

アンビエントオクルージョン 理論と実践

芳賀 洋行
オートデスクコンサルティング
オートデスク株式会社

アンビエントオクルージョン 理論と実践

1. ライティングの発展とアンビエントオクルージョンの誕生

実践① mental ray での アンビエントオクルージョン

2. アンビエントオクルージョンの高速化

3. 低周波アンビエントオクルージョンの高速化

実践② 低周波アンビエントオクルージョンのコンテンツ作成ツールへの統合

4. 高周波アンビエントオクルージョンの高速化

実践③ ポストエフェクトアンビエントオクルージョンのコンテンツ作成ツールへの統合

5. まとめ

このセッションで得られるもの

- アンビエントオクルージョンに関する前提知識の拡充
- リアルタイム描画にアンビエントオクルージョンがどのように利用されているかの認識
- アンビエントオクルージョン高速手法がどのように多様化しているかのおおまかな流れ
- コンテンツ作成ツールへの組み込み例
 - ✓ CgFxシェーダ (ソースコード)
 - ✓ Mayaプラグイン(ソースコード)

参照

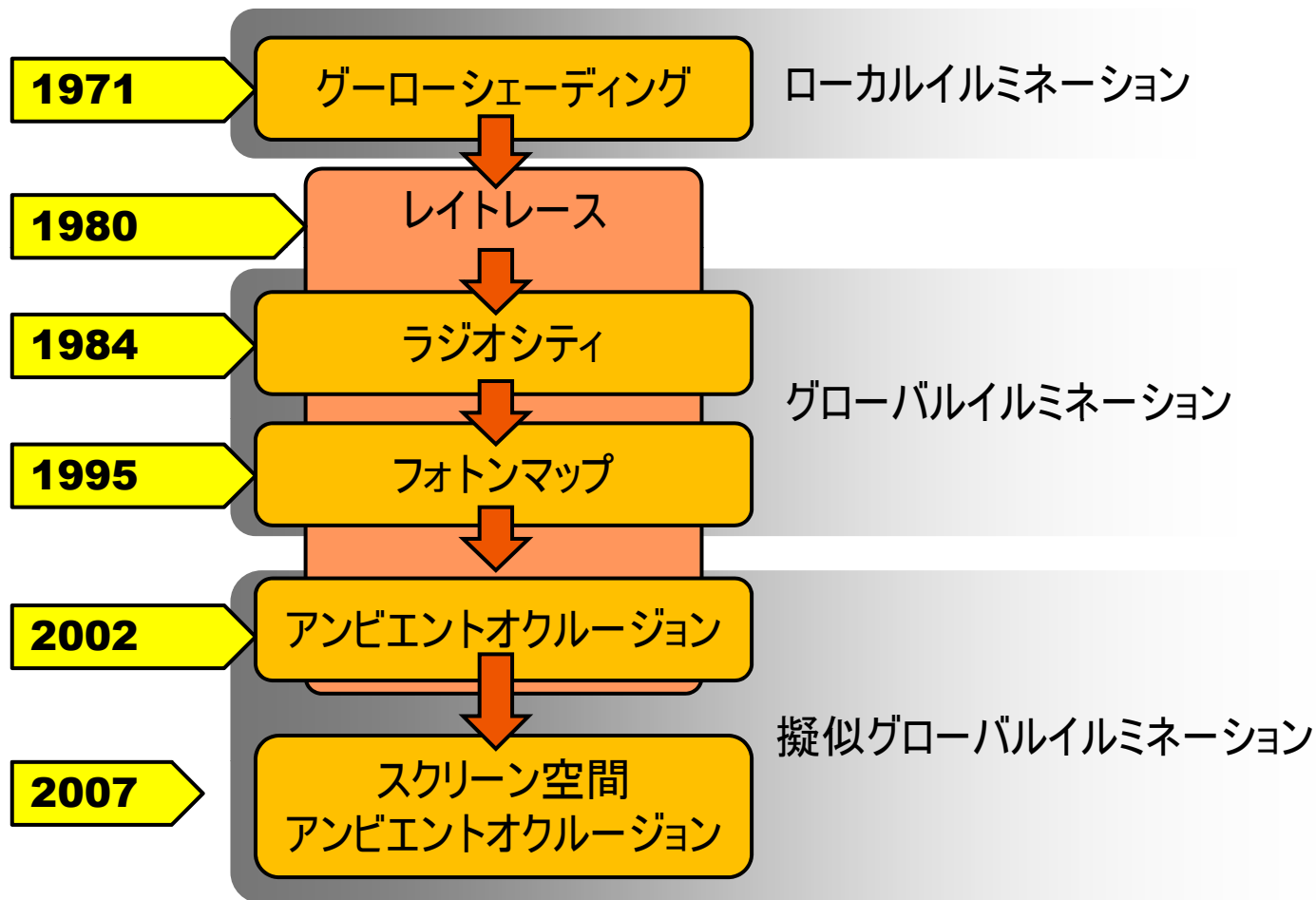
- コンピュータグラフィックス理論と実践, James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes 共著, 佐藤義雄 監訳
- フォトンマッピング, Henrik Wann Jensen著, 苗村 健 訳
- IONES A., KRUPKIN A., SBERT M., ZHUKOV S. 2003.
Fast, Realistic Lighting for Video Games.
IEEE Computer Graphics and Applications 23, 3 (2003), 54-64.
- ZHUKOV S., IONES A., KRONIN G.: 1998
An ambient light illumination model.
In Rendering Techniques '98 (Proc. EGWR) (1998), pp. 45-55.
- Landis, Hayden. 2002.
RenderMan in Production, Production-Ready Global Illumination.
Course 16 notes, SIGGRAPH 2002.
- ARIKAN, O., FORSYTH, D. A., AND O' BRIEN, J. F. 2005.
Fast and Detailed Approximate Global Illumination by Irradiance Decomposition.
In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005, ACM Press, Volume 24, Issue 3.

参照

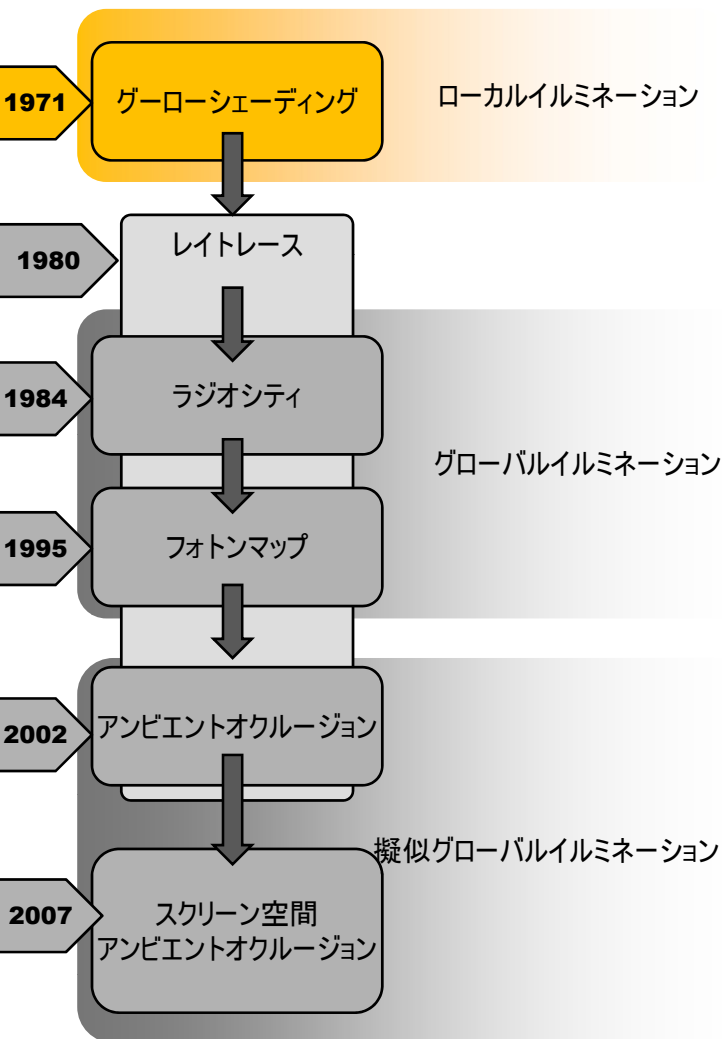
- ❑ BRADSHAW, G., AND O' SULLIVAN, C., 2002.
Sphere-tree construction using dynamic medial axis approximation.
- ❑ BUNNELL, M. 2005.
Dynamic Ambient Occlusion and Indirect Lighting.
GPU Gem2, NVidia Corporation, 223-234.
- ❑ KONTKANEN, J., AND LAINE, S. 2005.
Ambient Occlusion Fields.
In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005 Symposium on Interactive 3D Graphics and Games, ACM Press, 41-48.
- ❑ Martin Mittring. Lead Graphics Programmer, Crytek GmbH. 2007.
Finding Next Gen CryEngine2
SIGGRAPH 2007
- ❑ Perumaal Shanmugam University of Texas at Austin, Okan Arikan University of Texas at Austin. 2007.
Hardware Accelerated Ambient Occlusion Techniques on GPUs
Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D) 2007 Paper

ライティングの発展と アンビエントオクルージョンの誕生

ライティングの発展と アンビエントオクルージョンの誕生

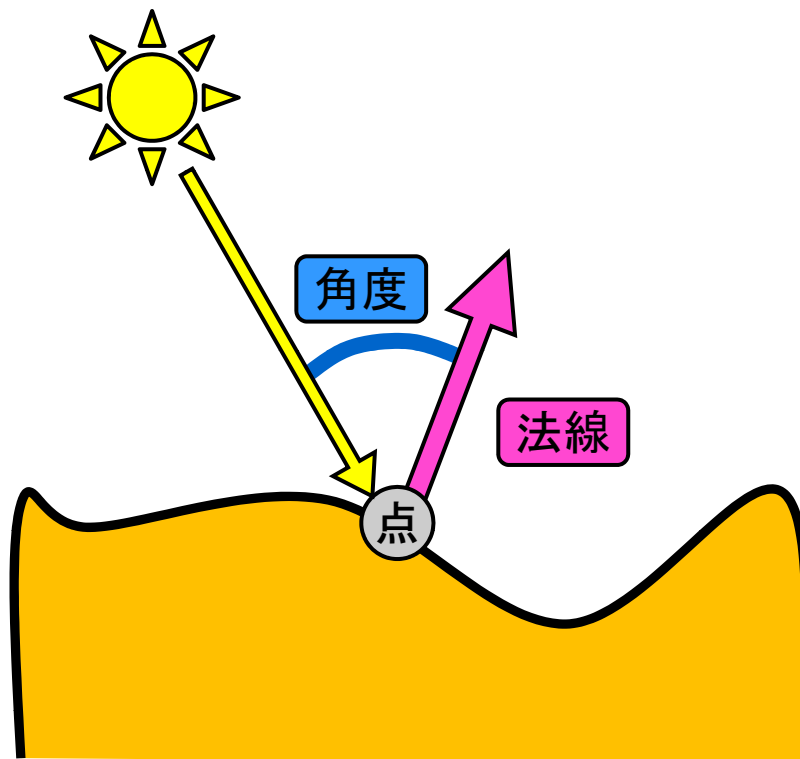


ローカルシェーディング代表 グローバルシェーディング

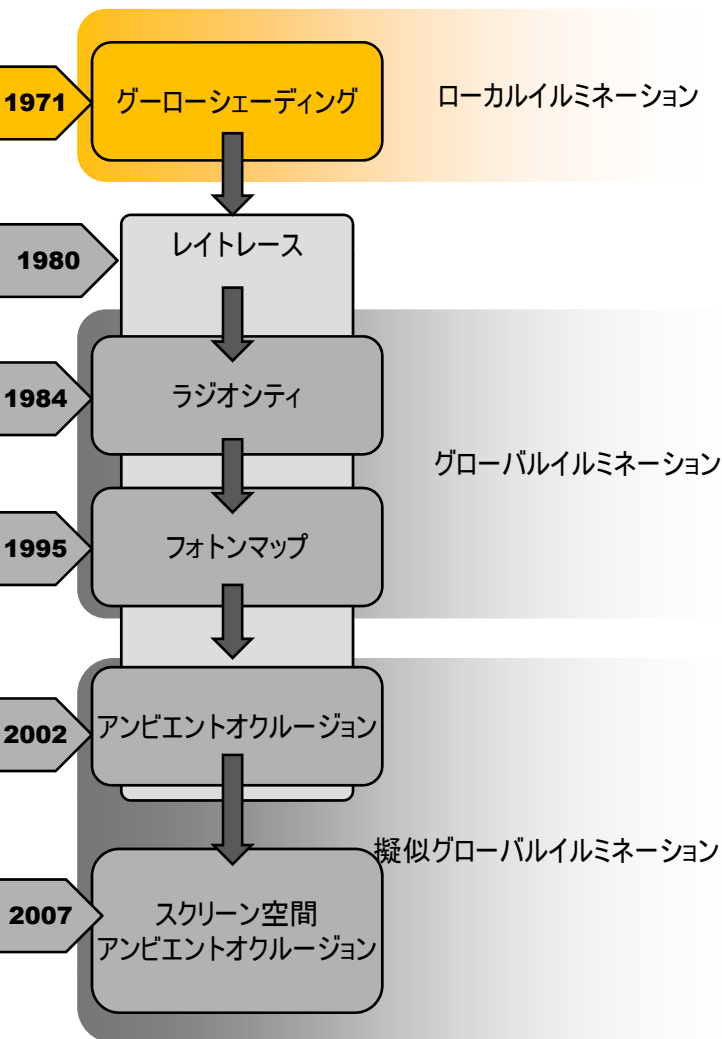


□ 光源 と 点の法線の角度 から
明るさを決定

✓ 引き算 と 掛け算の組み合わせ



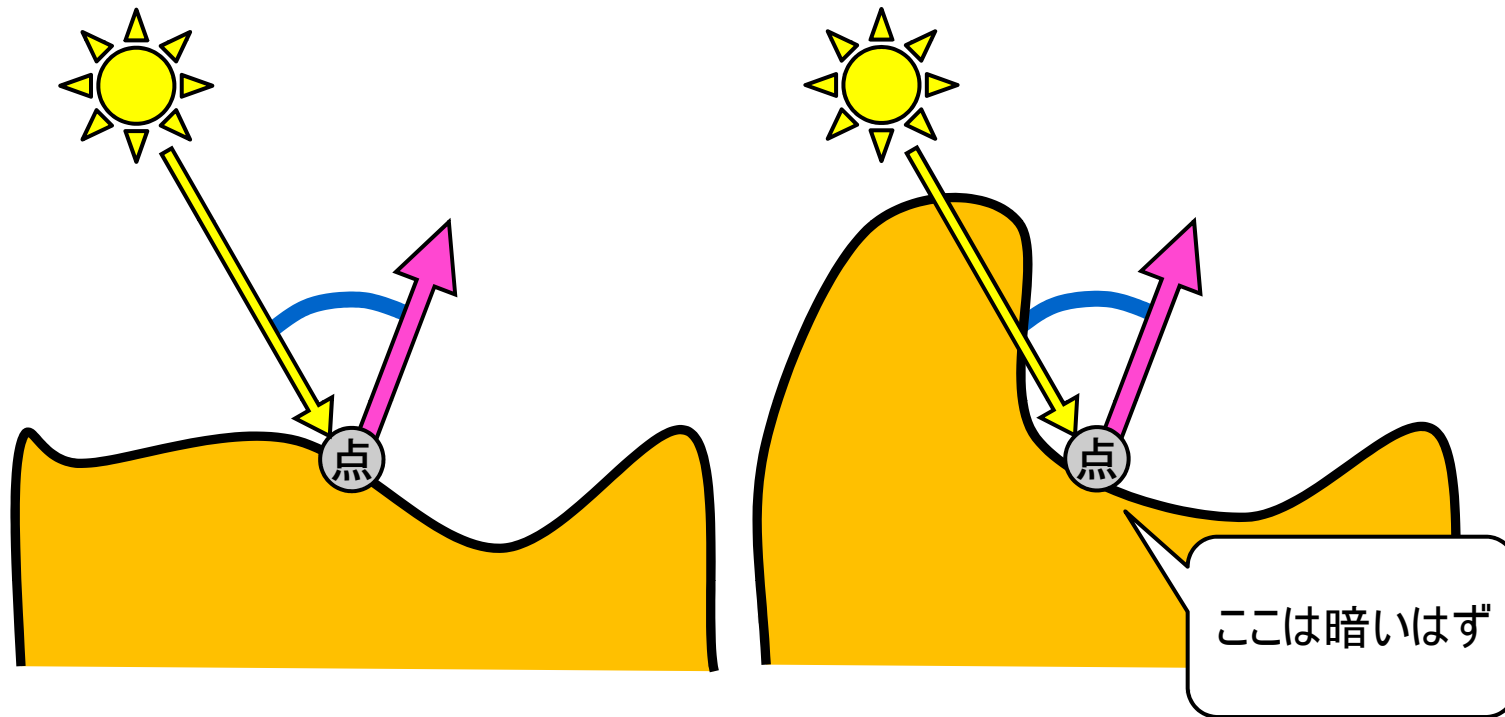
ローカルイルミネーション



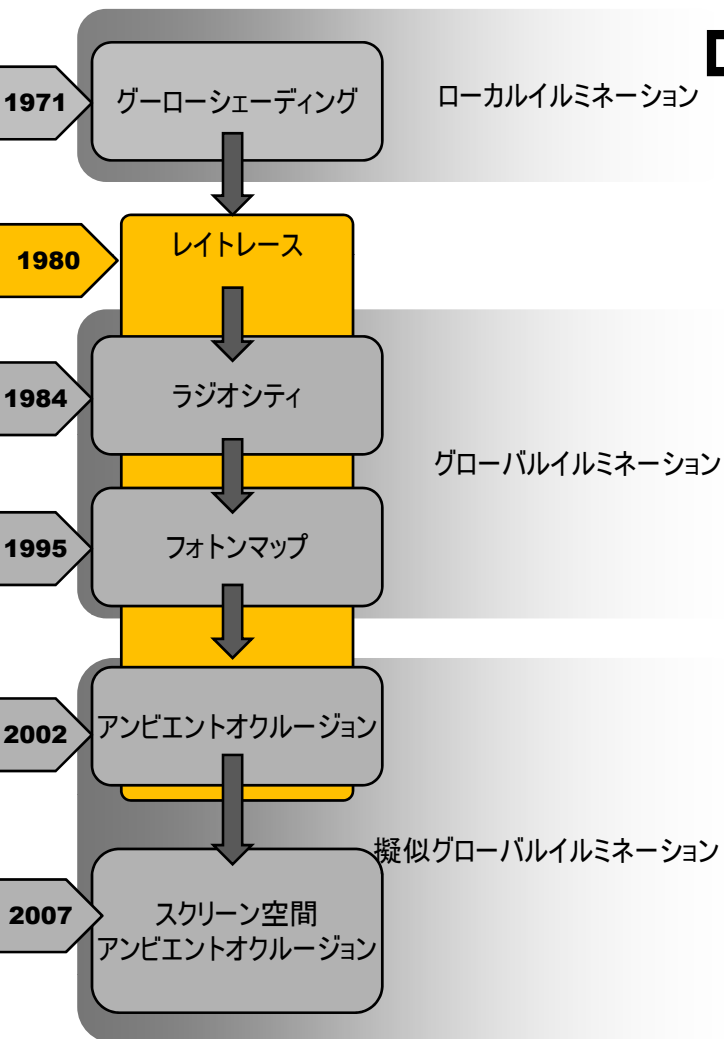
- 光の物理的な性質をあまり考慮せず
角度や距離などから明るさを決定する
- 最小の計算で有用な結果が
得られるライティングモデル
- 単純計算なので高速に計算できる
- ハードウェア描画などで利用される

ローカルシェーディング代表 グローバルシェーディング

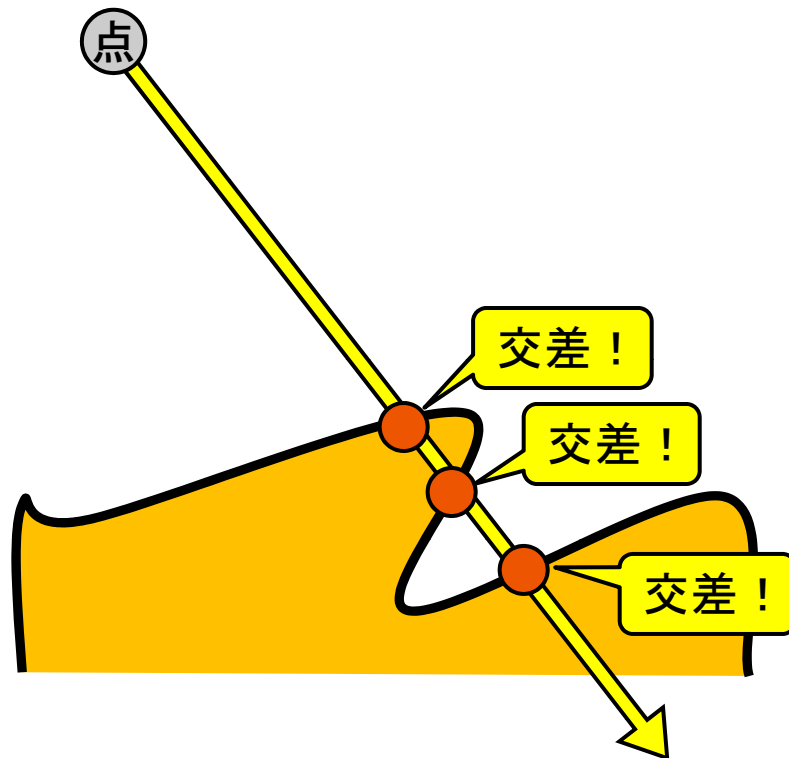
- 光源と点の法線の角度だけから明るさを計算すると都合が悪い場合がある



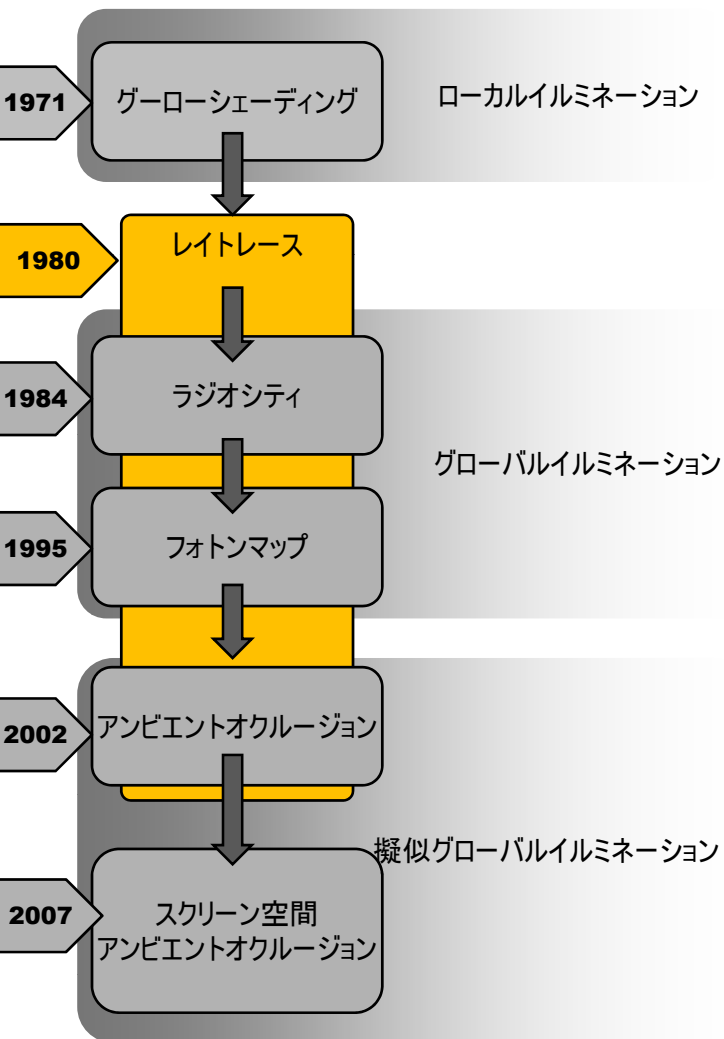
レイトレース



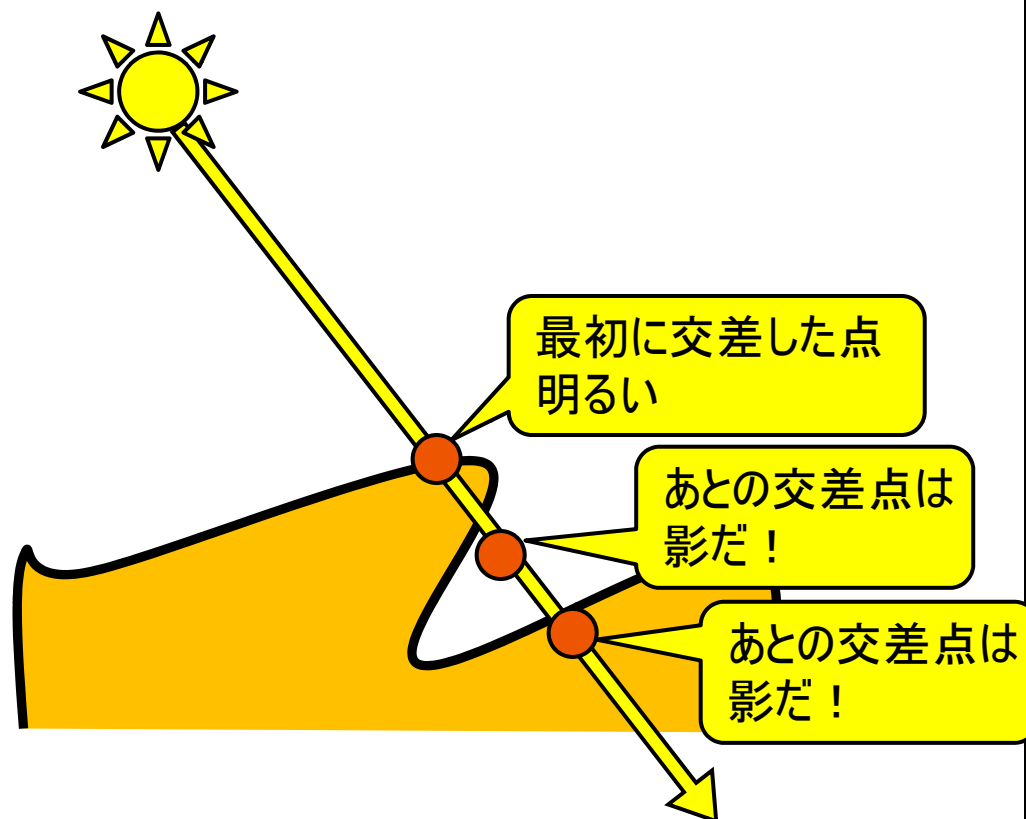
□ ある点から 光線(レイ)を出かし、
その軌跡を追跡して(トレースする)
交差点を検出する技法



レイトレース シャドウ(影)

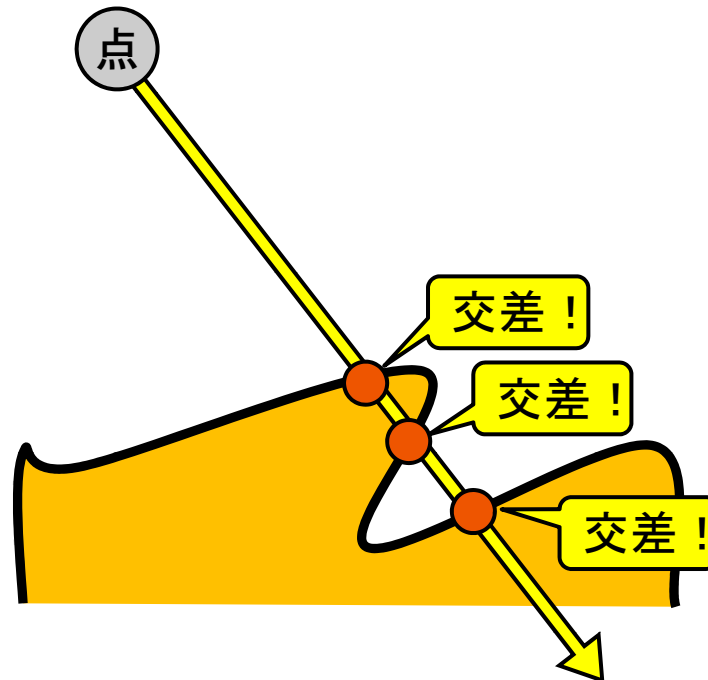


□ ある光源から レイトレースを行い 影となる部分かどうか判定

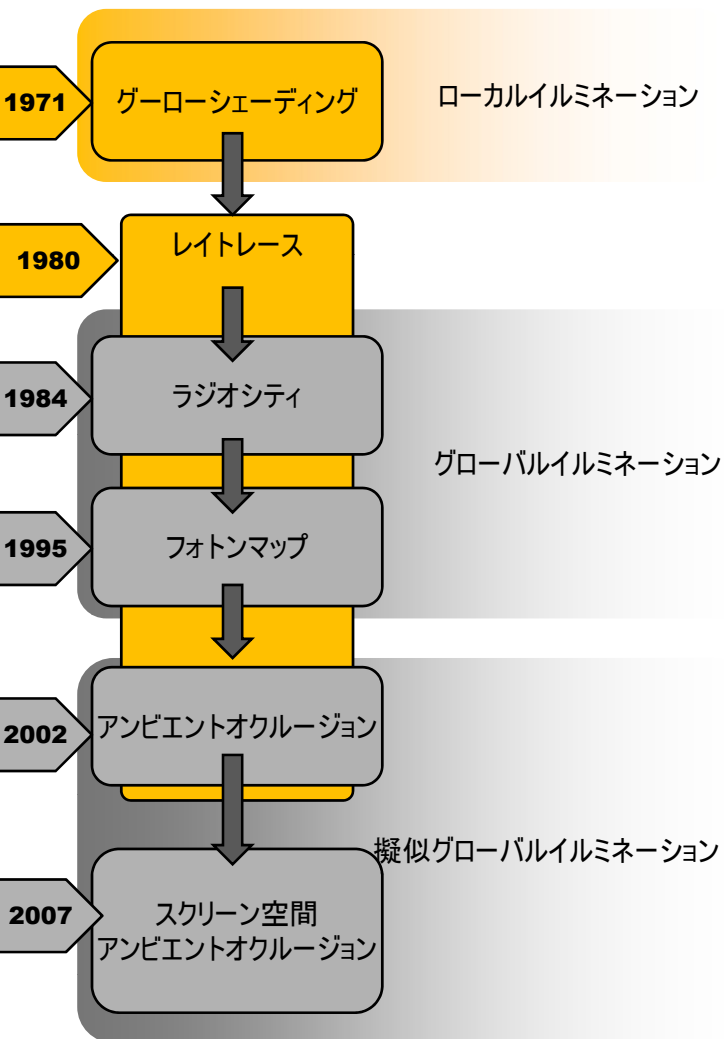


レイトレースの悪い点

- 各交差判定自体はそれほど複雑な計算ではないが、
累積的に処理を行うため、結果的に処理時間がかかる
- ハードウェア描画ではまず利用できない



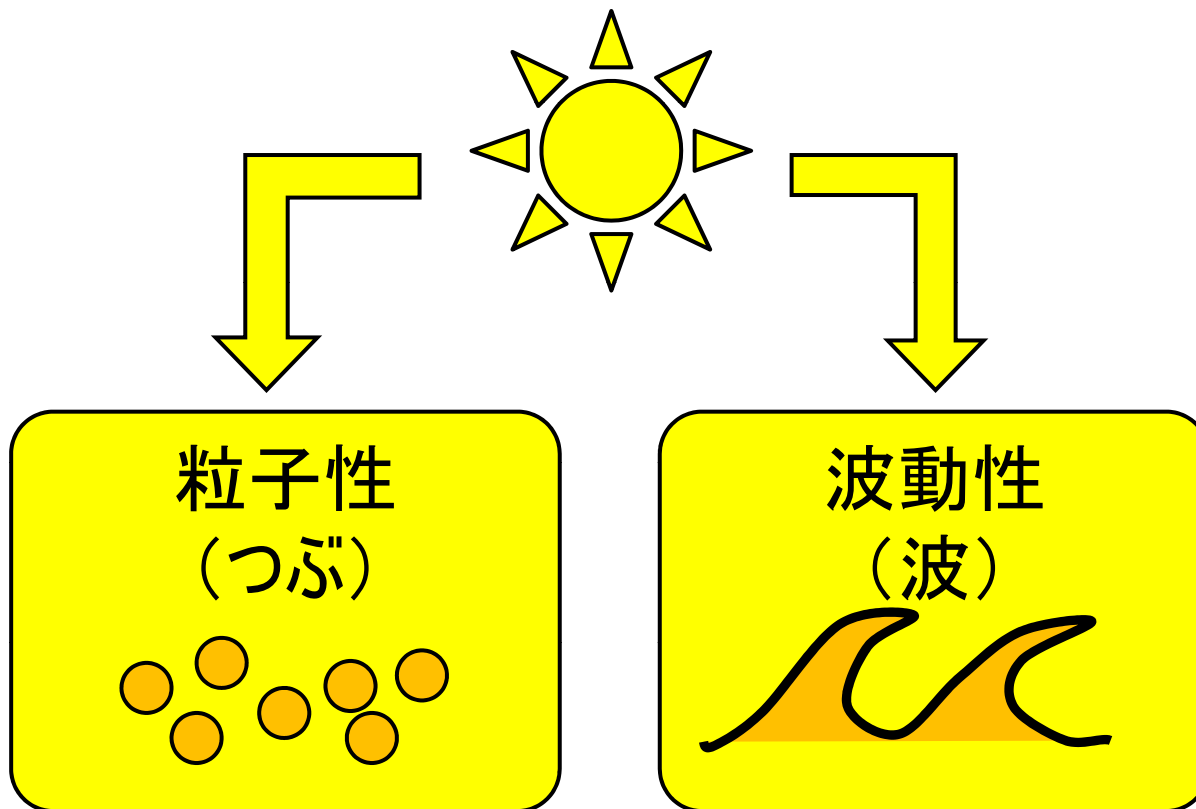
ローカルイルミネーション再確認



- 光の物理的な性質をあまり考慮せず角度や距離などから明るさを決定する
- 最小の計算で有用な結果が得られるライティングモデル
- 単純計算なので高速に計算できる
- ハードウェア描画などで利用される

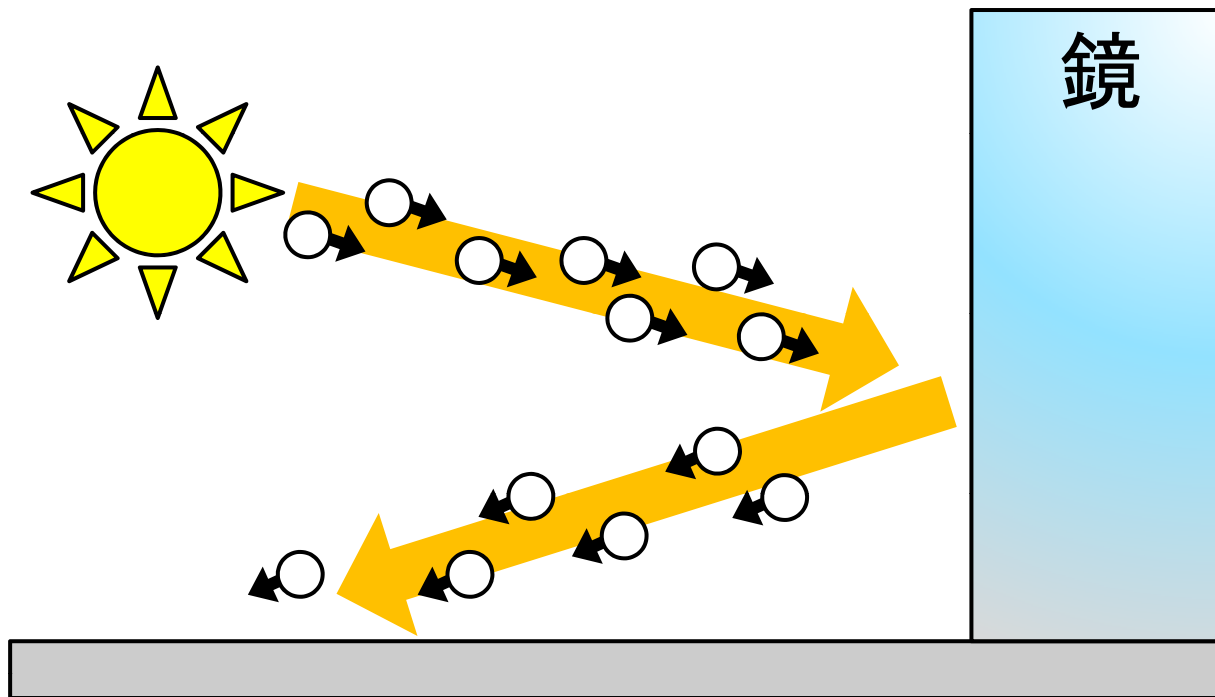
光の物理的な性質

□ 光は粒子性と波動性をもつ



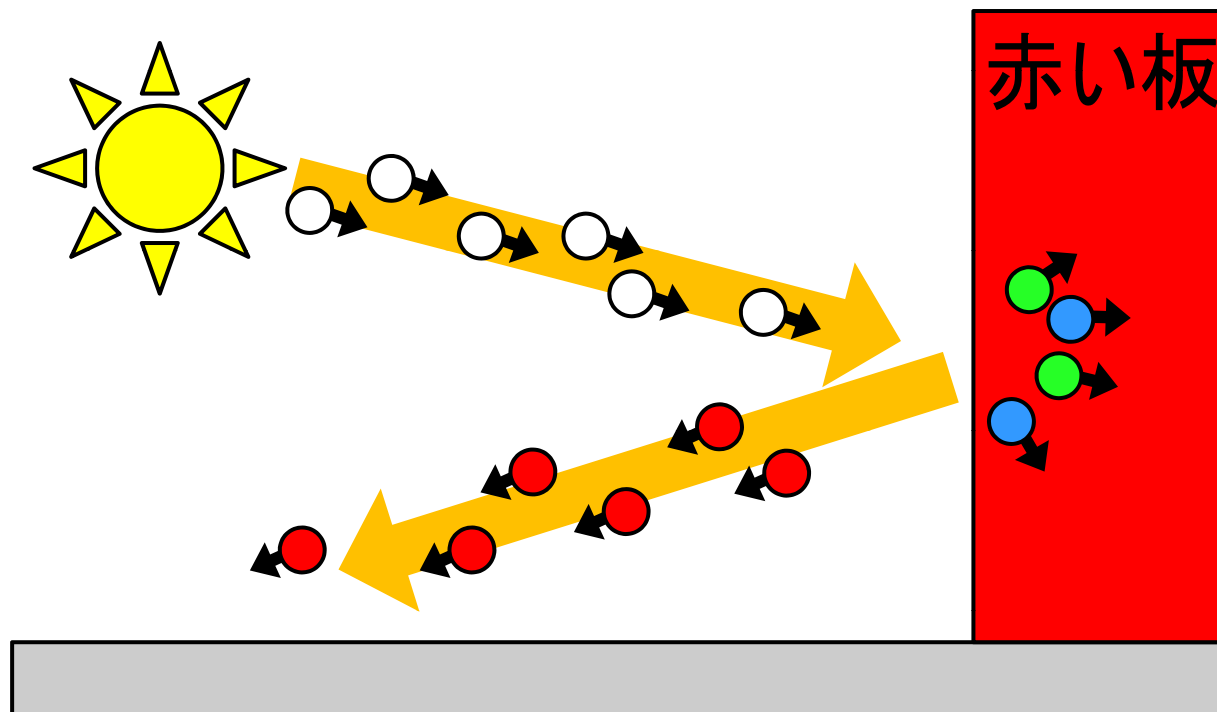
光の粒子性

□ 光は粒なので、跳ね返り、光を運ぶ

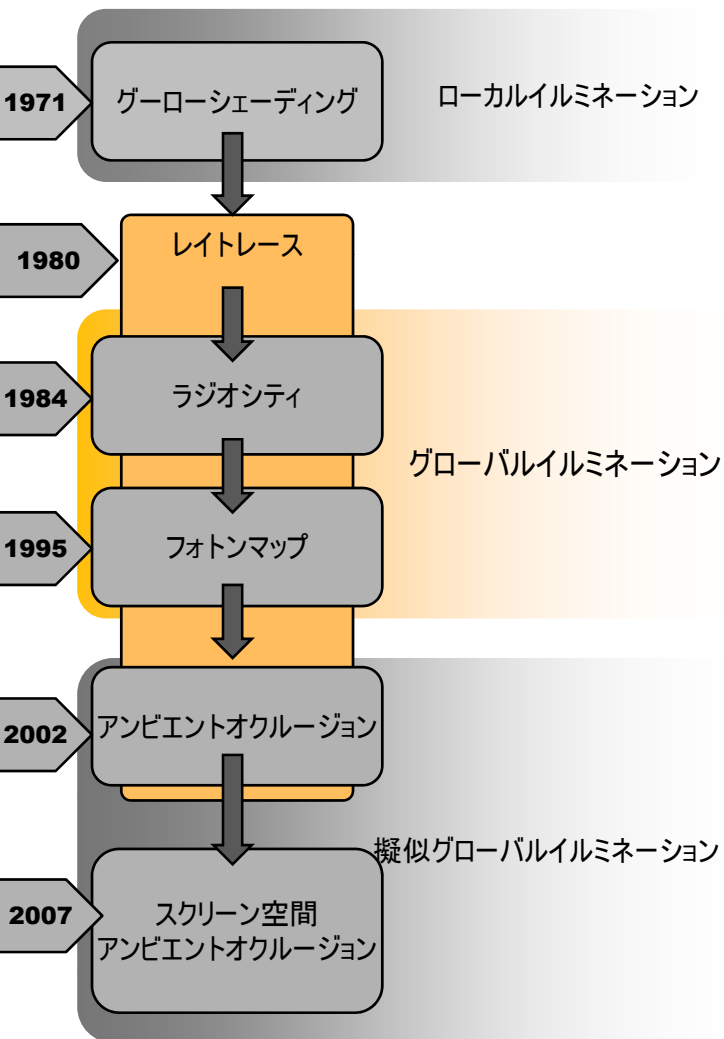


光の粒子性

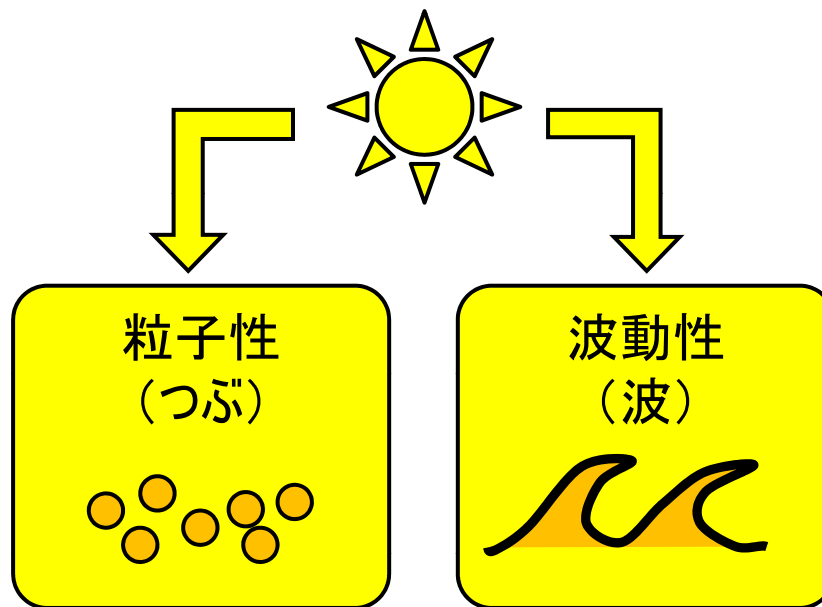
- 光は粒なので、跳ね返り、光を運ぶ
- 跳ね返るときにエネルギーを失う



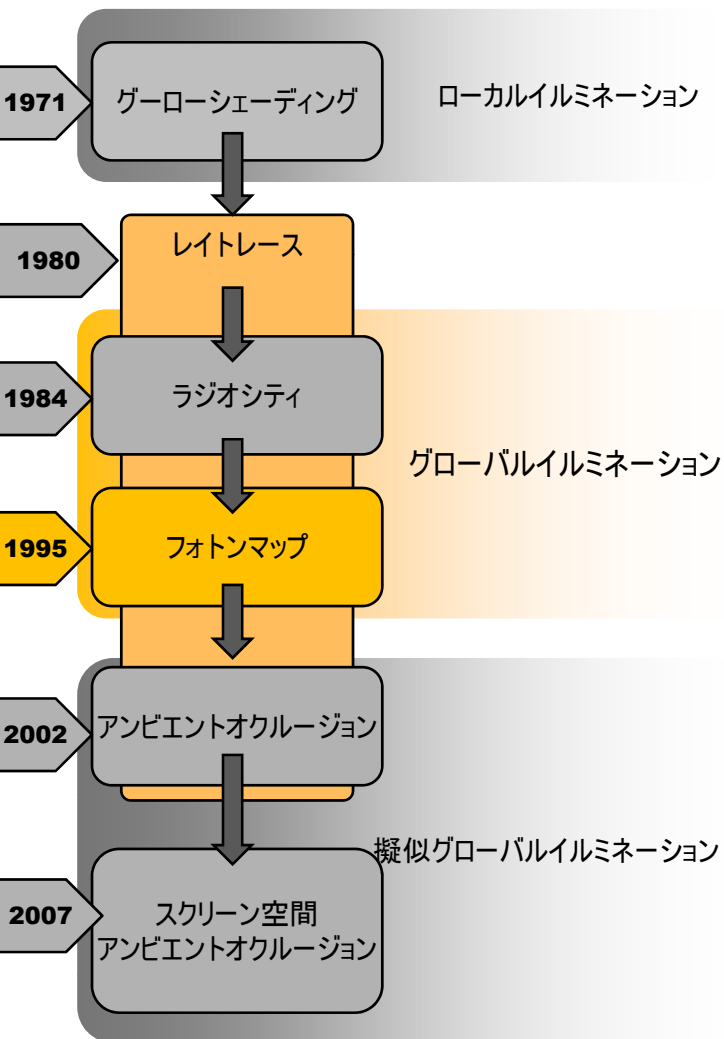
グローバルイルミネーションとは？



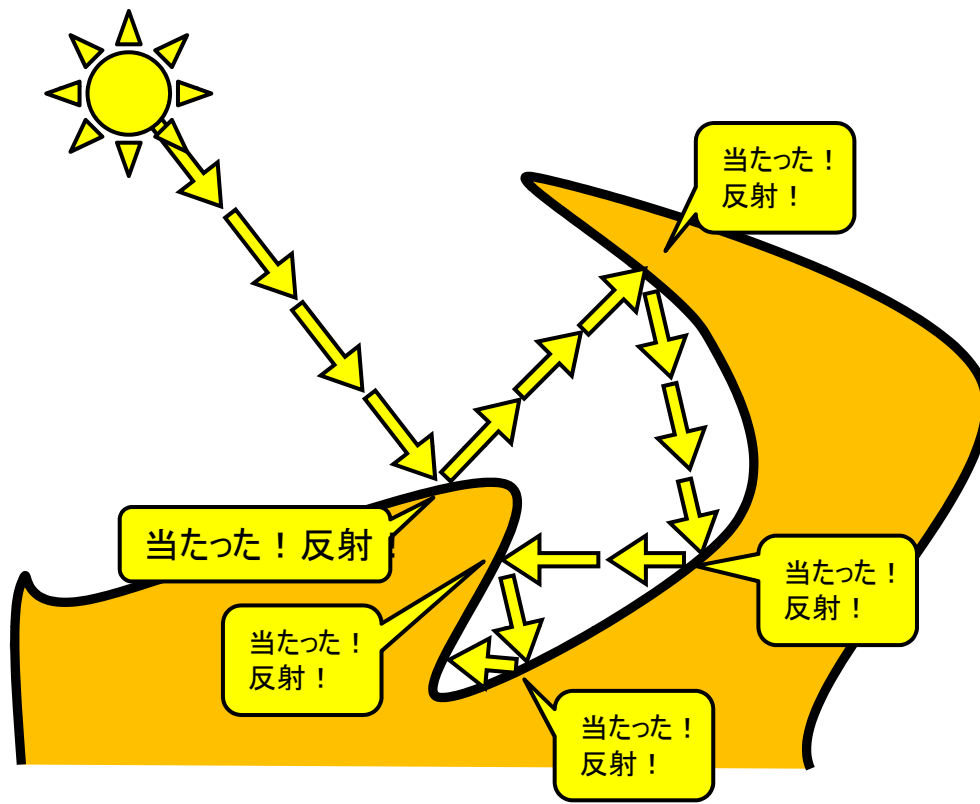
□ 光の散乱を全て物理法則に基づいてシミュレーションするライティングモデル



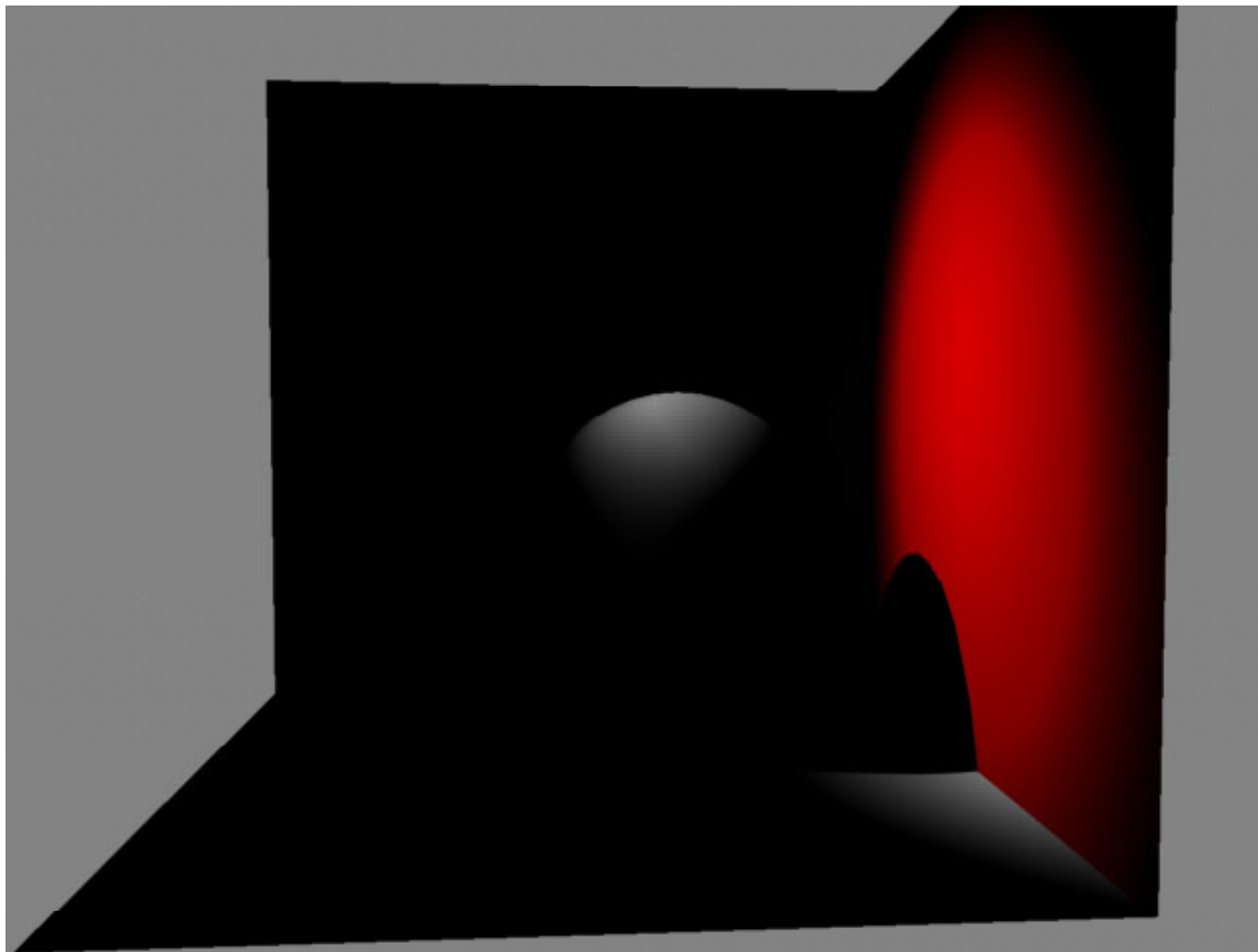
グローバルイルミネーション代表 フォトンマップ法



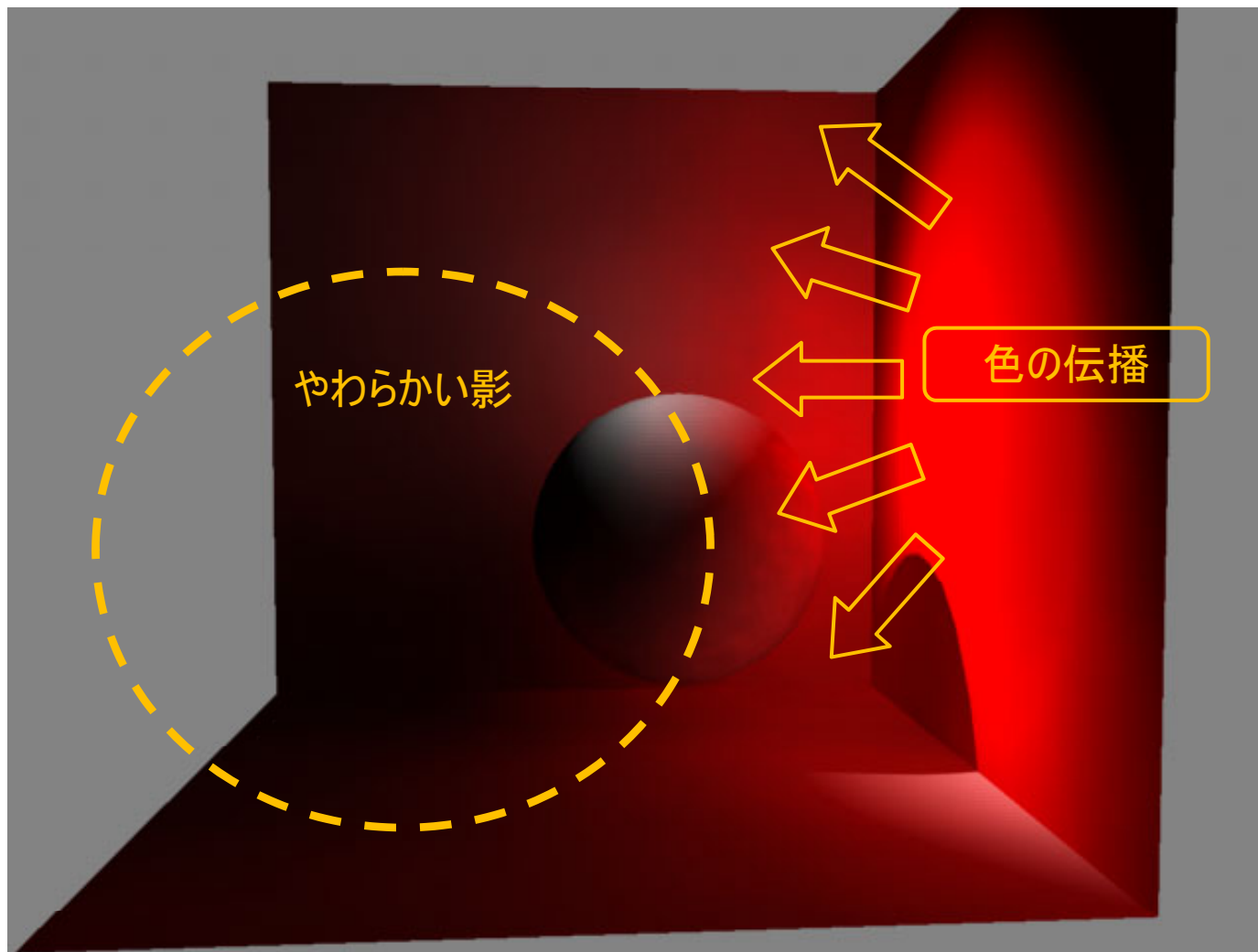
□ 粒子をレイトレースで追跡し
光のシミュレーションを行う



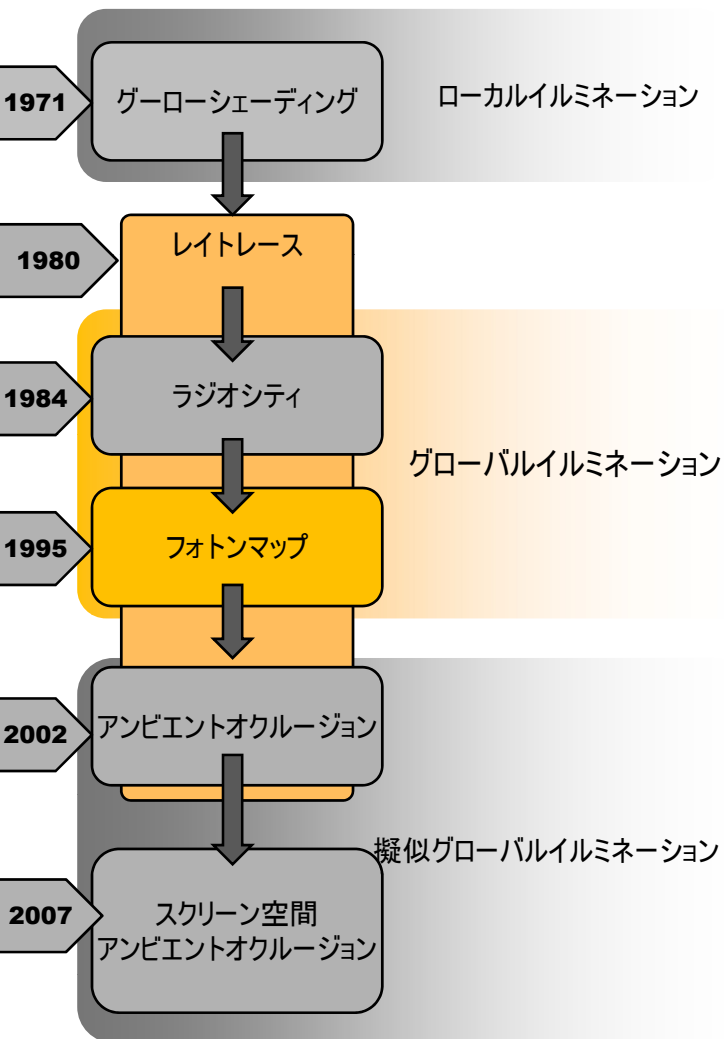
ローカルイルミネーションの例



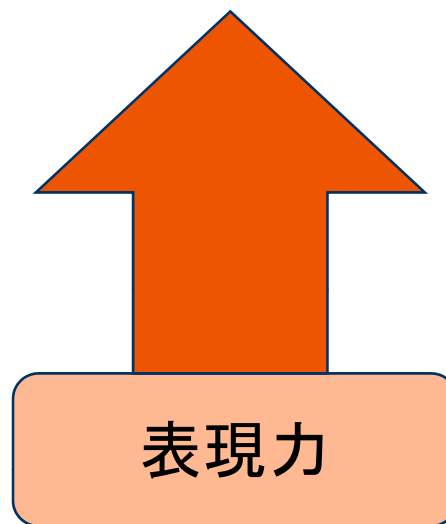
グローバルイルミネーション代表 フォトンマップの例



グローバルイルミネーション代表 フォトンマップ法

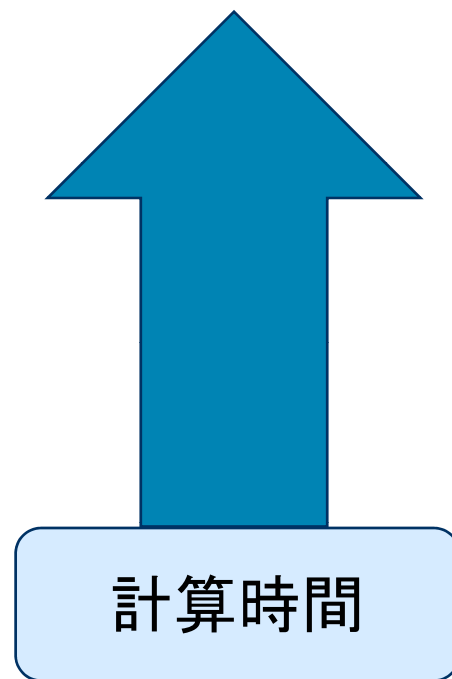
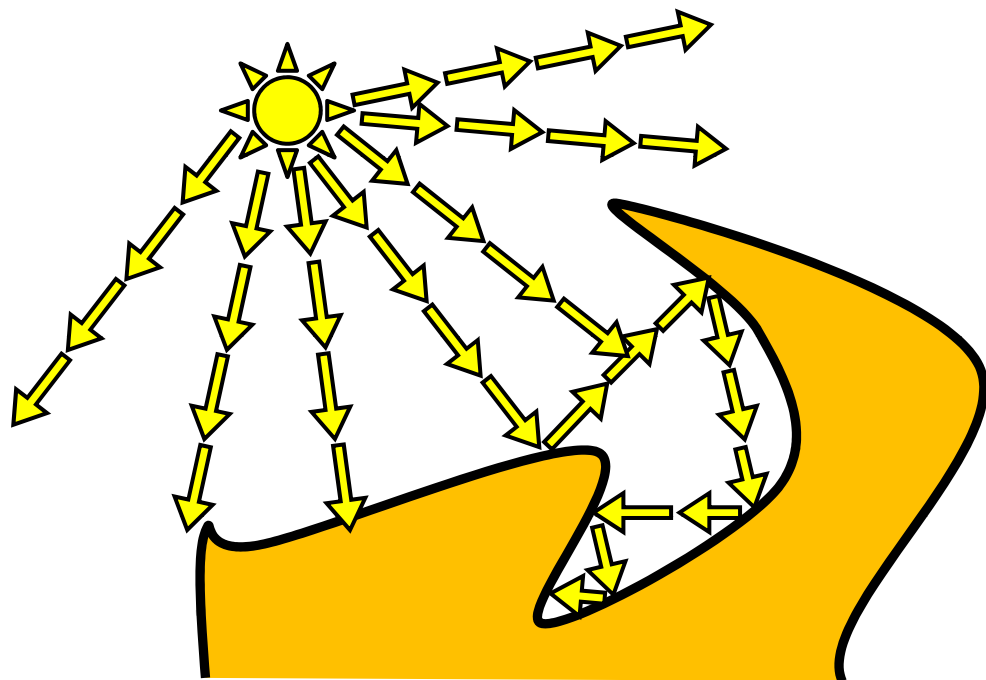


- 色の伝播・やわらかい影の表現
- 劇的な表現力の向上
 - ✓ コースティクスや照り返し、光の透過など

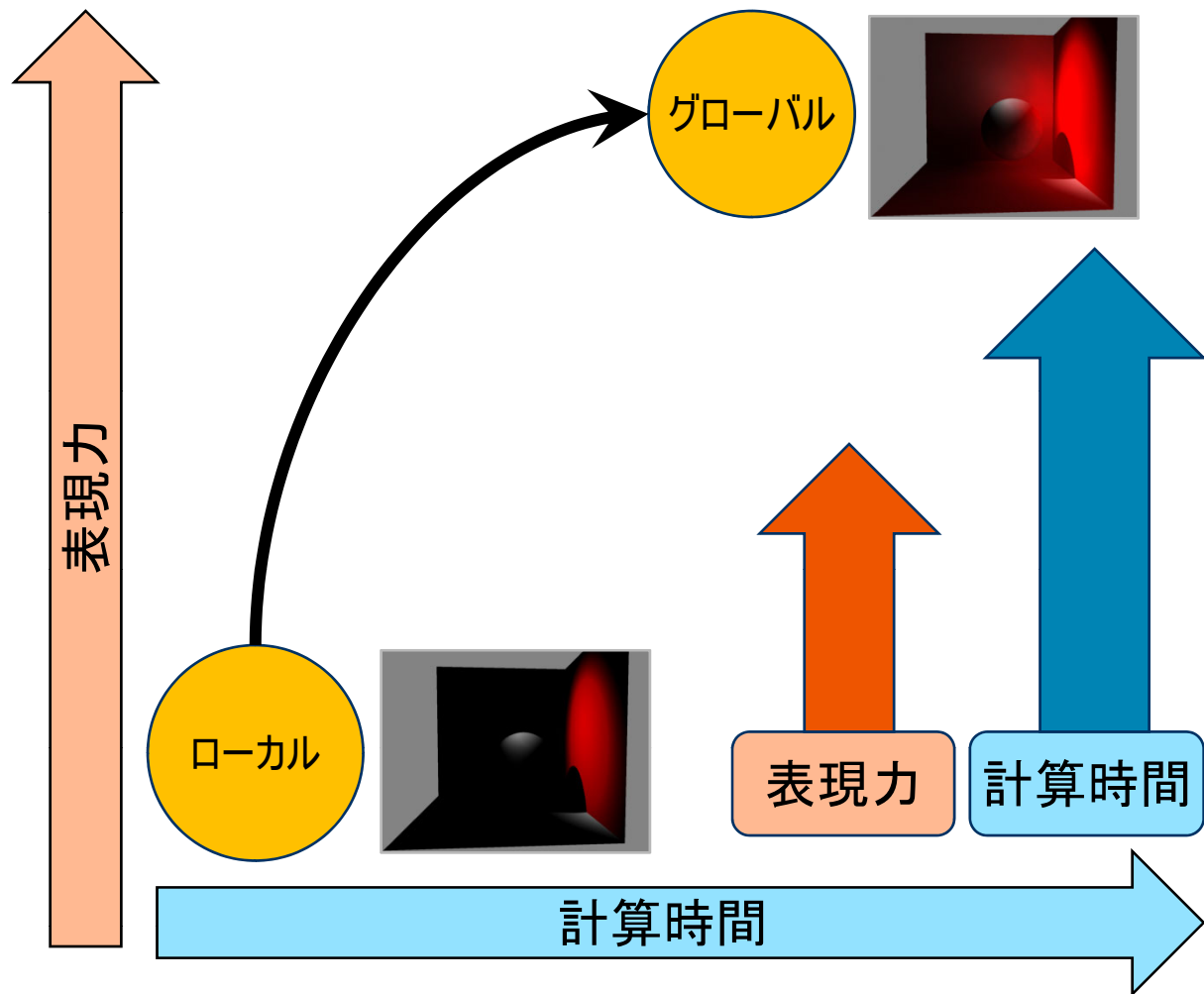


グローバルイルミネーション代表 フォトンマッピング法の悪い点

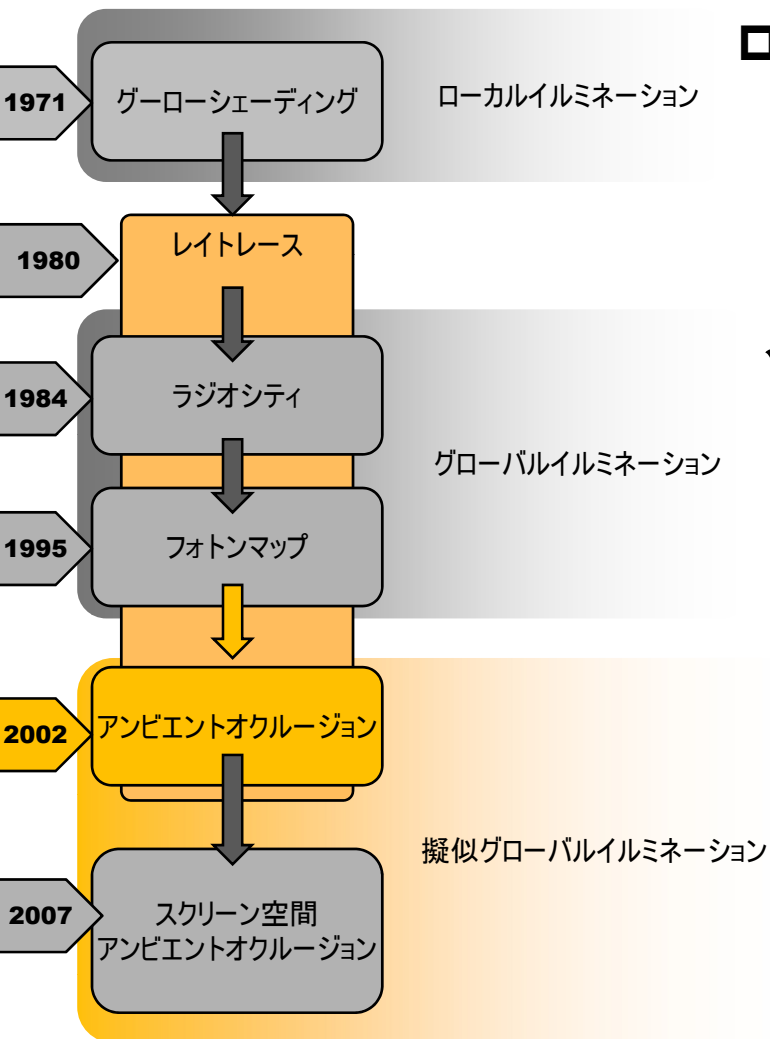
- 良い結果を得るには十分な数の粒子をレイトレースして光のシミュレーションを行う必要がある
- 光源の数が増えると、シミュレーションもそれだけ必要になる



ローカルイルミネーションから グローバルイルミネーションへ



グローバルイルミネーションから 擬似グローバルイルミネーションへ

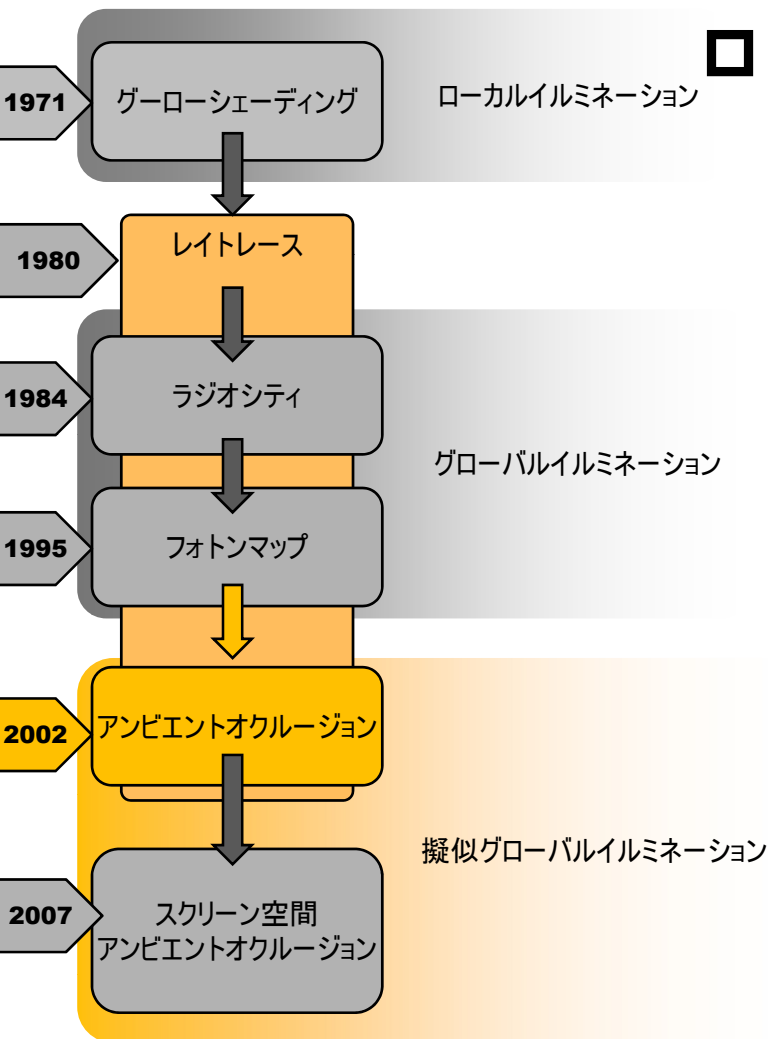


- Landis, Hayden. 2002. RenderMan in Production, Production-Ready Global Illumination. Course 16 notes, SIGGRAPH 2002.

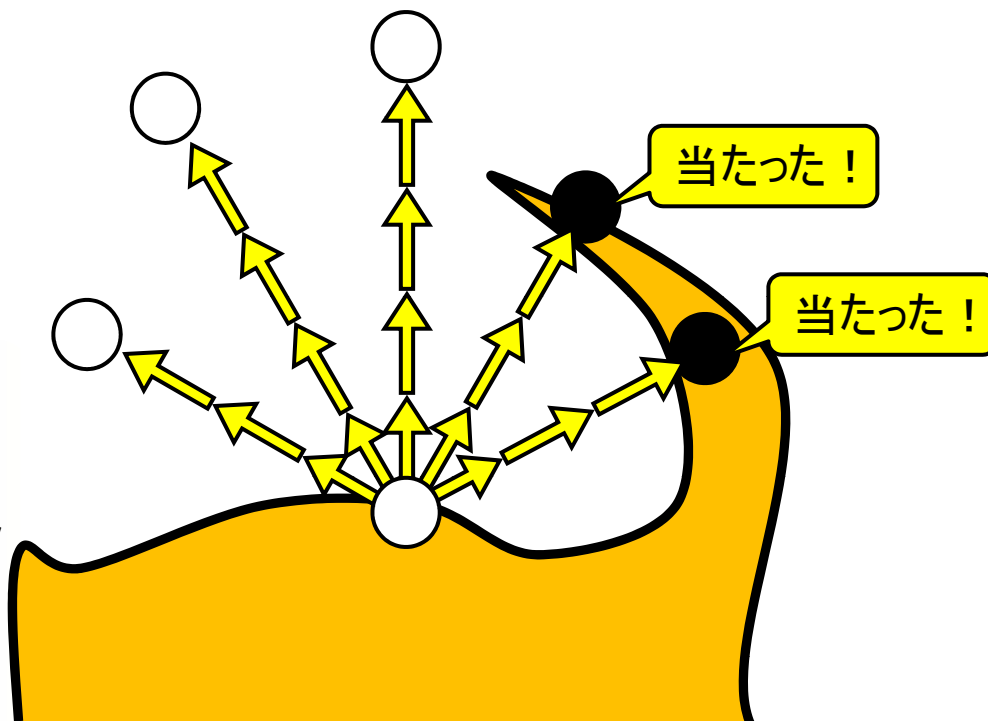
✓ 冒頭要約

- グローバルイルミネーションはすごい、けど重い
実際のプロダクションでは厳しい時間とリソースの制約があるので、伝統的なグローバルイルミネーションの手法を取るのは無理
- 「Reflection Occlusion」と「Ambient Environments」を利用して、同じような見た目を、効果的で柔軟で、最小限の時間で実現できる方法を見つけた

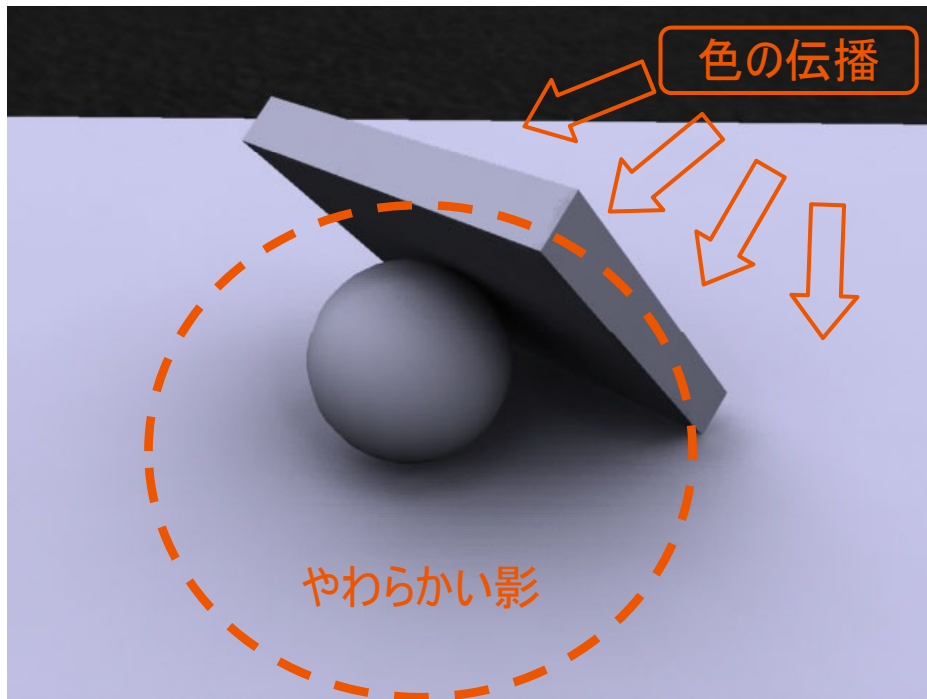
アンビエントオクルージョン



□ 点が「どのくらい遮蔽されているか？」をレイトレースを用いて判断し、明るさを決定する

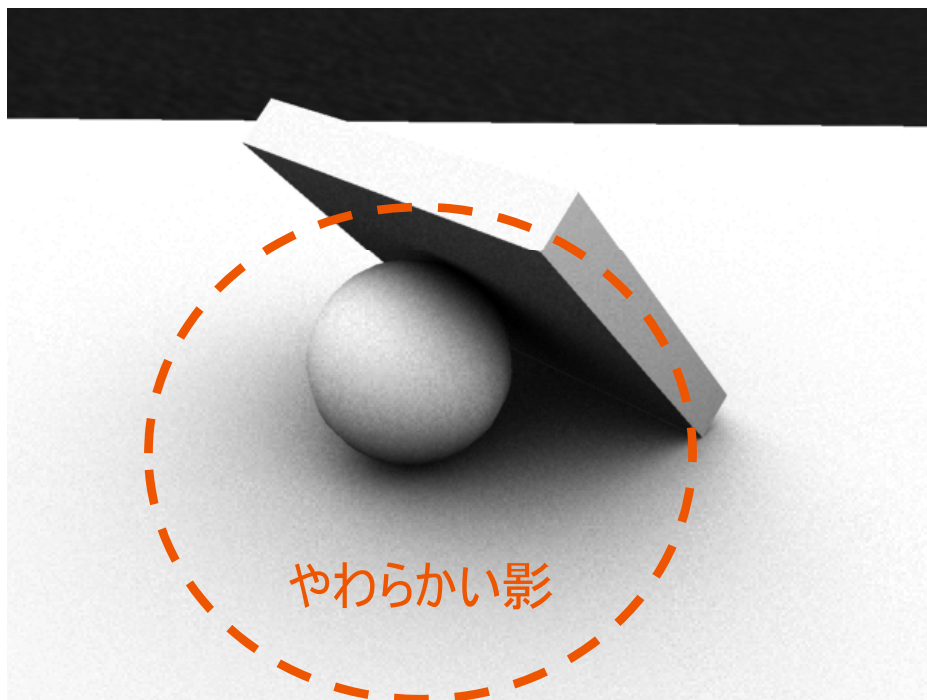


グローバルイルミネーション 曇りの日のライティング



- 色の伝播を表現
- 全方向ライトからのやわらかい影を表現
- 膨大な数のフォトンが必要

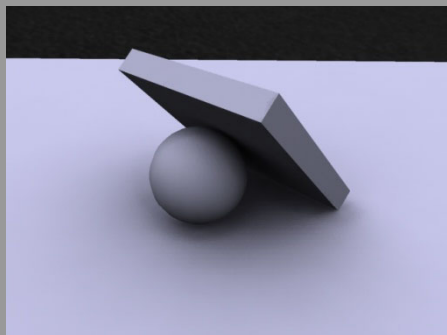
アンビエントオクルージョン



- 色の伝播は表現できない
- 全方向ライトからのやわらかい影とほぼ同じやわらかい影を表現
- 光源の数に依存しない

グローバルイルミネーションとアンビエントオクルージョンの比較

グローバルイルミネーション



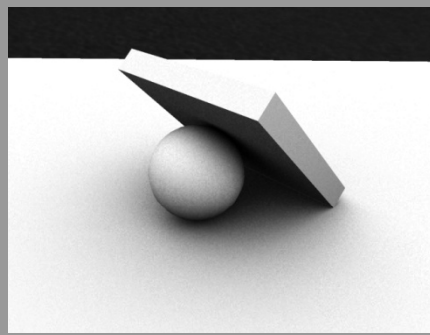
結果的に暗い場所ができる

色の伝播を扱える

光源が増えると粒子が増え、レイトレース計算時間が劇増する

各光源ごとに粒子の放出量やエネルギーなどの値を調整する必要がある

アンビエントオクルージョン



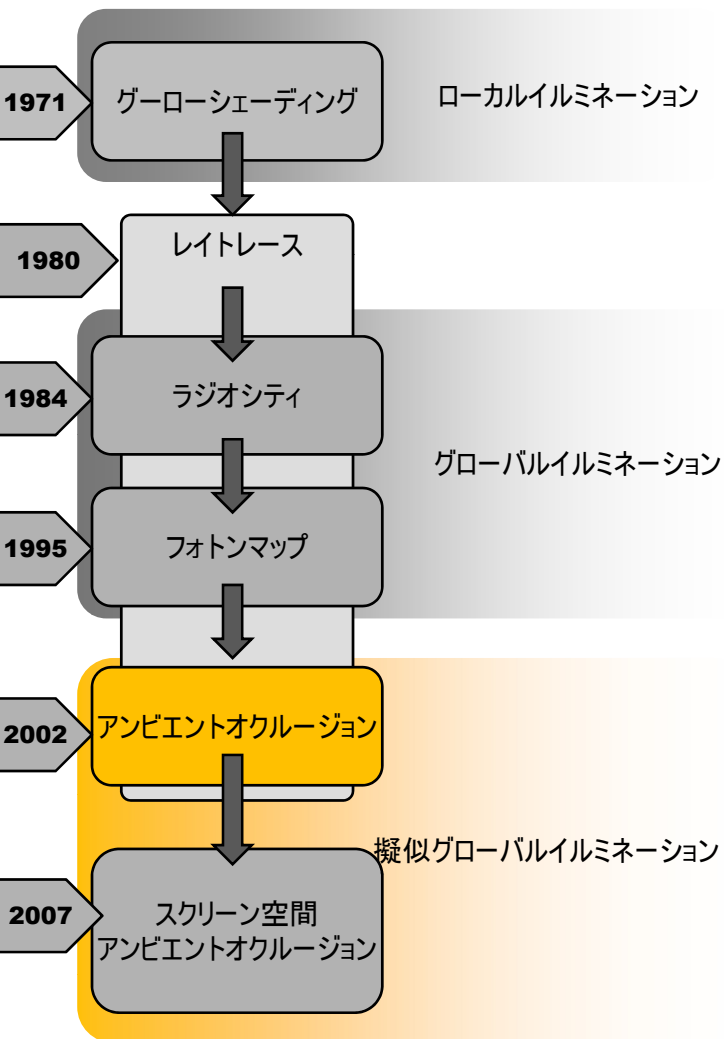
積極的に暗い部分を表現

色の伝播は扱えない

レイトレース計算時間はほぼ一定

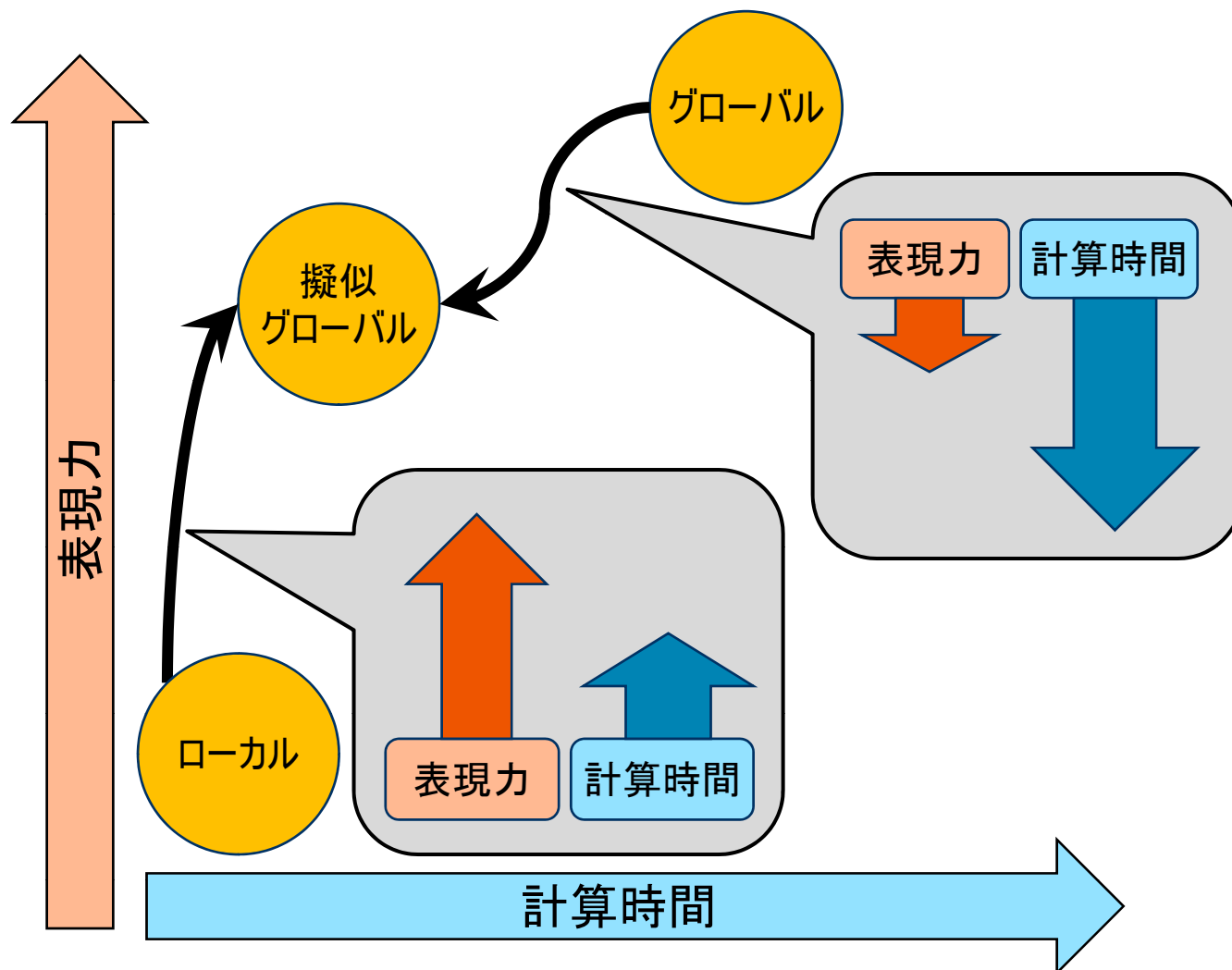
アンビエントオクルージョンの調整のみ

擬似グローバルイルミネーション



- モデル内の光の散乱を物理法則に基づいてシミュレーションしないでグローバルイルミネーションのような間接照明効果を得るモデル
- アンビエントオクルージョン以外にも様々な手法が存在

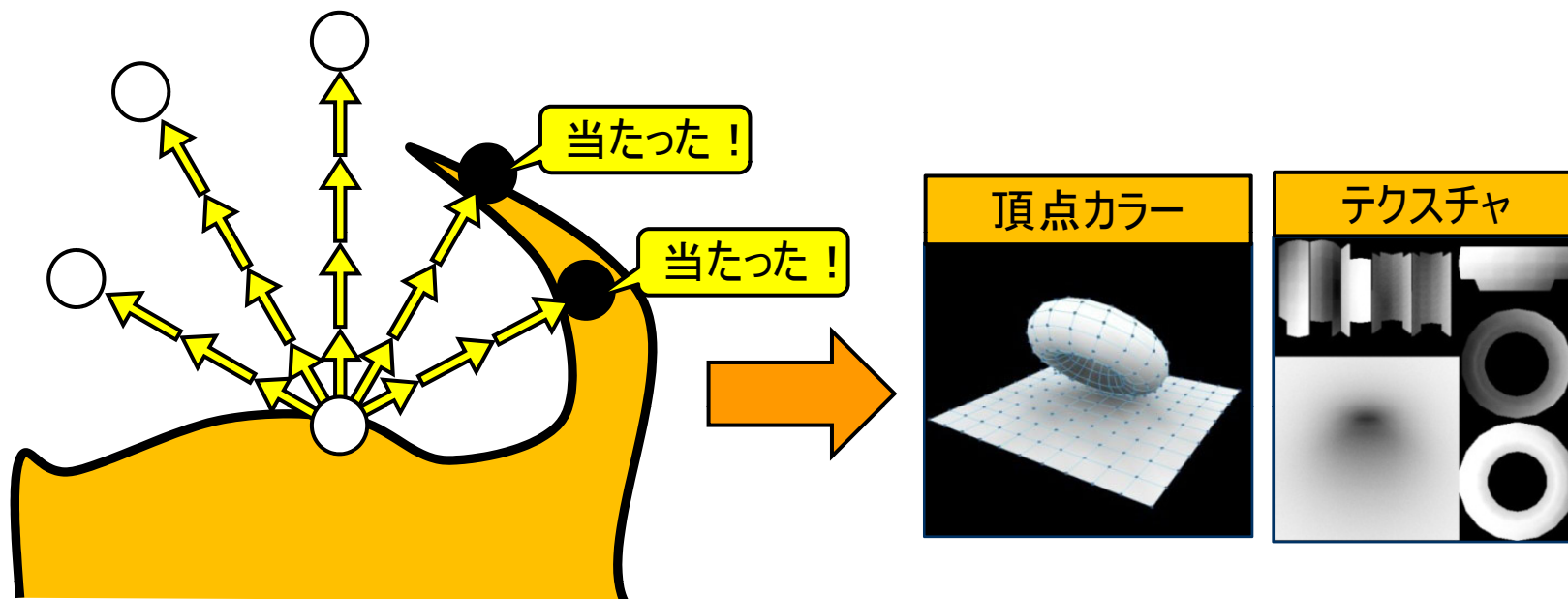
グローバルイルミネーションから 擬似グローバルイルミネーションへ



実践①

mental ray でのアンビエントオクルージョン

- レイトレースを使用してアンビエントオクルージョンを計算
- 頂点カラーやテクスチャへの出力可能
- 各バージョンアップごとに高速化機能が充実



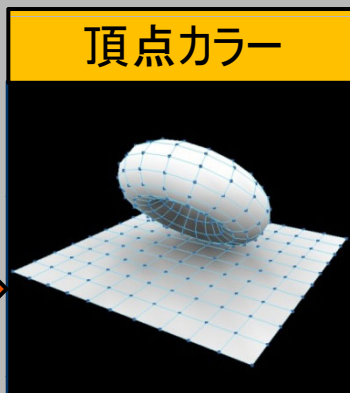
アンビエントオクルージョン計算結果の利用方法

事前計算

レイトレースを使用して
アンビエントオクルージョンを計算し
頂点カラー、テクスチャとして出力

データ

頂点カラー



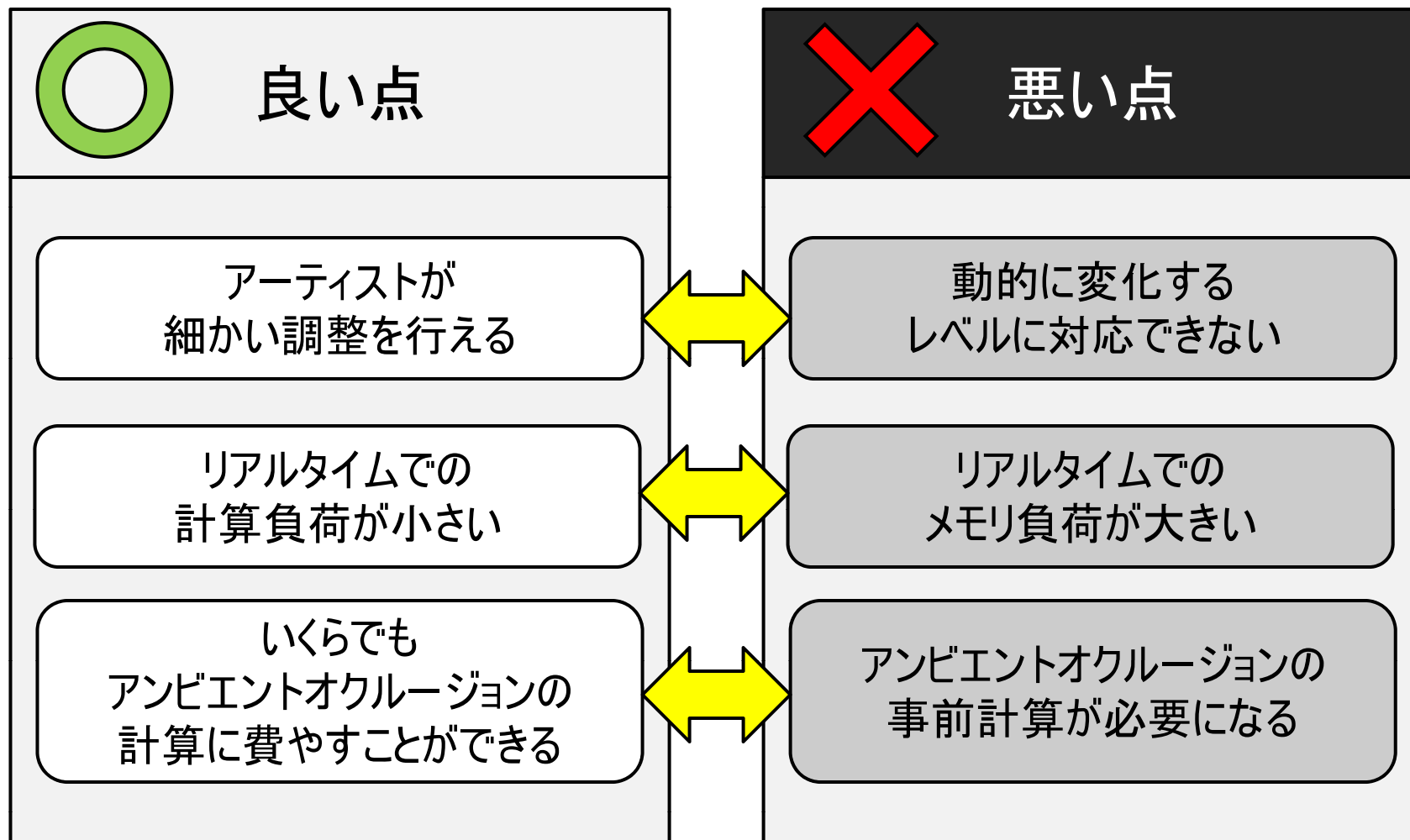
テクスチャ



リアルタイム

読み込んで描画

頂点カラー、テクスチャでの アンビエントオクルージョン効果の利用



描画を取り巻く状況の変化

状況

物理エンジンが普及し
レベルは動的に変化する

アセットが巨大化し
メモリを圧迫

事前作成するマップの
種類が増え、計算時間を圧迫
事前計算はなるべく減らしたい

頂点カラー、テクスチャでの
アンビエントオクルージョン効果の
悪い点

動的に変化する
レベルに対応できない

リアルタイムでの
メモリ負荷が大きい

アンビエントオクルージョンの
計算時間が必要になる

リアルタイムアンビエントオクルージョンへ

- 頂点カラー、テクスチャでのアンビエントオクルージョン効果の欠点を克服
 - ✓ 動的に変化するレベルに対応した
 - ✓ メモリ負荷が少ない
 - ✓ 事前計算が不要な
 - ✓ 高速なアンビエントオクルージョンを開発しよう！

アンビエントオクルージョンの 高速化

リアルタイムアンビエントオクルージョンへ

描画を取り巻く状況

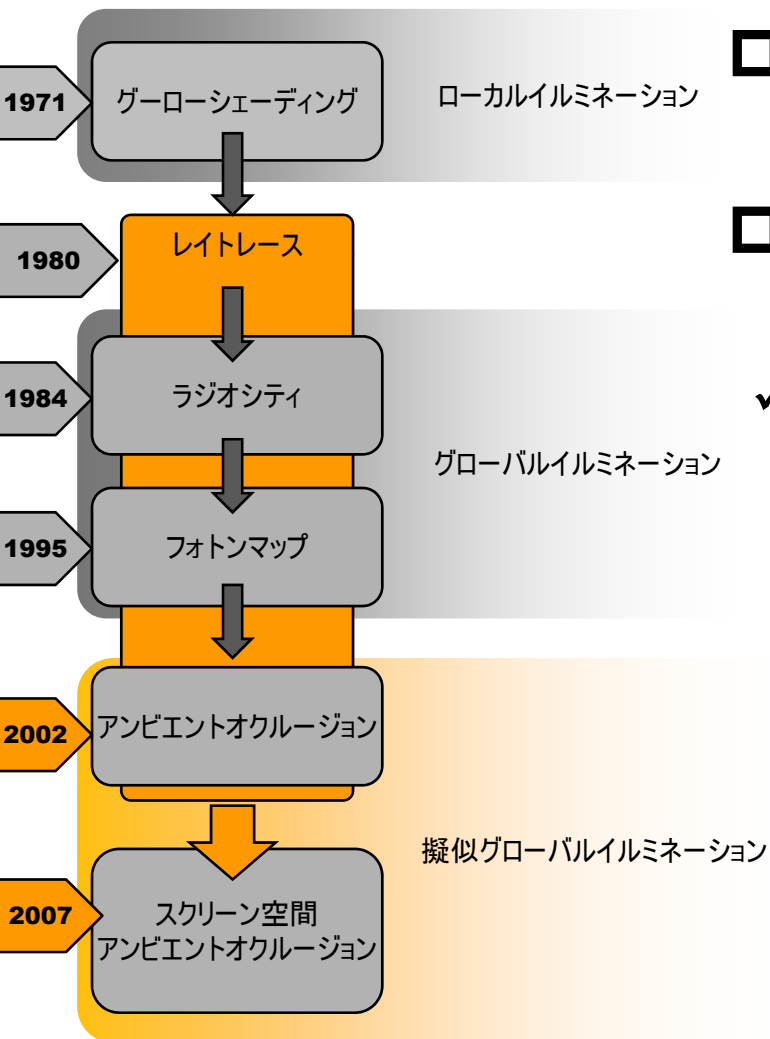
物理エンジンが普及し
レベルは動的に変化する

アセットが巨大化し
メモリ不足

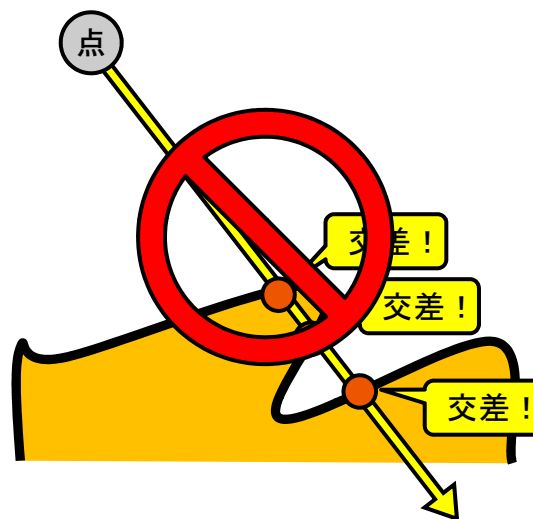
事前作成するマップの
種類が増え、計算時間を圧迫
事前計算はなるべく減らしたい

高速なGPUの登場と
柔軟なシェーダ言語により
高度な描画計算を高速に行える

脱レイトレースへ



- レイトレースはリアルタイム演算には向かない
- レイトレースを使用しないアンビエントオクルージョンを模索
- ✓ 2002年あたりから毎年様々な手法が発表されている



アンビエントオクルージョンの成分

□ 大きくわけて2つの効果を得ることができる

✓ もやっとしたやわらかい影

■ 低周波成分

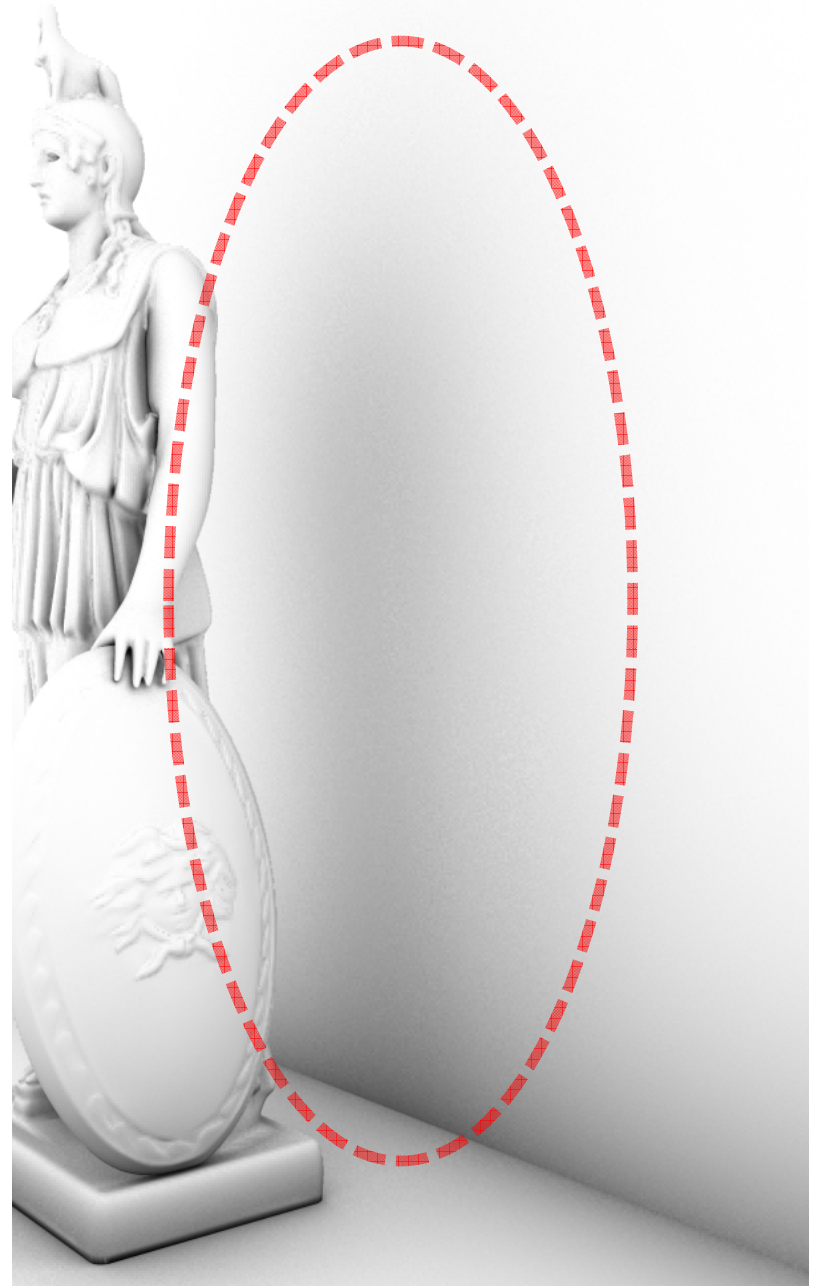
✓ 形を際立たせる陰

■ 高周波成分



低周波成分 (Low Frequency)

- もやっとやわらかい影
- 形状の大まかな影



高周波成分 (High Freq)

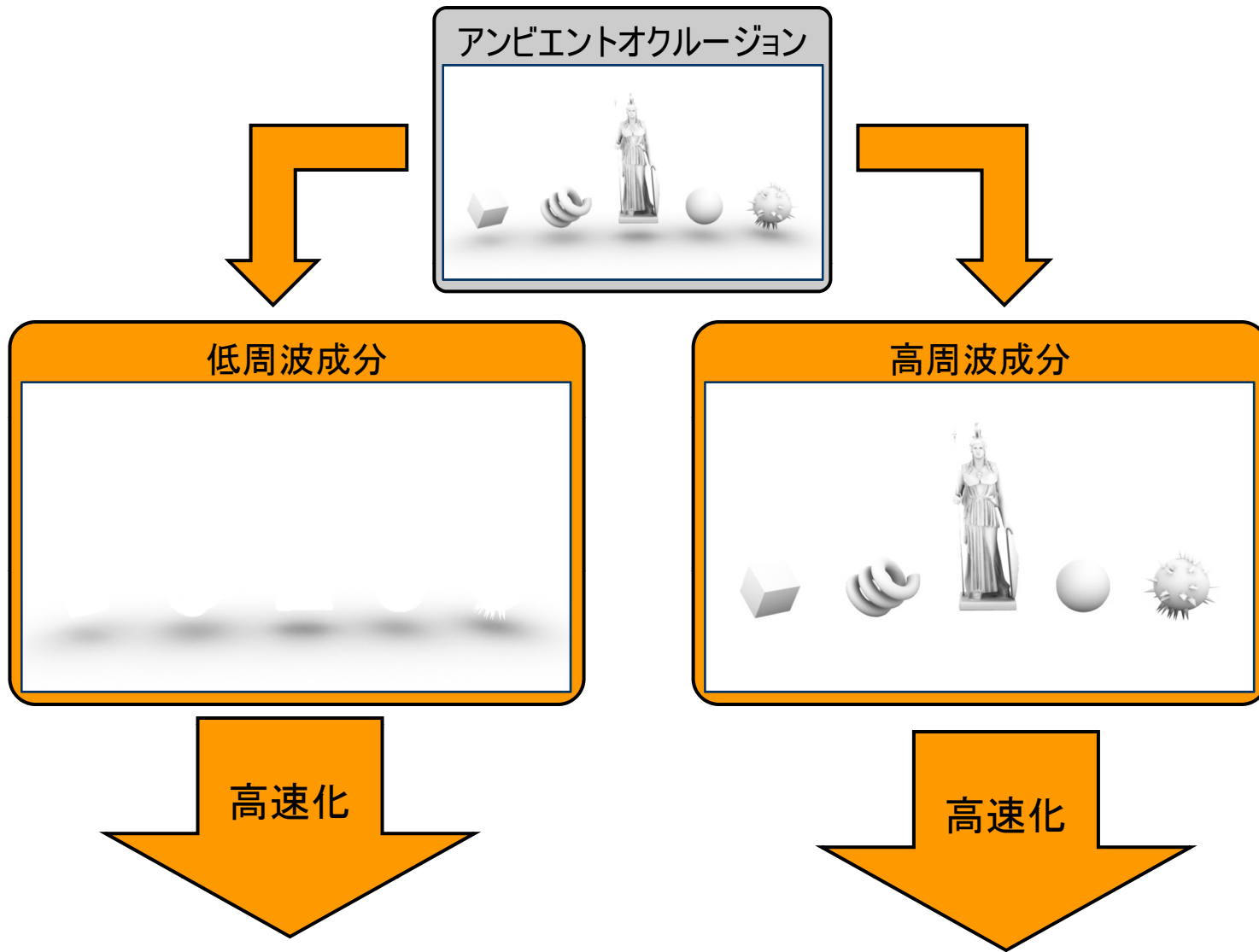
□ 形を際立たせる陰

- 高周波成分

□ 形を際立たせる、 ディテールを強調



成分ごとのそれぞれの高速化



低周波アンビエントオクルージョンの 高速化

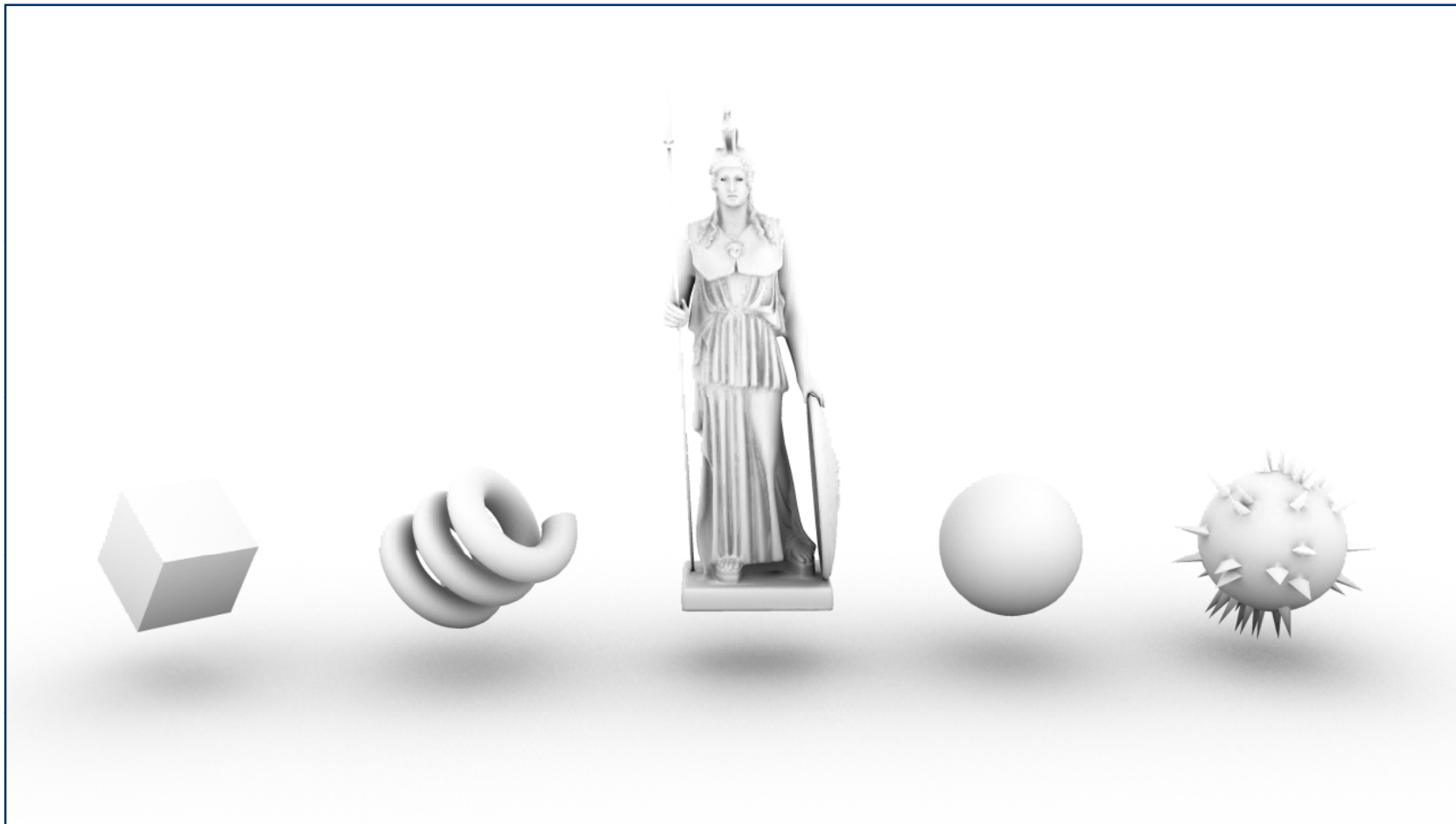
参照

Perumaal Shanmugam University of Texas at Austin,
Okan Arikan University of Texas at Austin. 2007.

Hardware Accelerated Ambient Occlusion Techniques on GPUs

Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D) 2007 Paper

アンビエントオクルージョン (レイトレースでの結果)

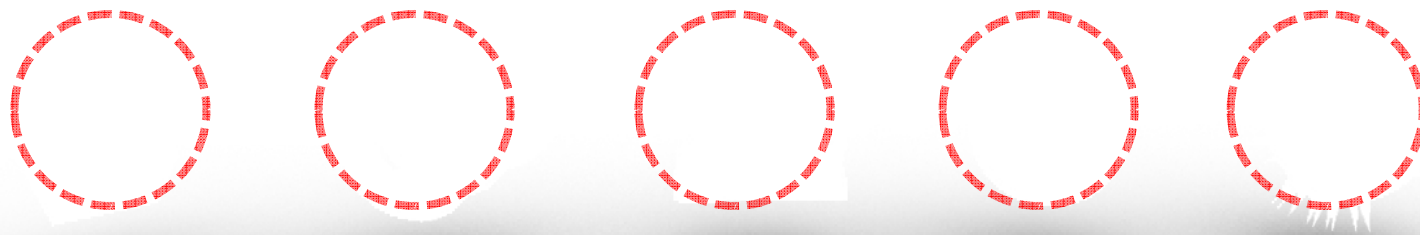


低周波成分(Low Frequency)

低周波成分だけに着目すると
遮蔽物はどのような形でも大きさを合っていれば、
だいたい同じ結果になるようだ

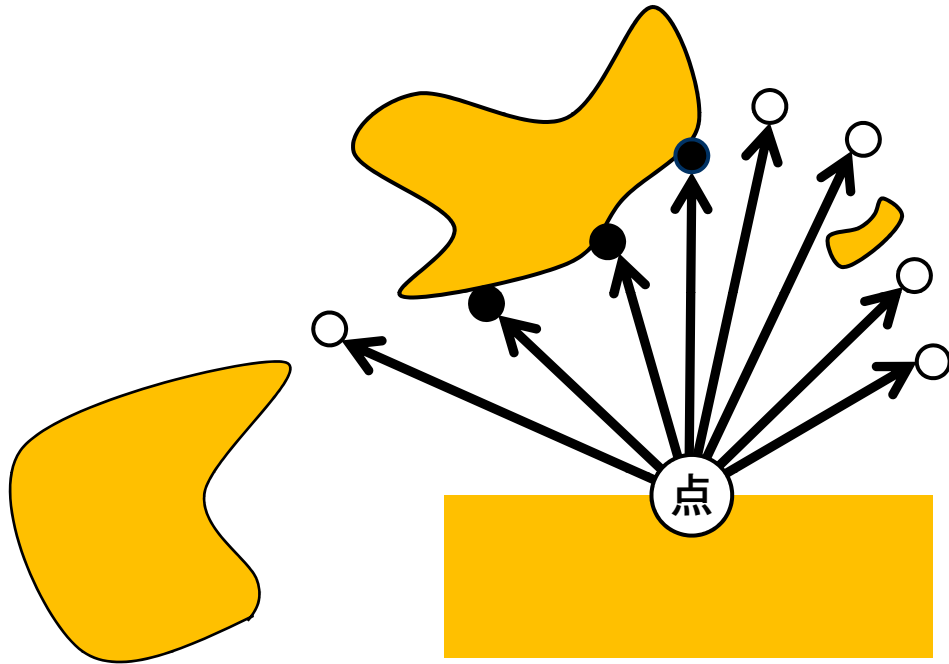
低周波成分(Low Frequency)

遮蔽物を簡単なものに置き換えれば、
高速にアンビエントオクルージョンが計算できるのでは？



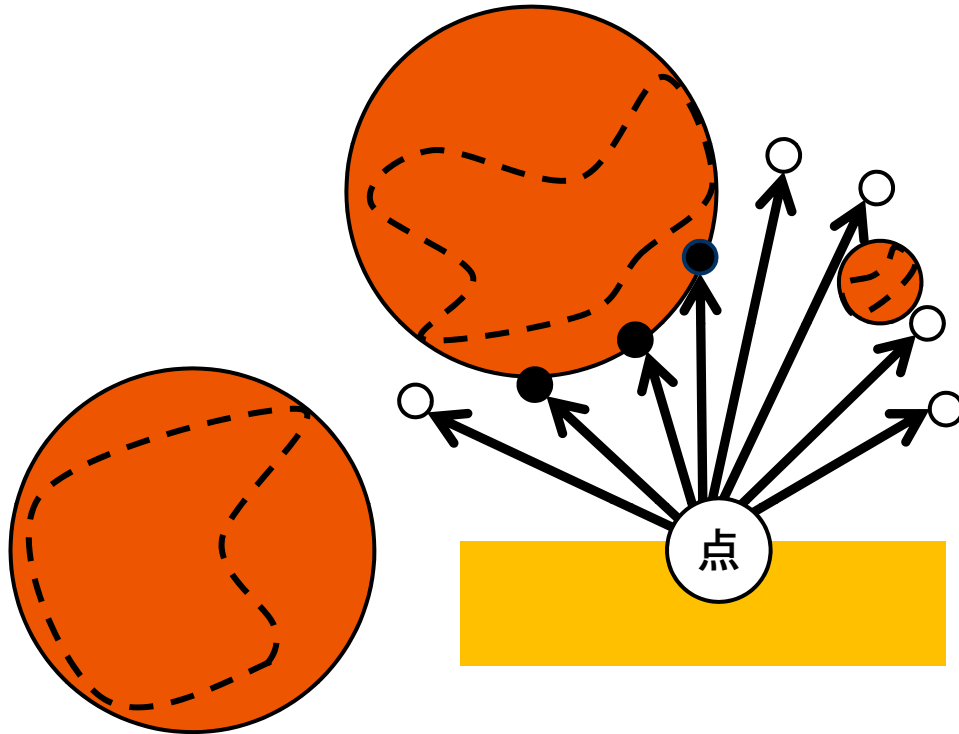
レイトレース法での アンビエントオクルージョンの計算方法

- 点が遮蔽状態をレイトレースを用いて判断する



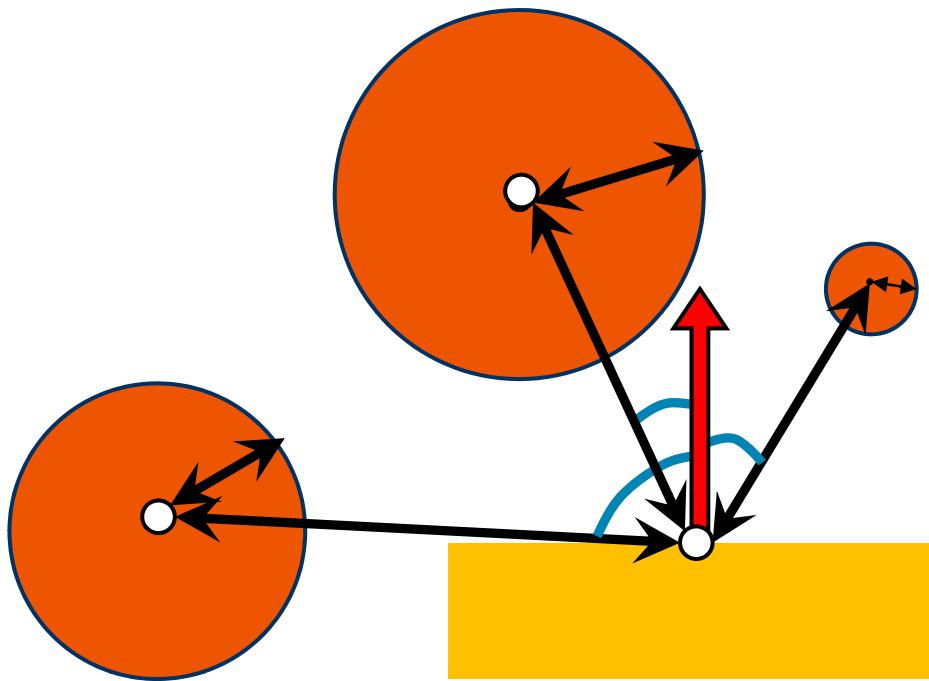
仮にすべての遮蔽物が球だったら (レイトレースでの結果)

- 遮蔽物の形状を全て球にしても結果は大きく変わらない

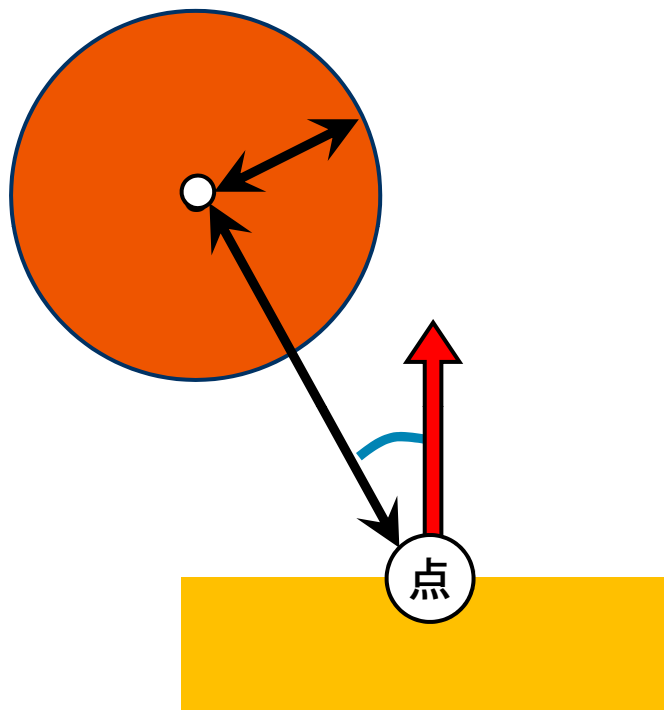


遮蔽球でのアンビエントオクルージョンの近似

- ある点の遮蔽率は点の位置・法線と各遮蔽球の位置・半径から計算可能



遮蔽球でのアンビエントオクルージョン近似



□ レイトレースを行わなくても

✓ 点の位置

✓ 点の法線

✓ 遮蔽球の位置

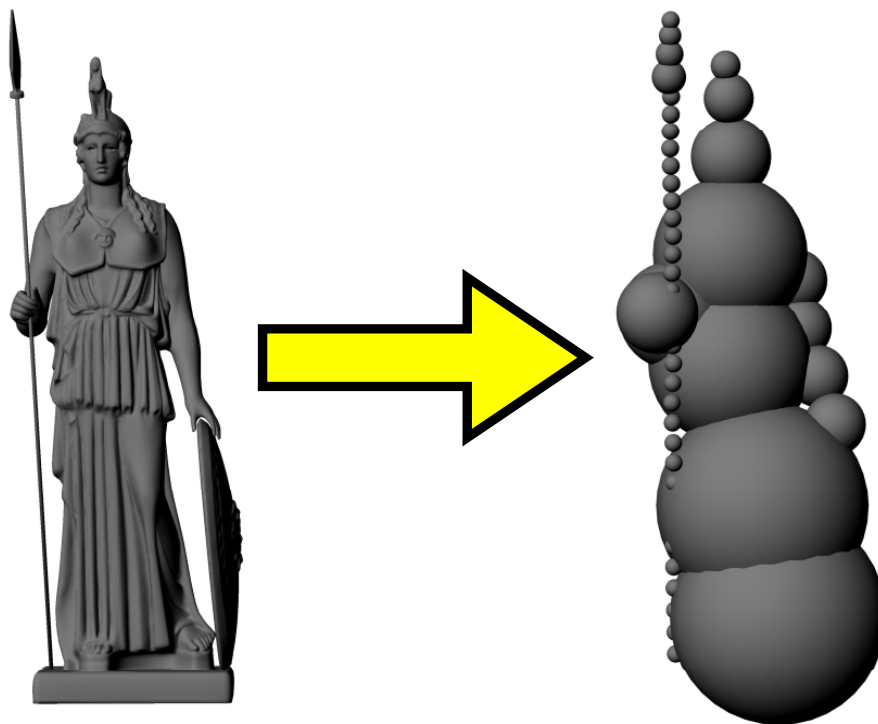
✓ 遮蔽球の半径

からその点の遮蔽率を計算できる

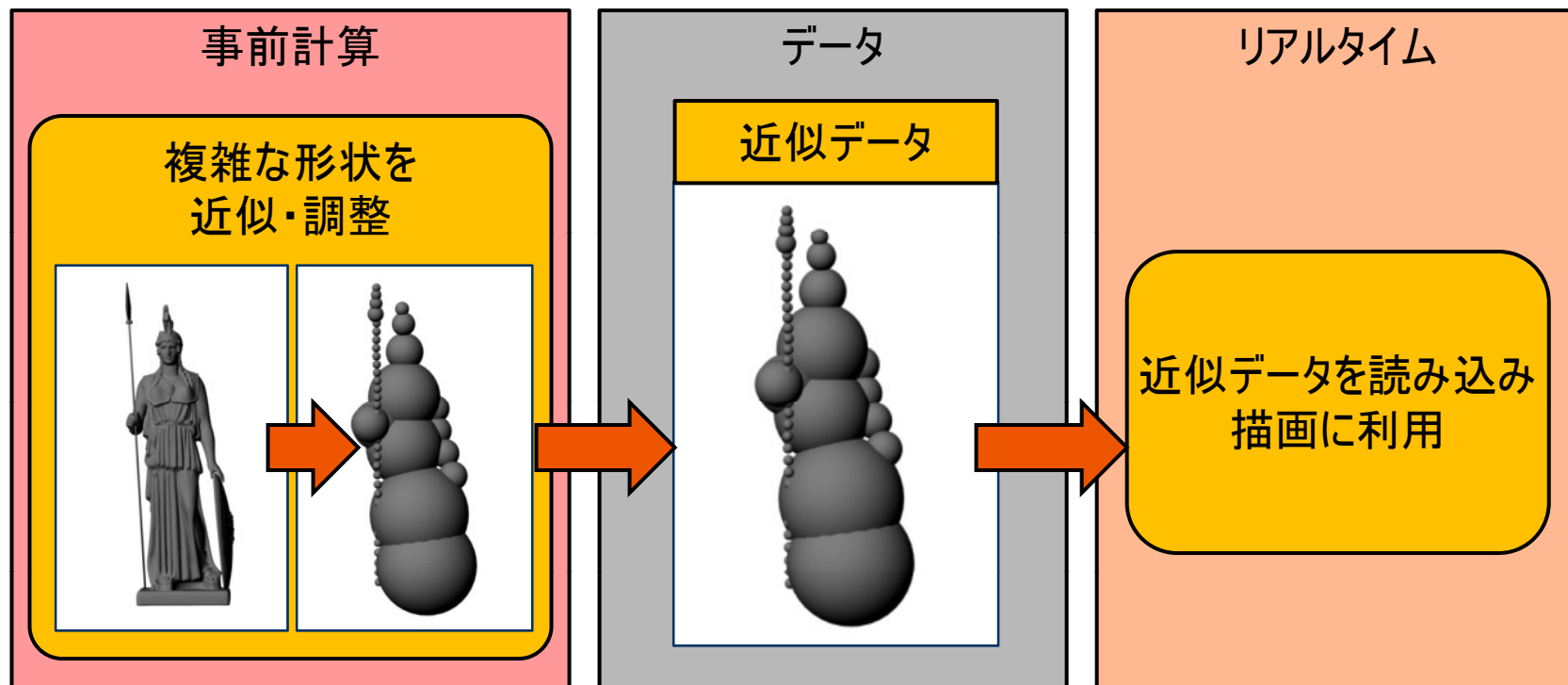
□ 高速に計算することが可能

近似による低周波アンビエントオクルージョン

- 細かい形状を簡易形状に変換できれば
リアルタイムにアンビエントオクルージョン計算が可能
- 様々な近似方法が毎年発表されている



近似計算結果の利用方法



近似による低周波アンビエントオクルージョン 良い点、悪い点



良い点

動的に変化するレベルに対応

リアルタイムでのメモリ負荷を軽減

アンビエントオクルージョンの
事前時間が不要



悪い点

アンビエントオクルージョンの
高周波成分を表現できない

シーンの状態によって
遮蔽球の数が増減し
描画負荷が一定にならない

遮蔽球の事前計算が必要

実践②

低周波アンビエントオクルージョンのコンテンツ作成ツールへの統合

- 今回紹介している低周波アンビエントオクルージョン手法は
CgFxシェーダで作成可能
 - ✓ 複数のコンテンツ作成ツールでの共有
 - ✓ 既存のコンテンツ作成パイプラインへの統合が容易

高周波アンビエントオクルージョンの 高速化

近似による低周波アンビエントオクルージョンの悪い点を克服



悪い点

アンビエントオクルージョンの高周波成分を表現できない

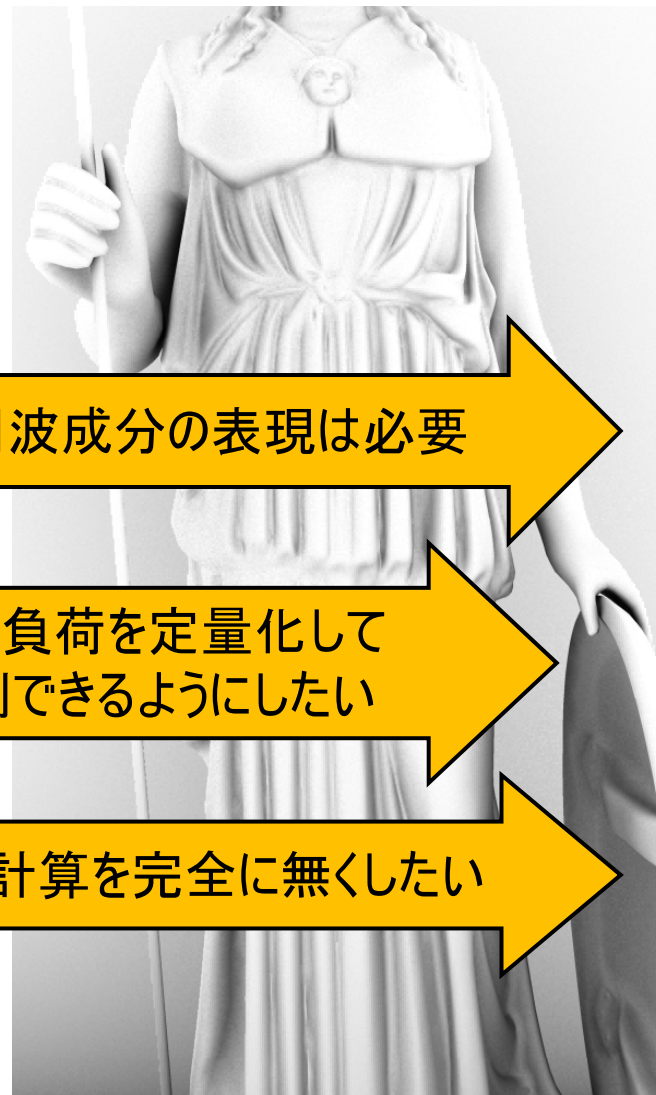
高周波成分の表現は必要

シーンの状態によって遮蔽球の数が増減し描画負荷が一定にならない

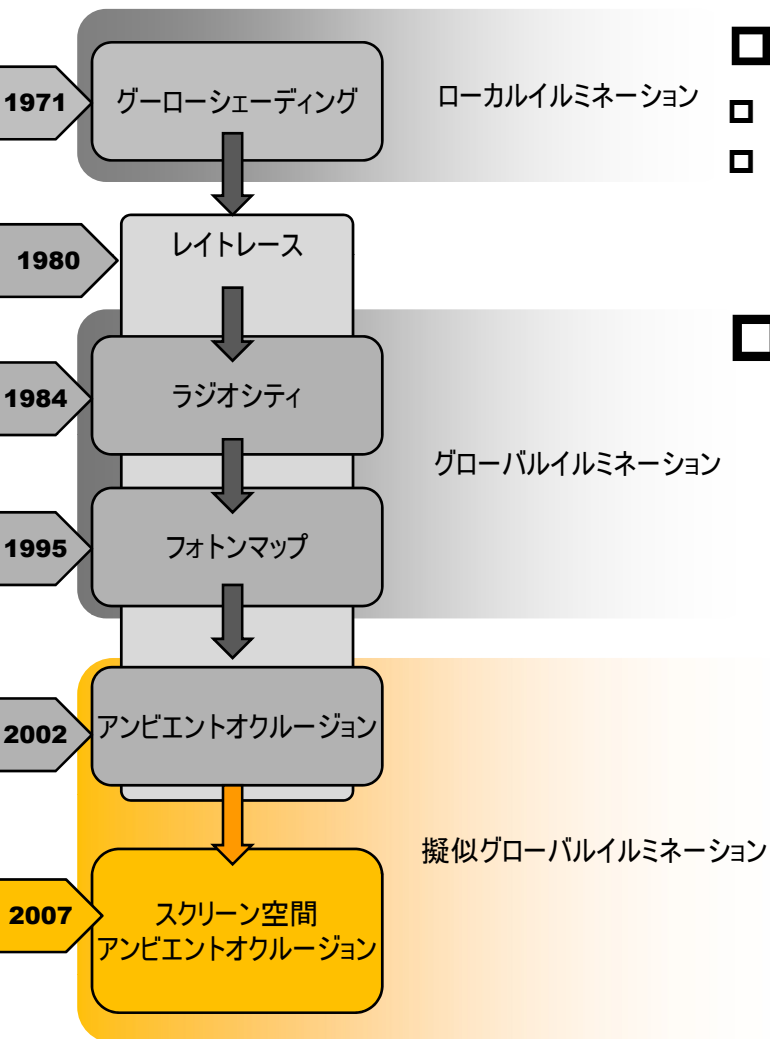
処理負荷を定量化して予測できるようにしたい

遮蔽球の事前計算が必要

事前計算を完全に無くしたい



スクリーン空間アンビエントオクルージョン

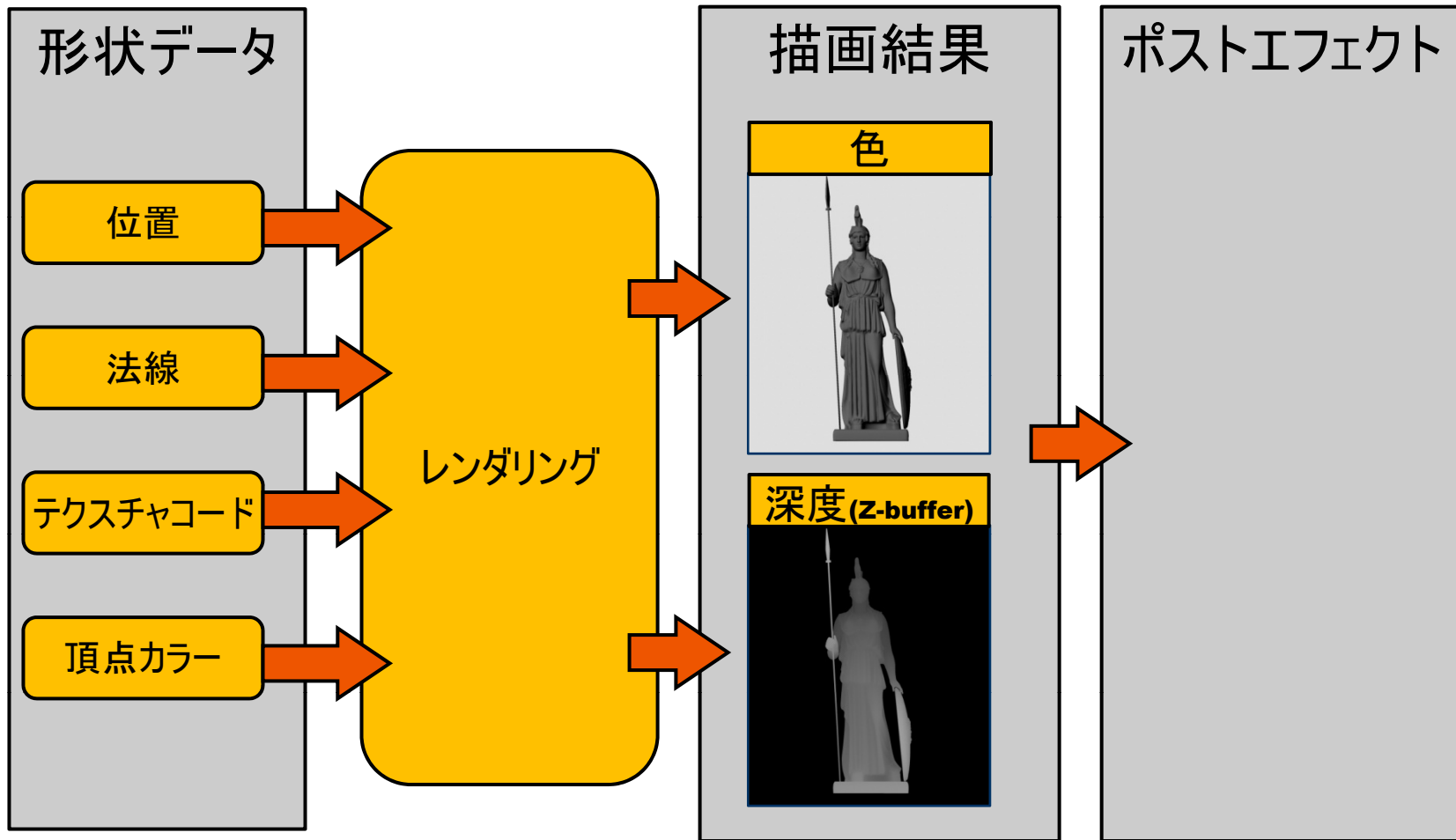


❑ Finding Next Gen CryEngine2

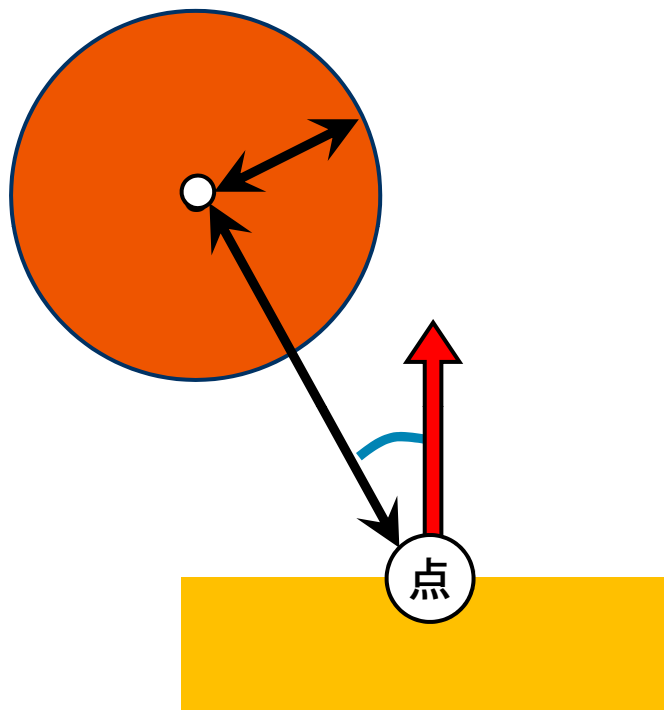
- ❑ Martion Mittring
- ❑ Lead Graphics Programmer, Cryteck GmbH

❑ ポストエフェクトによるアンビエントオクルージョン

既存のハードウェア描画



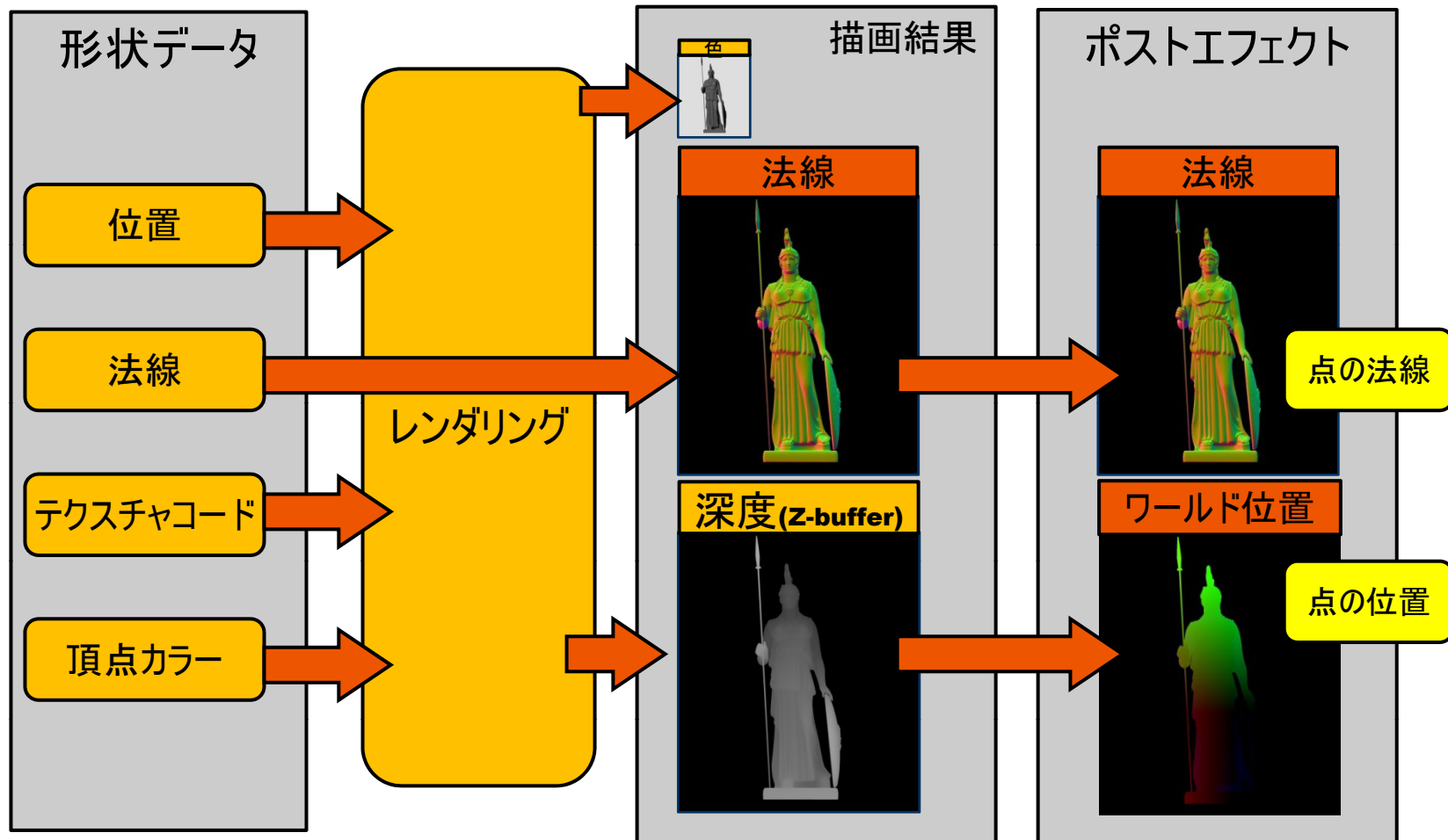
遮蔽球でのアンビエントオクルージョン近似



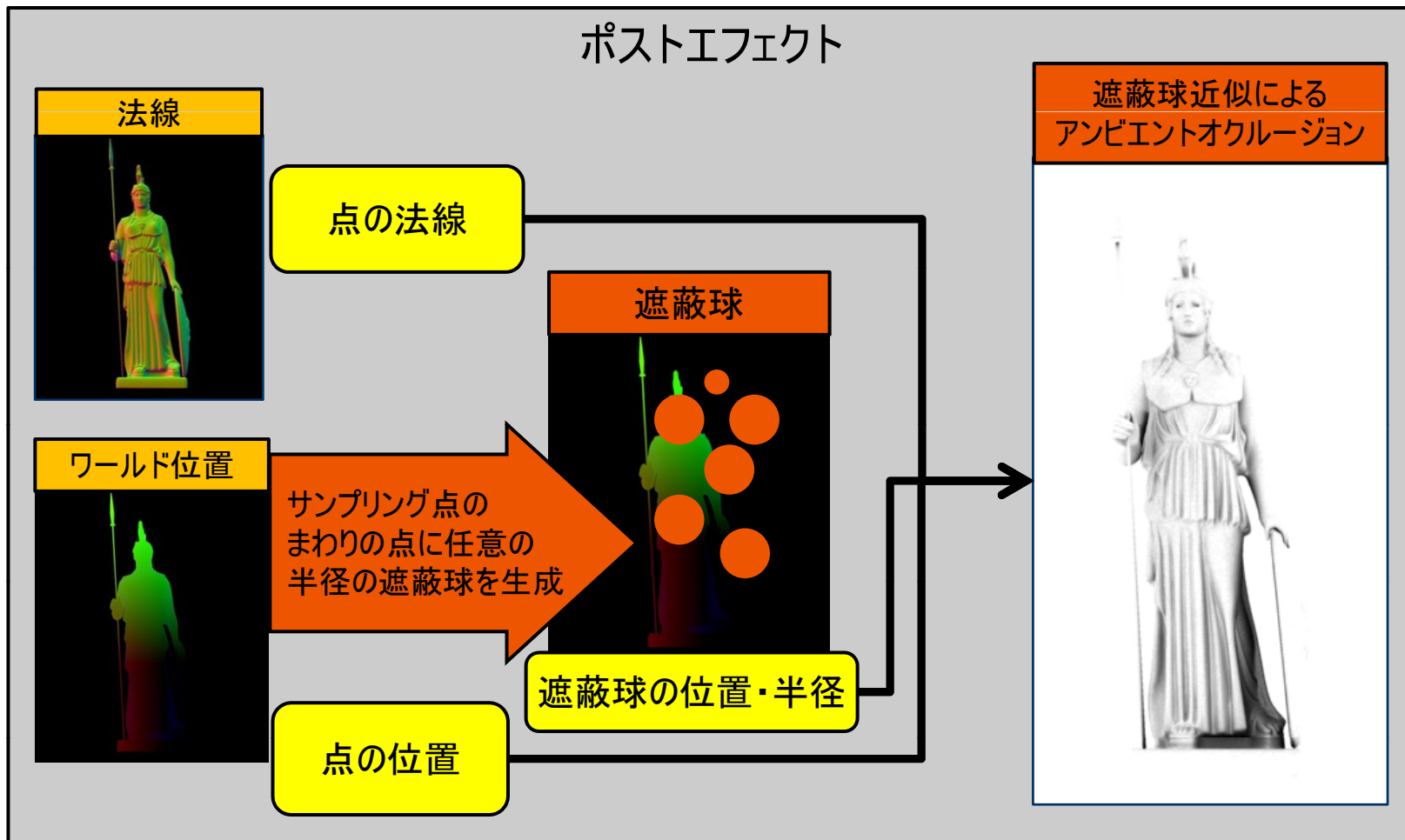
- 点の位置
- 点の法線
- 遮蔽球の位置
- 遮蔽球の半径

- 上記4項目が存在すれば
遮蔽率を高速に割り出せる

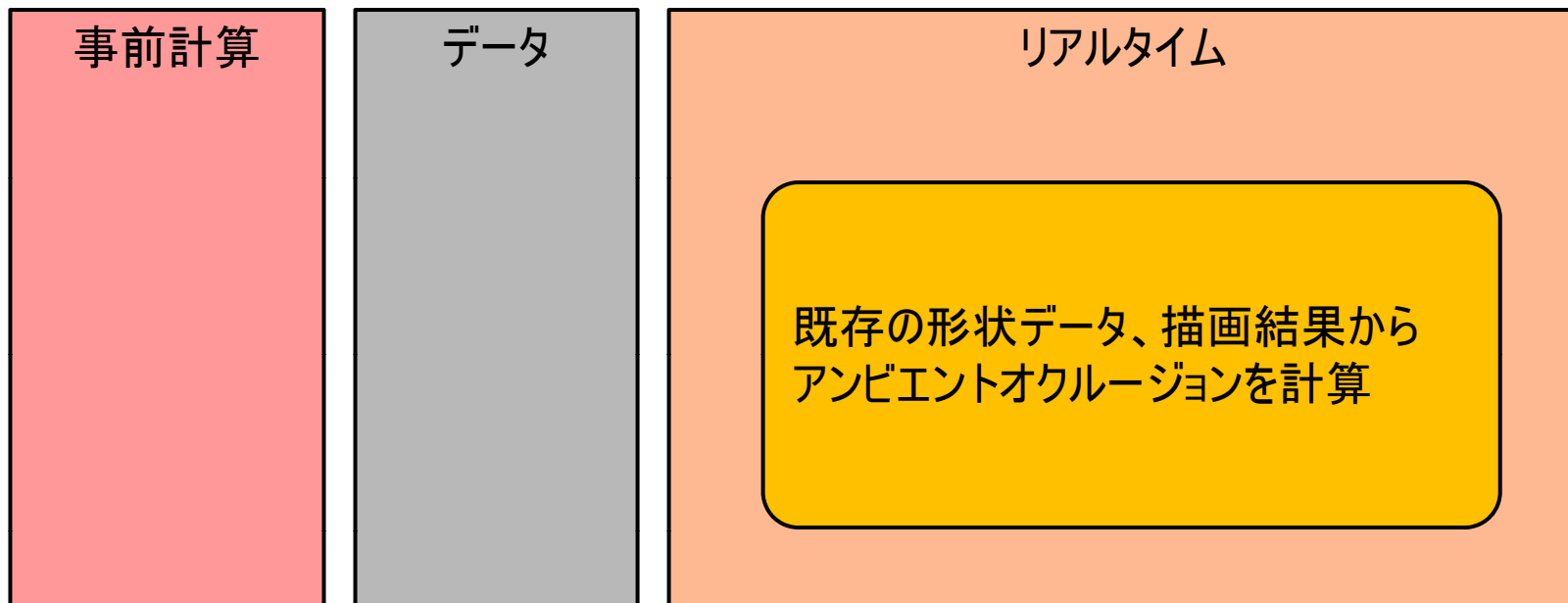
遮蔽球でのアンビエントオクルージョン近似に必要な情報をハードウェア描画から抽出



ポストエフェクトでのアンビエントオクルージョン



ポストエフェクトによるアンビエントオクルージョン



ポストエフェクトによるアンビエントオクルージョン 良い点、悪い点



良い点

アンビエントオクルージョンの
高周波成分を表現可能

どんなシーンの状態で
描画負荷が一定

すべての事前計算が不要



悪い点

正確さという面では
かなりあやしい

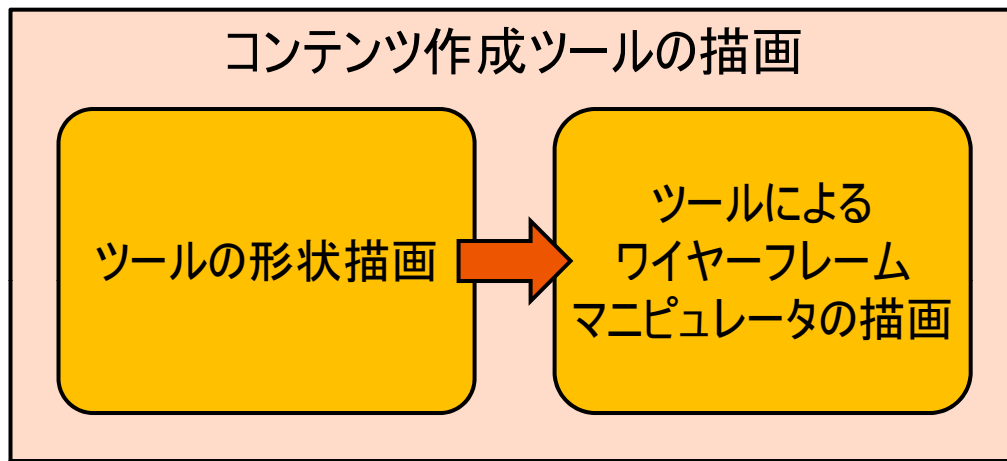
実践③

ポストエフェクトによるアンビエントオクルージョン コンテンツ作成ツールへの統合

□ 各種統合方法

- ① 完全な描画処理の上書き
- ② ハードウェアシェーダを使用した一部描画処理の上書き
- ③ コールバックとマルチパス描画を組み合わせた統合

コンテンツ作成ツールの描画



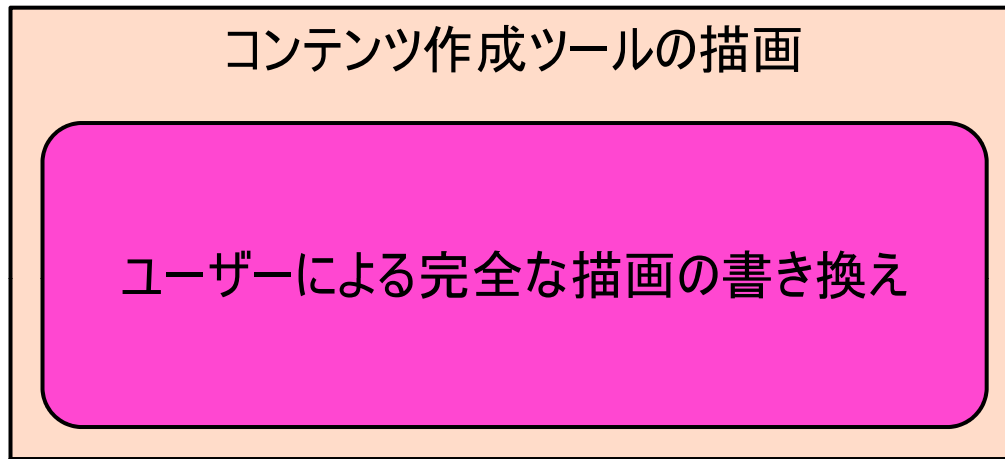
□ ツールの形状描画

✓ シェーディング、テクスチャ、ハードウェアシェーダなど

□ ツールのワイヤースケッチ、マニピュレータなどの編集補助オブジェクト描画

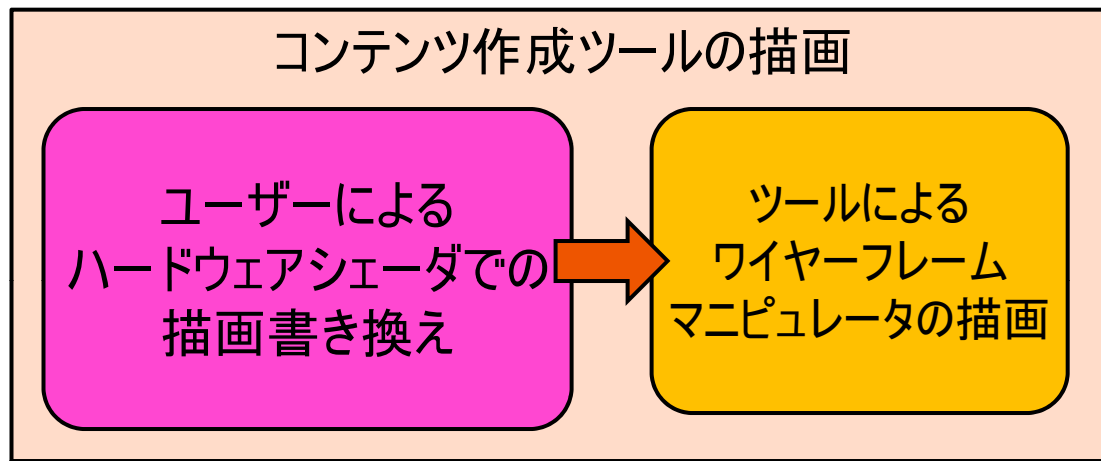
に分けられる

①完全な描画処理の上書き



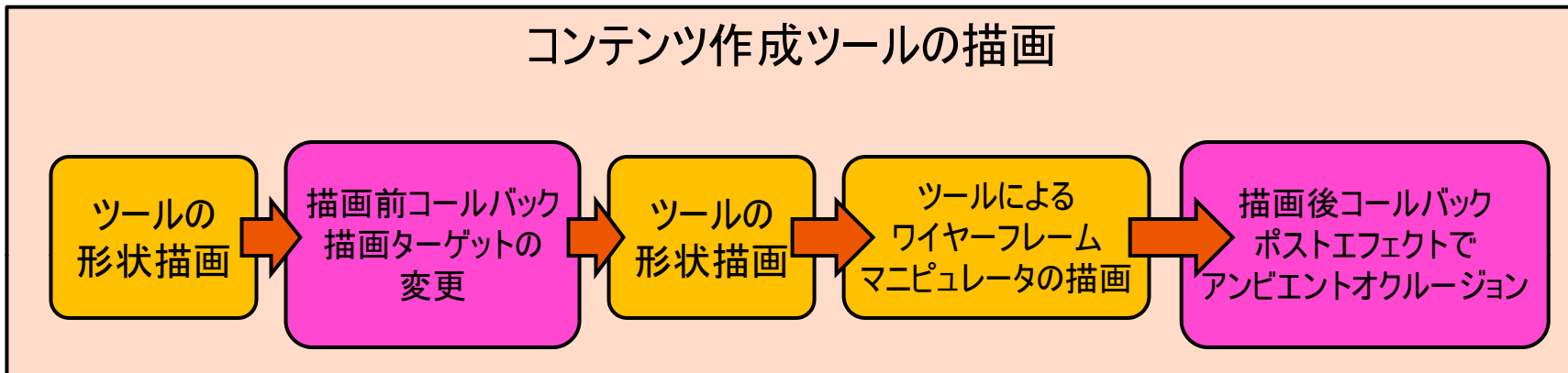
- 制約の無い自由な描画が追加可能
- ツールの形状描画が利用できない
 - ✓ シェーディング、テクスチャ、ハードウェアシェーダなど
- ワイヤースケルトン、マニピュレータなどの編集補助オブジェクトも独自の描画する必要がある

② ハードウェアシェーダを使用した 一部描画処理の上書き



- マテリアルとして感覚的に扱いやすい
- ワイヤースケーム、マニピュレータなどの編集補助オブジェクトの描画が不要
- ツールの形状描画が利用できない
 - ✓ 既存のハードウェアシェーダを拡張すれば一部可能

③コールバックとマルチパス描画を組み合わせた統合



- ツールの形状描画が利用できる
- ワイヤーフレームやマニピュレータなどの補助オブジェクトの描画も不要

アンビエントオクルージョン理論と実践 まとめ

- アンビエントオクルージョンは現場から生まれた、
光の物理特性を追求するよりも、
最終的に欲しい結果を得るための手法
- 多数の高速化手法が日々提案されている
- 手法によって良い点、悪い点があり
コンテンツ作成ツールへの統合方法も様々
- 作成するコンテンツによってもっとも良い手法、
統合方法を選択しましょう