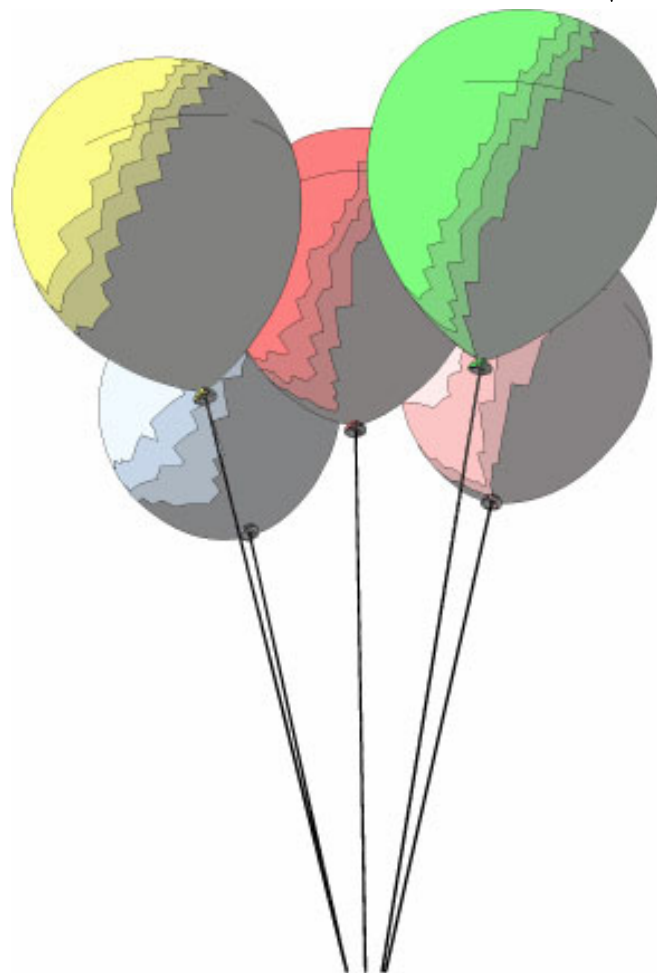
非写実的なレンダリング手法

- ノンフォトリアリスティックレンダリング
 - 3次元CGを絵画調にレンダリングする
- トゥーンシェーディング
 - 3次元CGにセルアニメ調の陰影を付ける

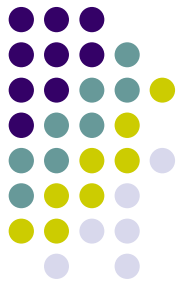
絵画調にレンダリング



トゥーンシェーディング



そのほかのレンダリングに行われるプロセス

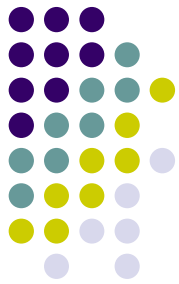


- フォグ
 - 霧の効果
 - 空気感を表現する
 - ボリュームシェーダ
 - 大気中に漂う微粒子中を通過した光の拡散や減衰の表現
- ファー・ヘア
 - 動物の毛や人間の髪の毛を表現する
 - 毛は大量にあるので1本1本描いていたら大変
- モーションブラー
 - 動きによるブレを表現する
 - CGでは対象が静止しているとして映像を生成するが、実際の撮影では露光時間中に物体が動くとブレが生じる

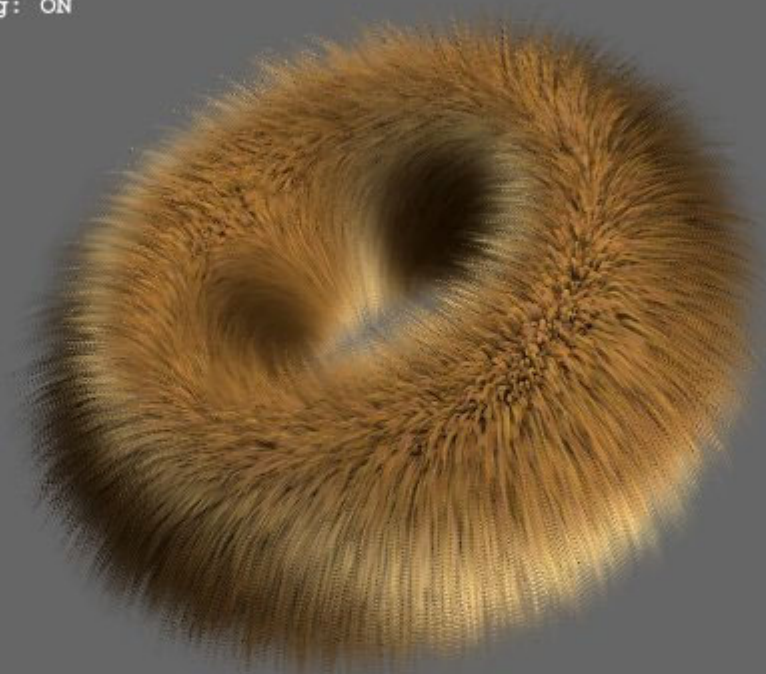
フォグ



ファー



```
Object: Torus
Fur Layers: 20
Fur Length: 0.70
Anisotropic Filter: ON
Backface Culling: ON
Alpha Test: OFF
Diffuse: ON
Specular: ON
Simulation: ON
Gravity: ON
```



```
Mouse Controls
Left: Rotate
Shift+Left: Translate
Ctrl+Left: Zoom
```

Copyright © 2002 Tomohide Kano
Demo source code available at <http://www.ati.com/developer>

モーションブラー



モーションブラーなし



モーションブラーあり