

The background features a dark, textured surface with several curved, metallic-looking bands that appear to be part of a larger, complex structure. The bands are rendered with a high level of detail, showing reflections and shadows that give them a three-dimensional appearance. The overall aesthetic is futuristic and technical.

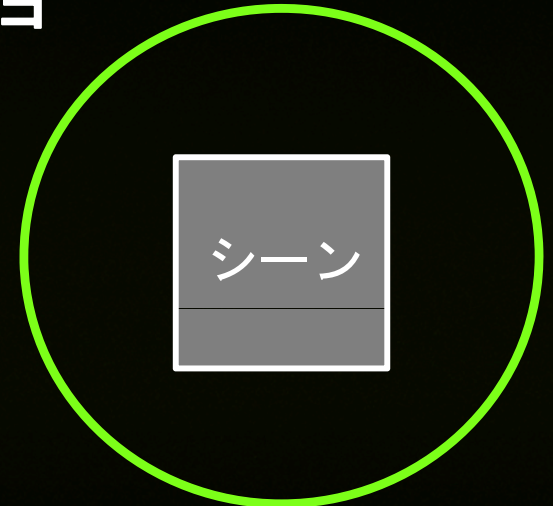
Image-Space Horizon- Based Ambient Occlusion

Bryan Dudash



空からの光

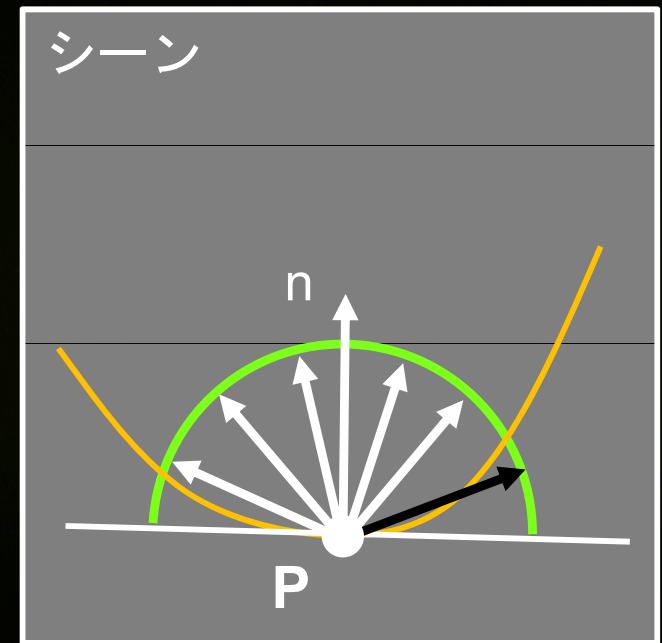
- 最も簡単なアンビエントオクルージョン (AO)
- 光源 = 空 (球体光源)
- AO – 二つの定義
 - AO = 空の照明による拡散光 [Landis 02] [Christensen 03]
 - AO = 空の照明による影 (sky illumination) [Pharr and Green 04] [Hegeman et al. 06]
- ただ、屋外のシーンに限られている



球体光源

アンビエントオクルージョン

- **光源 = ローカルな半球**
 - 現在の面上の点を中心に
 - 半径 = ユーザー設定
- レイトレーシングにより、描画できる
[Gelato] [Mental Ray]



ローカルな球体光源

アンビエントオクルージョン



- 深さ、曲面性、距離感をモデルに与えるのが特徴



AOなし



AOあり

スクリーン空間上のアンビエントオクリージョン

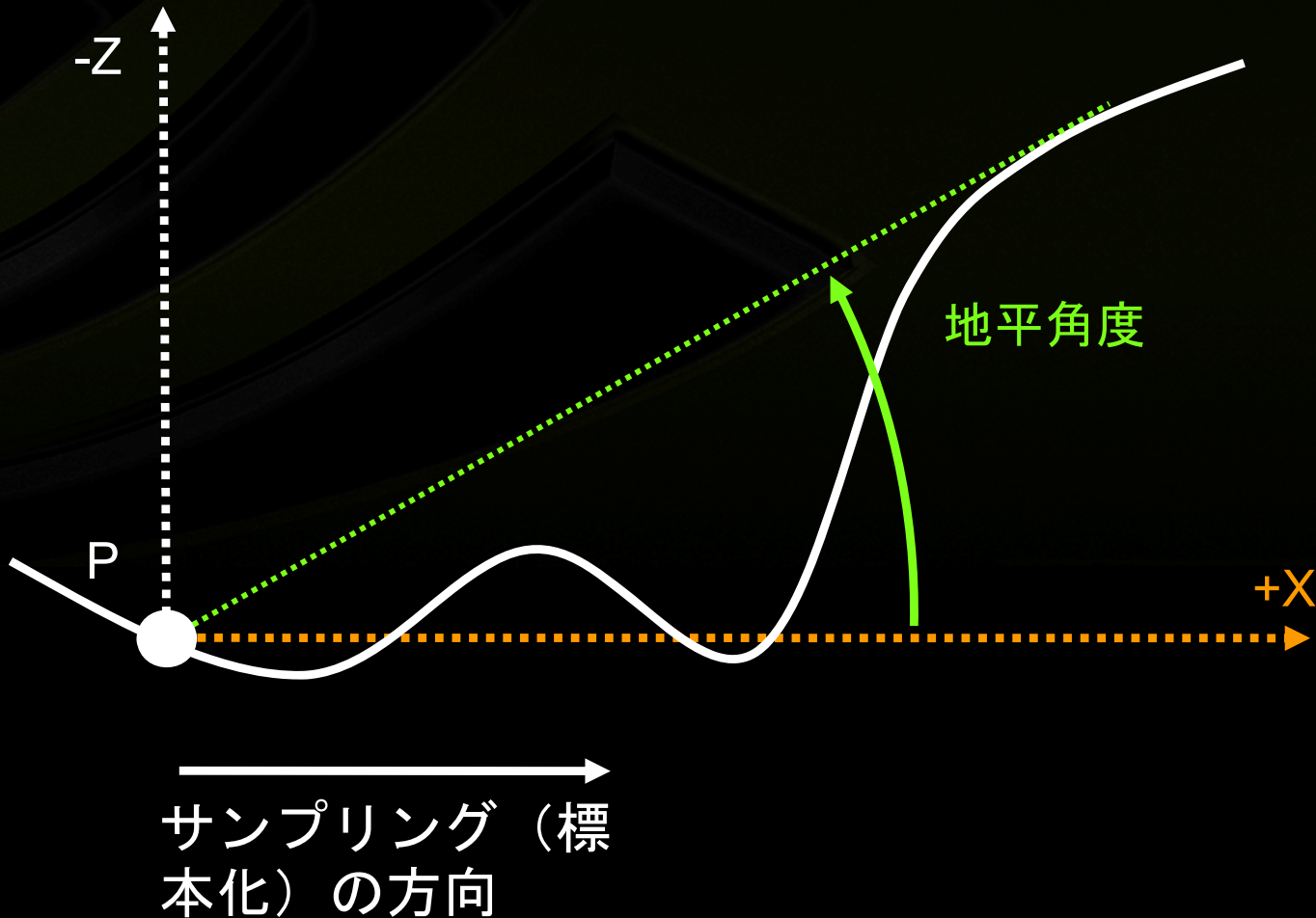


- 下記の報告にはじめて紹介された
 - [Shanmugam and Orikan 07]
 - [Mittring 07] [Fox and Compton 08]
- 入力 = Z-バッファ + 法線
 - ダイナミックなシーンを対象に、前処理なしでAOの近似値が描画できる
- Z-Buffer = ハイトフィールド
 - $z = f(x,y)$



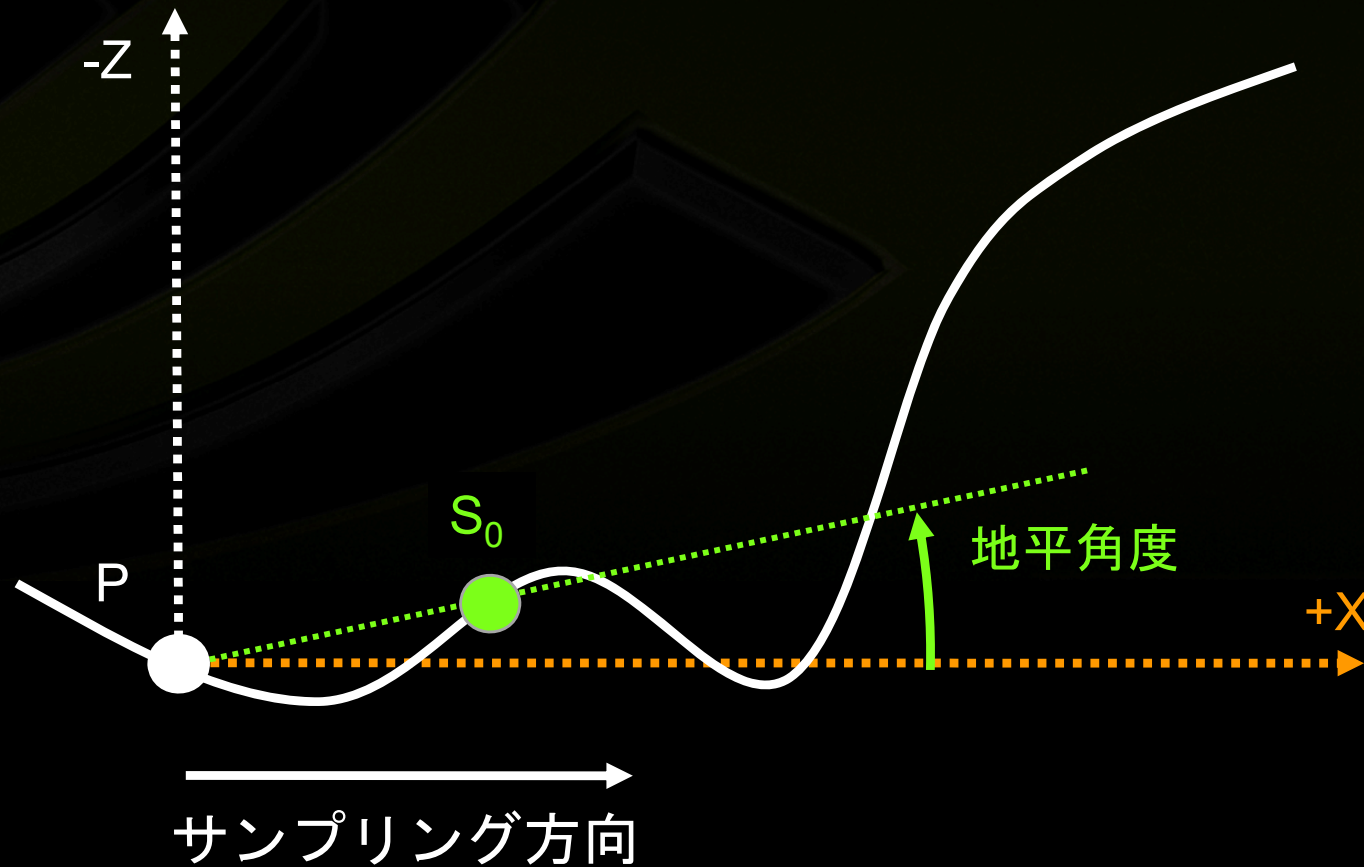
地平のマッピング[Max 86]

- 1次元のハイトフィールドだと



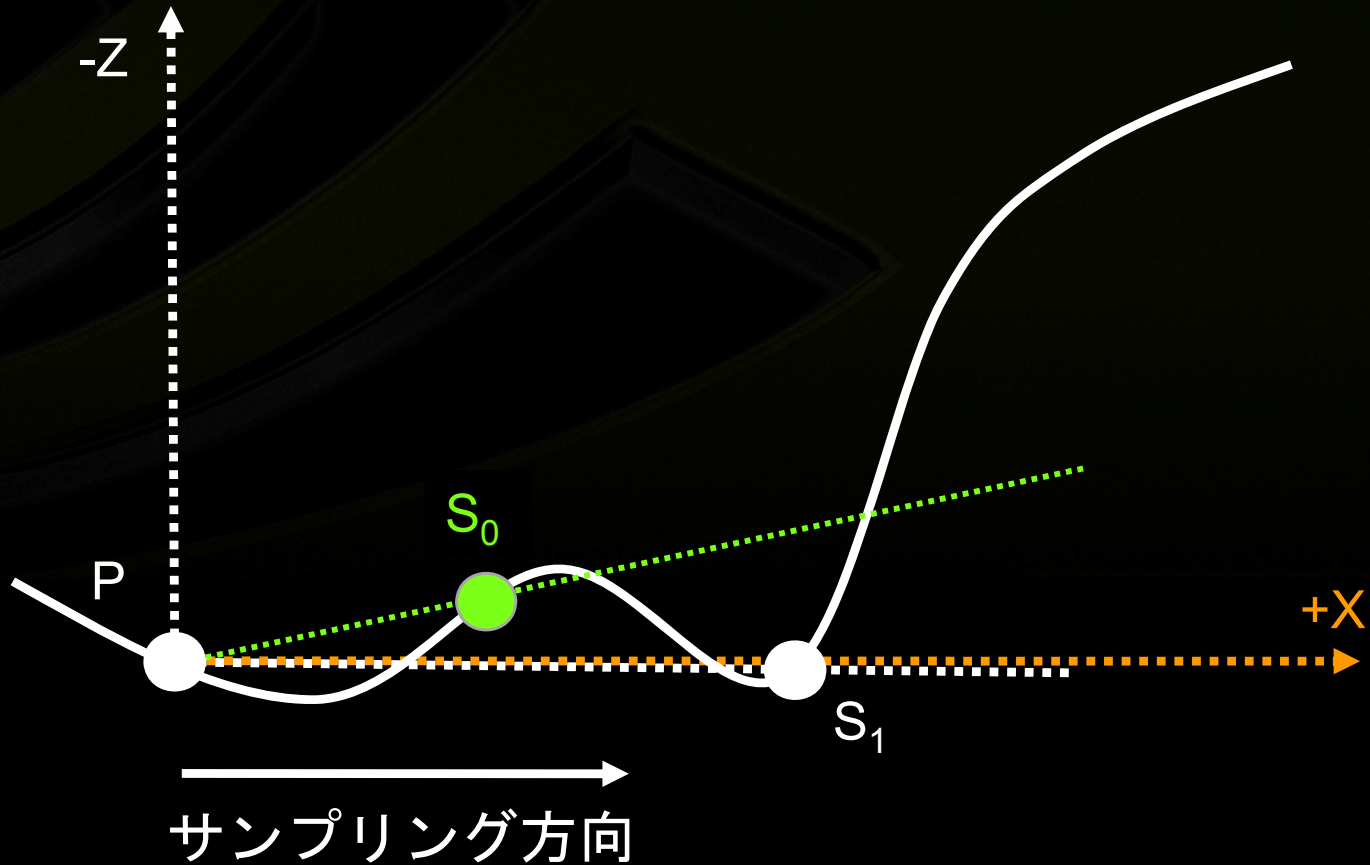
地平を検出する

- ハイットフィールドのマーチング



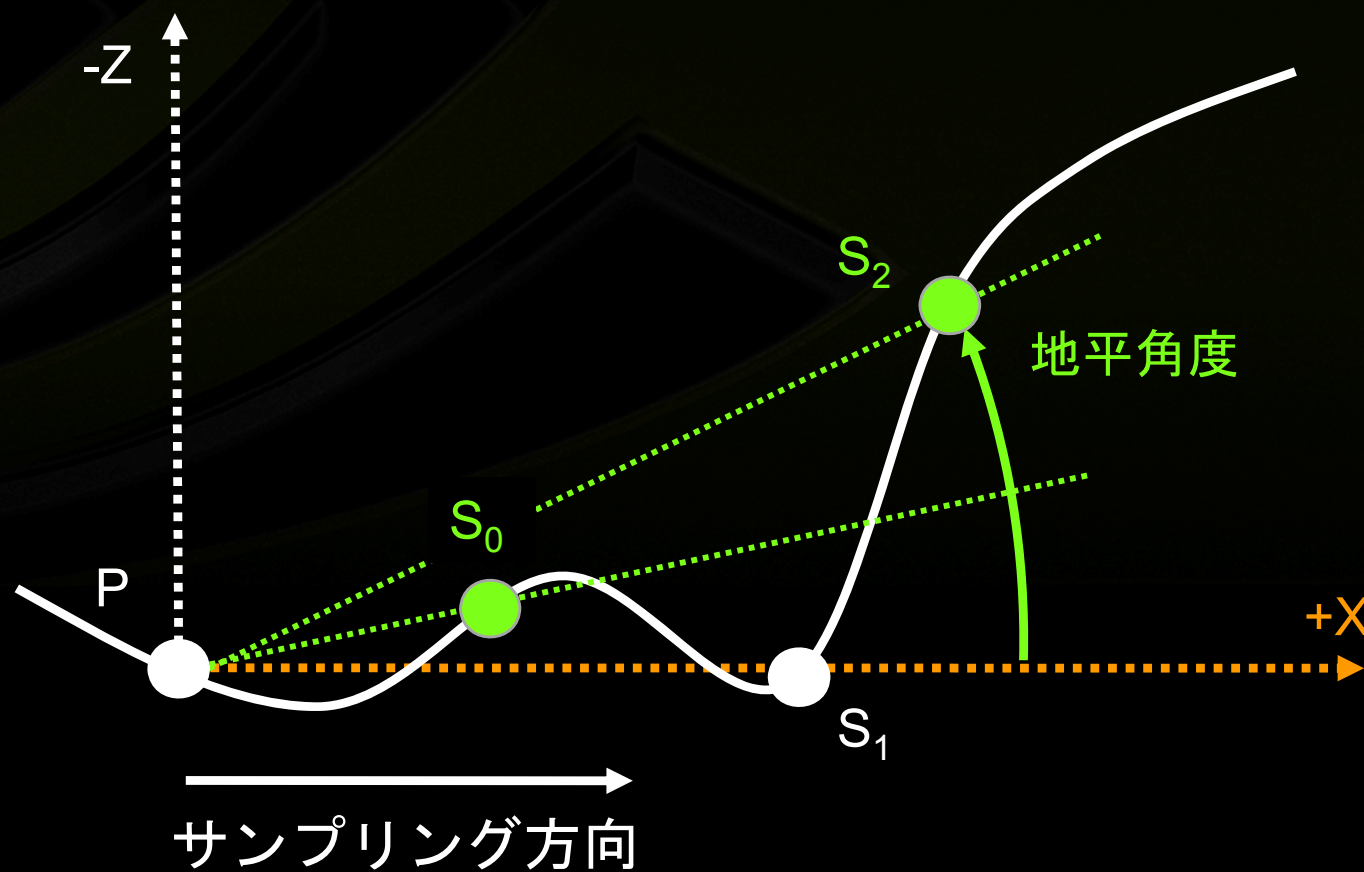
地平を検出する

- ハイフィールドのマーチング



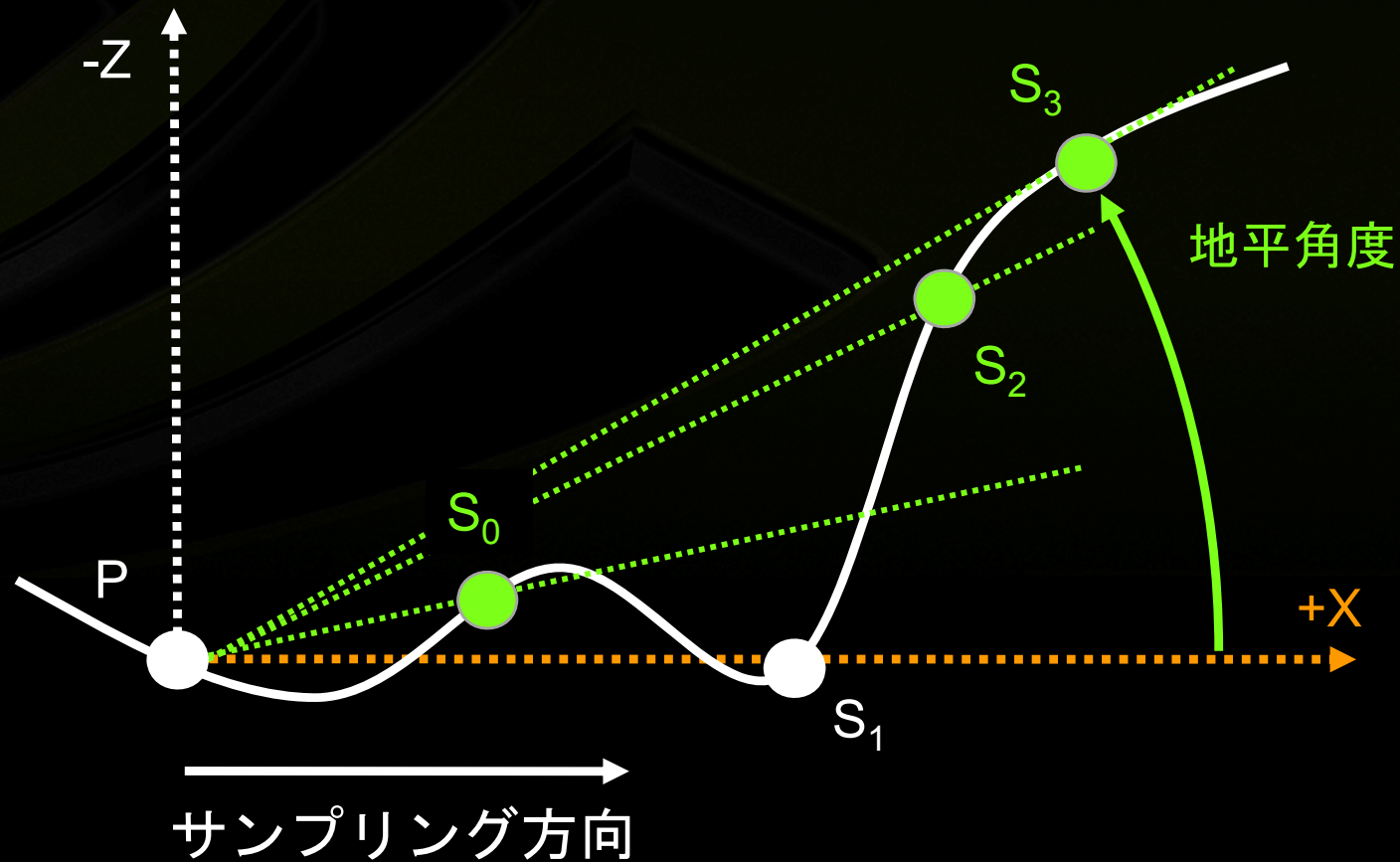
地平を検出する

- ハイットフィールドのマーチング



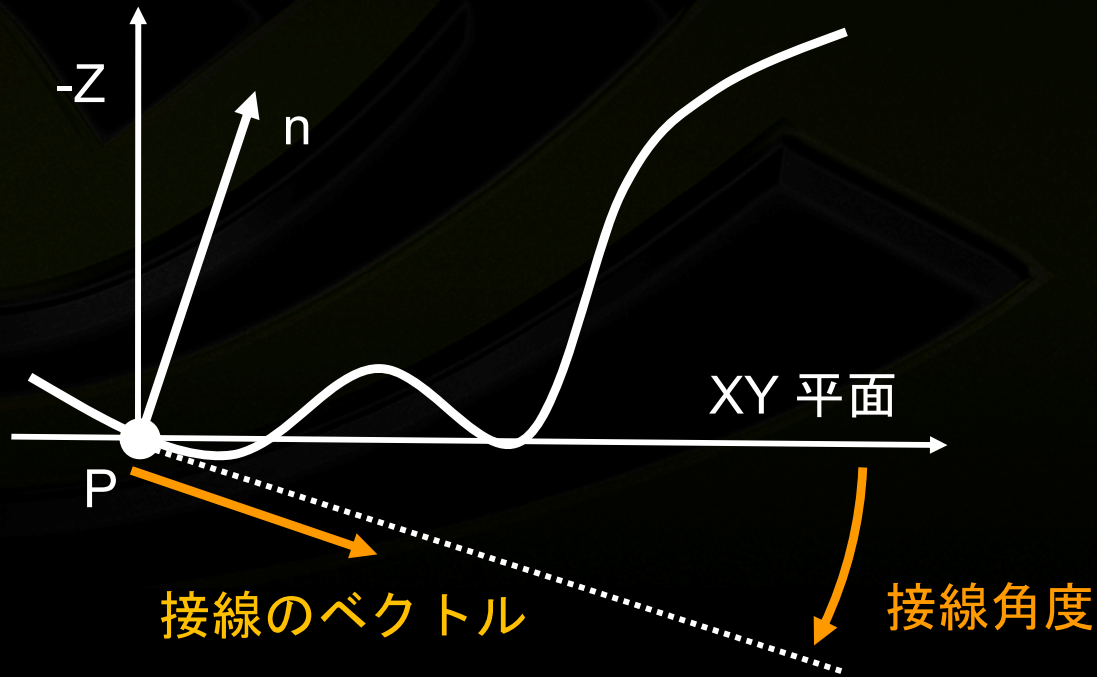
地平を検出する

- ハイットフィールドのマーチング

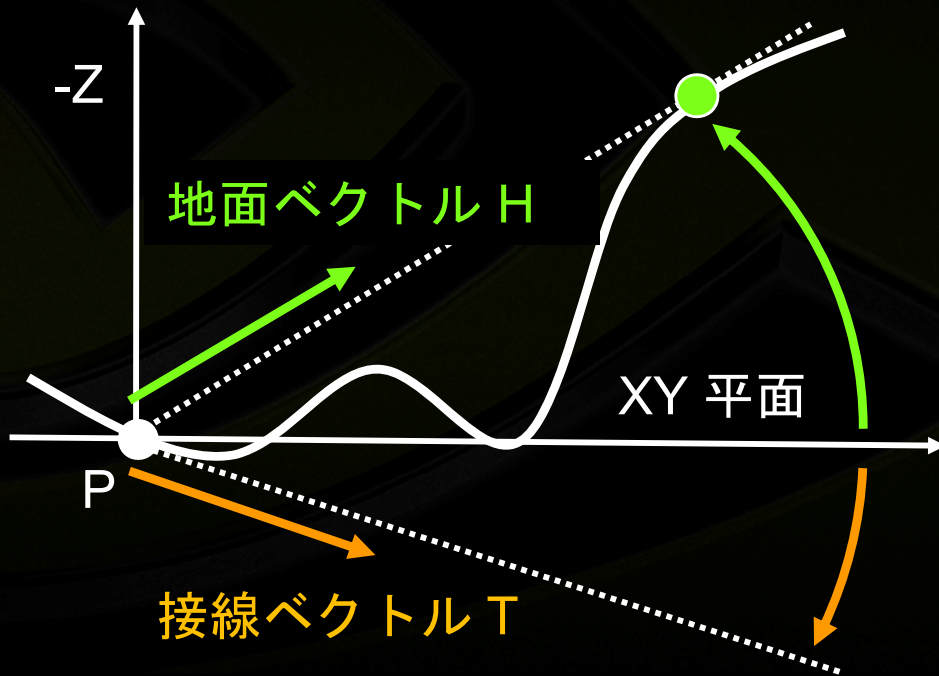


接線の平面

- 点 (P) と P の法線 (n) だと



地面ベースのアンビエントオクルージョン



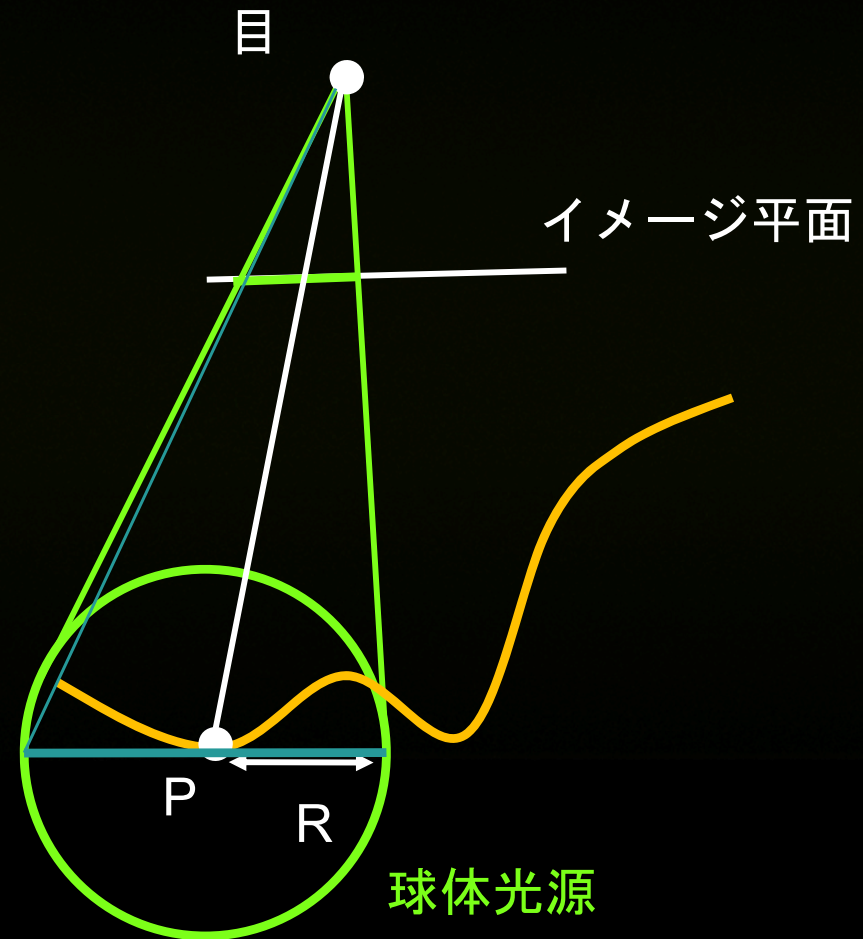
地面角度 $[-\pi/2, \pi/2]$
 $h(H) = \text{atan}(H.z / \|H.xy\|)$

接線角度 $[-\pi/2, \pi/2]$
 $t(T) = \text{atan}(T.z / \|T.xy\|)$

$$AO = \sin h - \sin t$$

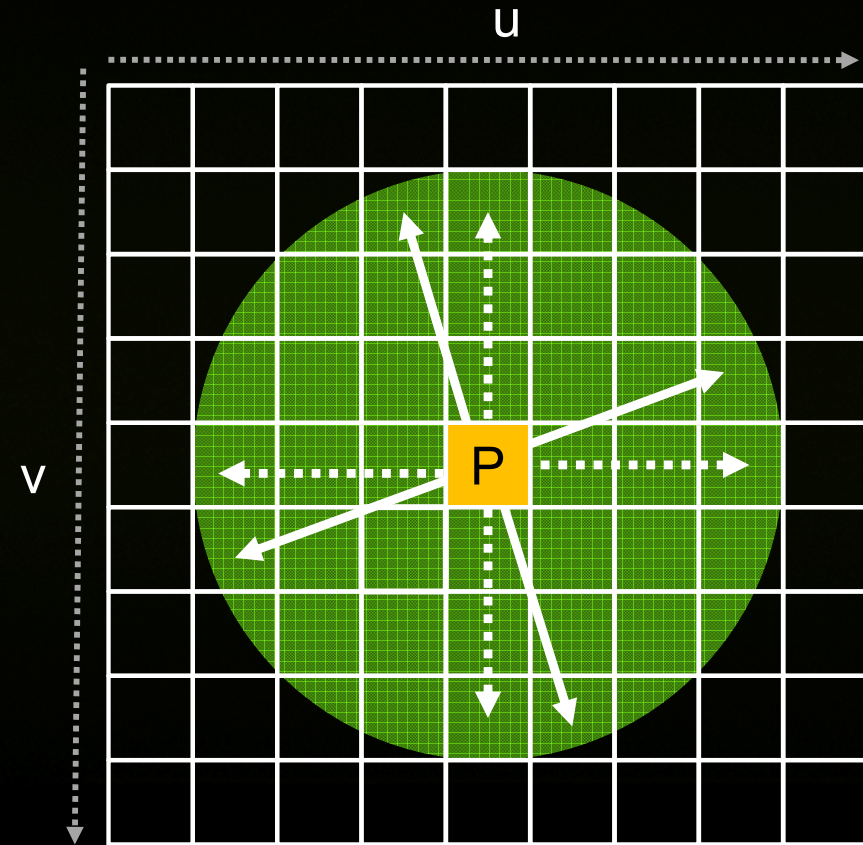
アンビエントオクルージョンの半径

- 目の空間上で定義されたアンビエントオクルージョンの半径
 - シーン = 深さのイメージ
- 光源の球体をテクスチャ空間へと投射する
 - 球体の投射を円で近似化する
 - 円をUV空間に投射する



深さイメージのサンプリング

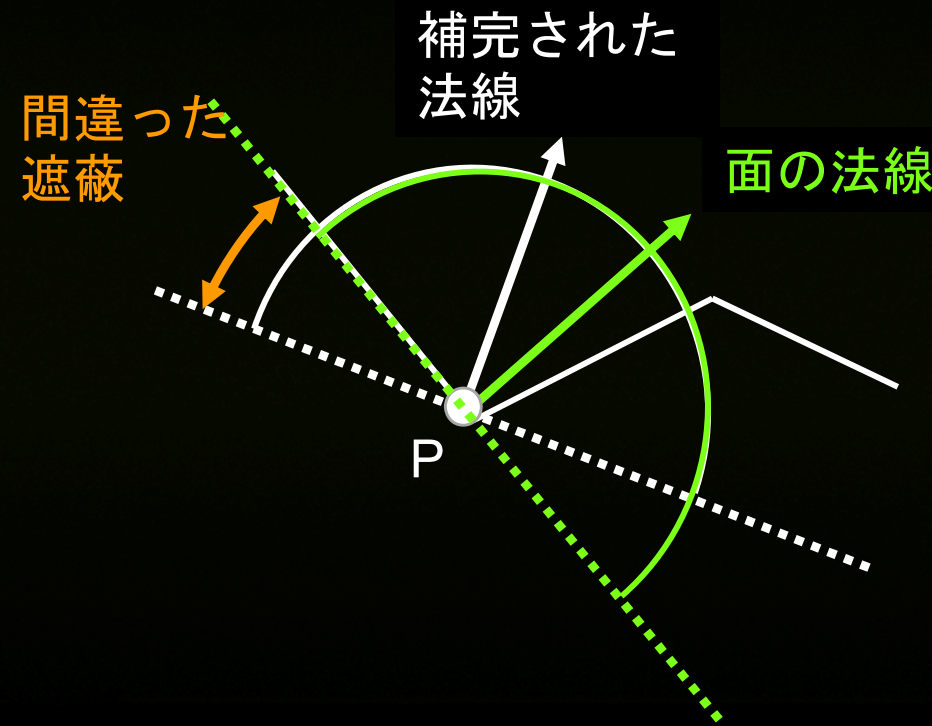
- ピクセル毎の方向が正常分布になっているとする
 - 方向毎のサンプルを固定
- ピクセル毎のランダム化
 - ピクセル毎、方向をランダムに回転させる
 - ランダムなオフセットでサンプルをジッターさせる (ランダム化)



ピクセル毎に4つ方向の例

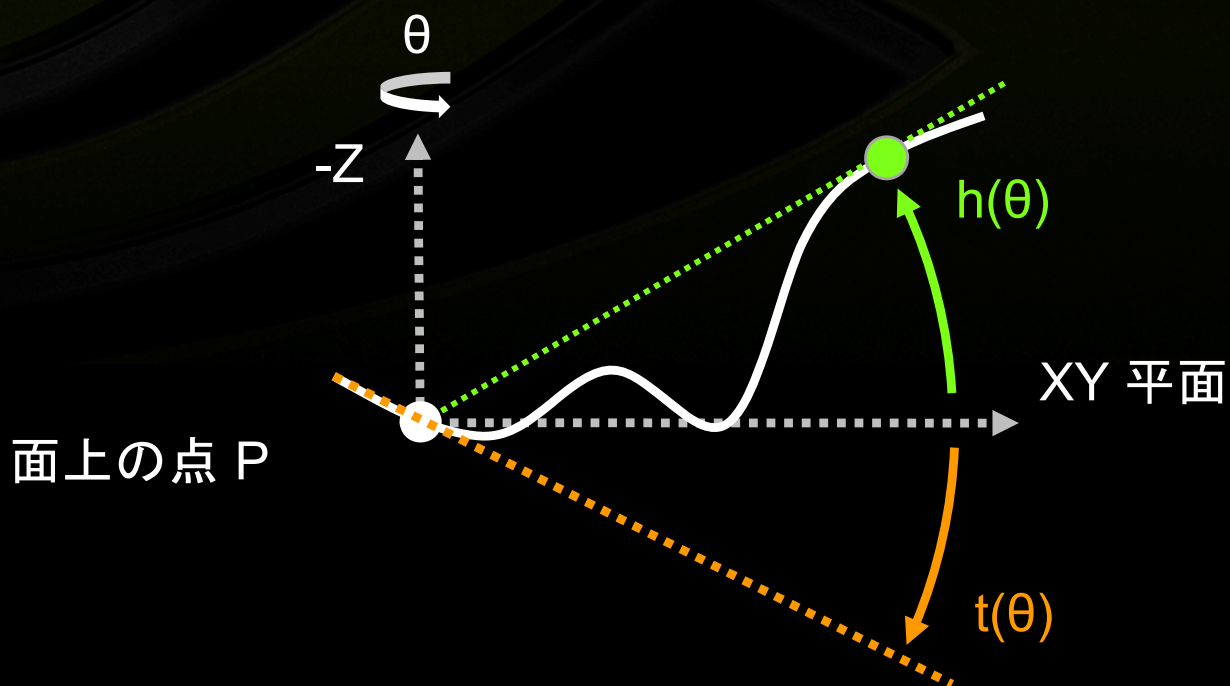
法線

- ピクセル単位で法線を保存する
 - 補完された法線ではない
 - 間違った遮蔽が発生してしまう
 - 面の法線になる
 - ジオメトリのパスで目空間上の座標に対して、`ddx/ddy`命令を利用する

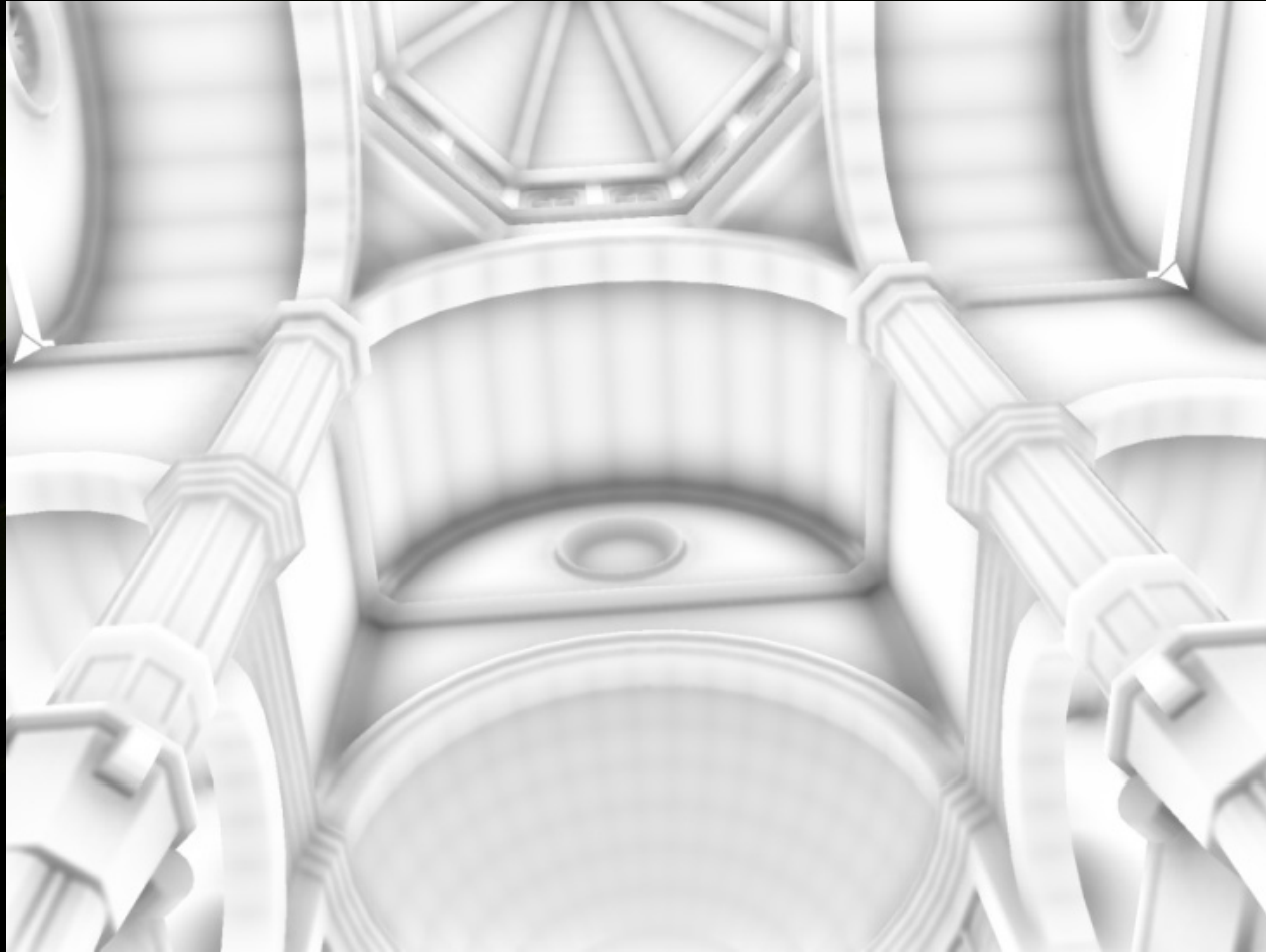


コアなアルゴリズム

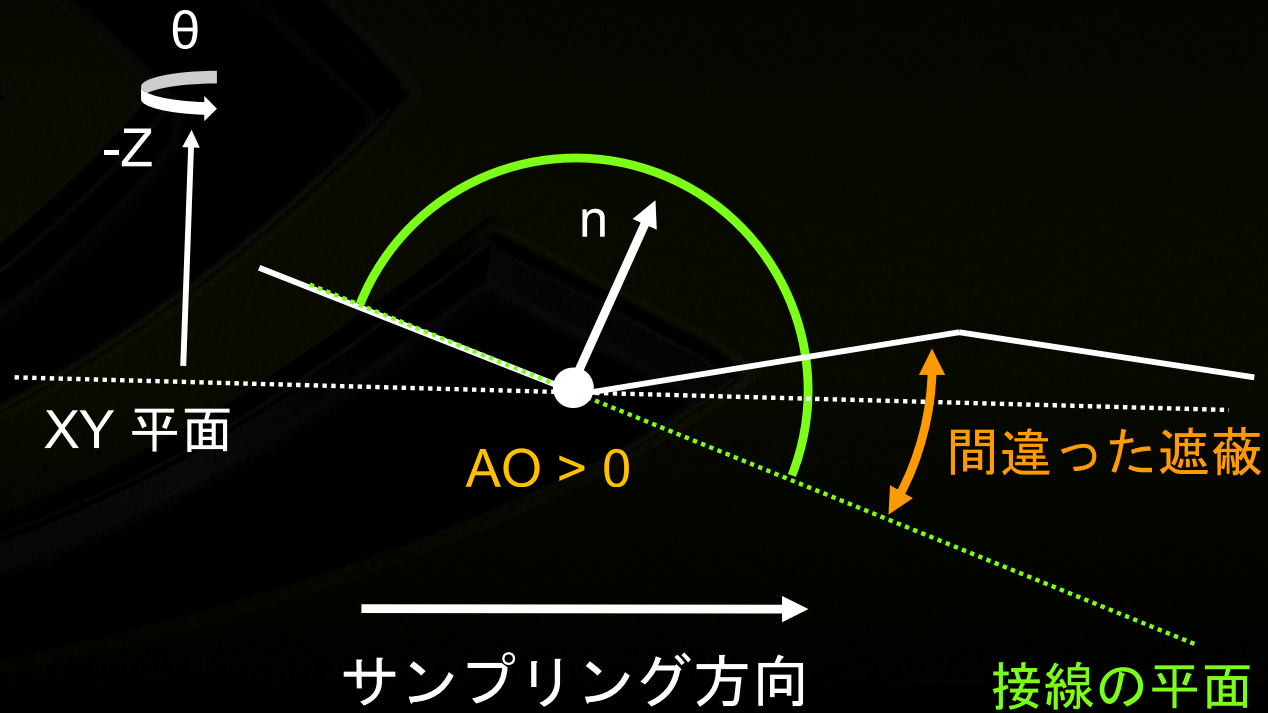
- 2次元上、AOの積分を取る
 - 複数の2次元方向でAOの平均値を取る
 - $AO(\theta) = \sin h(\theta) - \sin t(\theta)$



折り目に見られるアンビエントオクルージョン

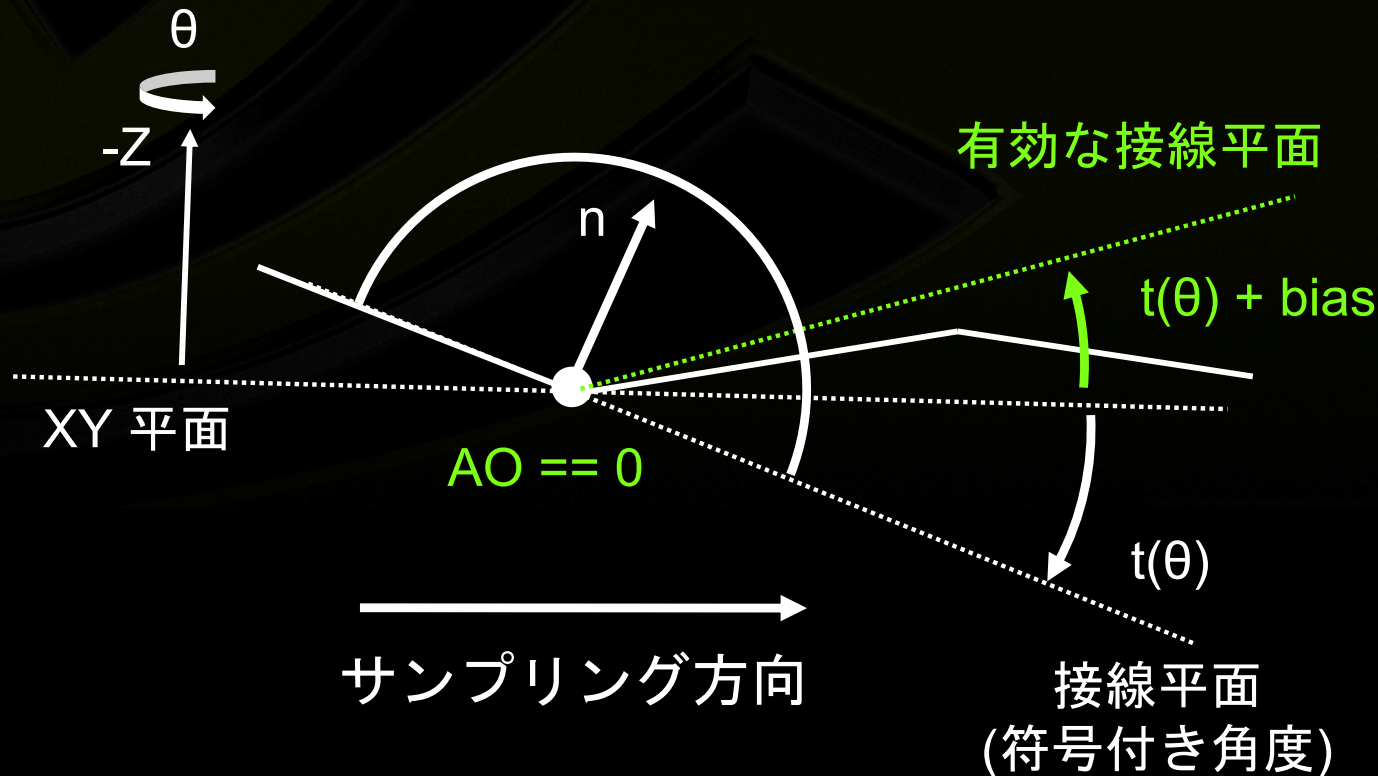


低三角化による問題

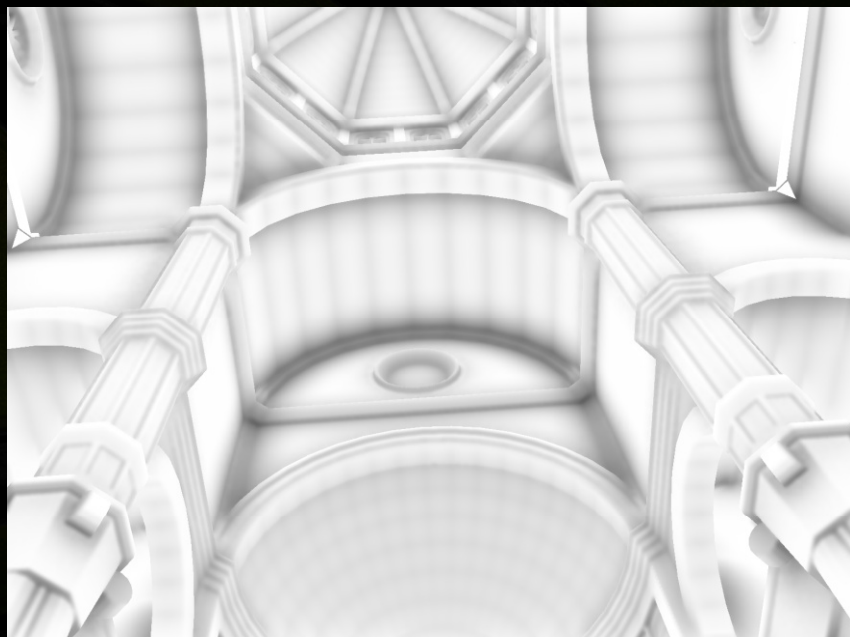


解: 角度のバイアス

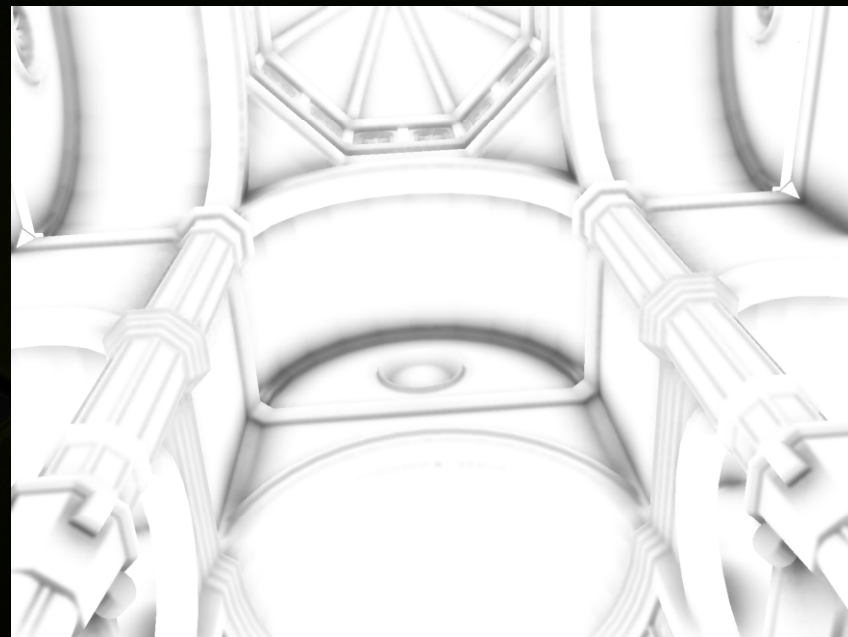
- Mental Rayでの”Spread”パラメーターに似ている
- 接線平面周辺の遮蔽を無視する



角度バイアスの実例



角度バイアスなし



角度バイアスあり= 30度

スクリーン外のサンプリング

- 視錐台外では、シーン情報がない
 - 辺固定と角度バイアスを用いて間違った遮蔽を除外した

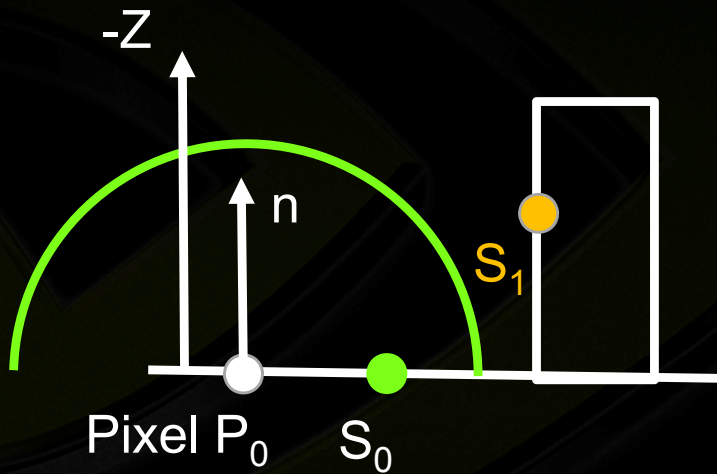


角度バイアス = 0

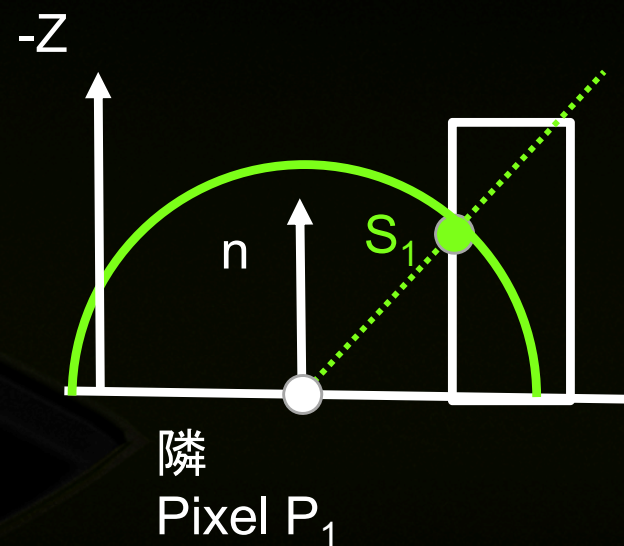


角度バイアス = 30度

非連続性の問題



$$\begin{aligned} AO(P_0) &= \sin h - \sin t \\ &= \sin 0 - \sin 0 = 0 \end{aligned}$$

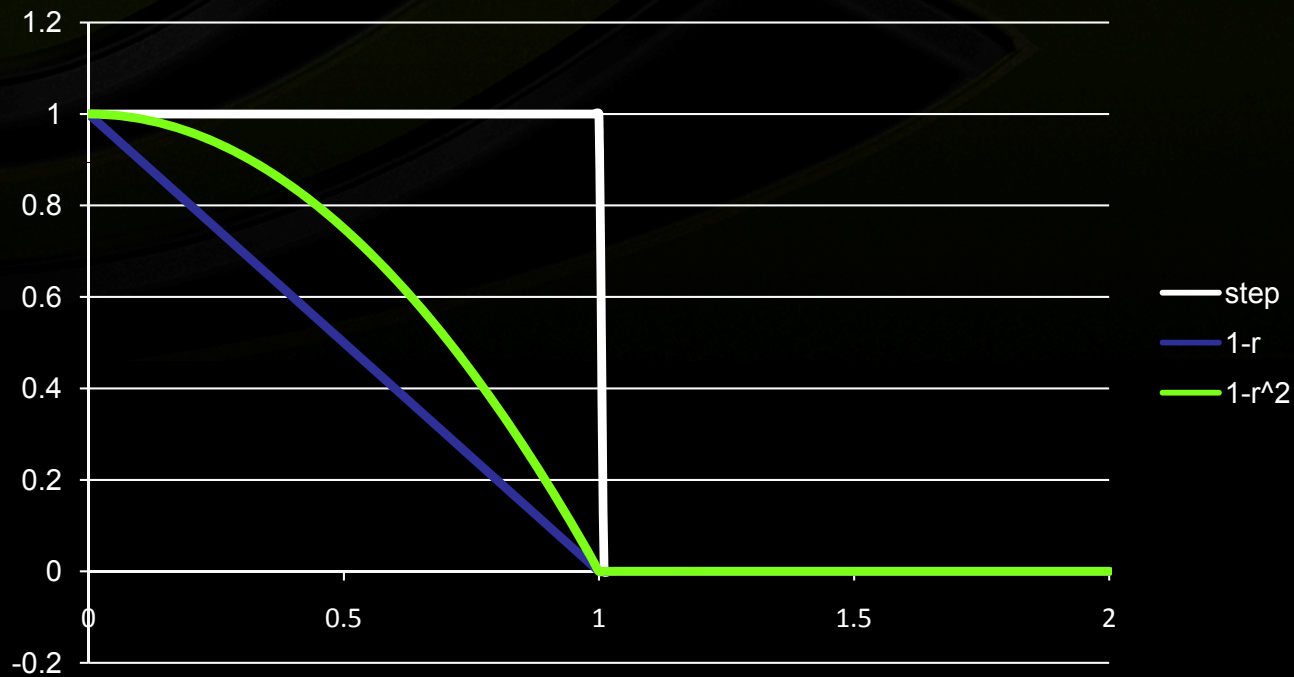


$$\begin{aligned} AO(P_1) &= \sin h - \sin t = \\ &= \sin(45\text{deg}) - \sin 0 = 0.7 \end{aligned}$$

→ P₀ と P₁ の間、非連続が発生する

減衰の関数

- 放射関数 $W(r)$ により、AOのウェートを付ける
 - “obscurances”に似ているアプローチ [Zhukov et al. 98]
 - [Gelato] と[Mental Ray]では、“Falloff”のパラメーター

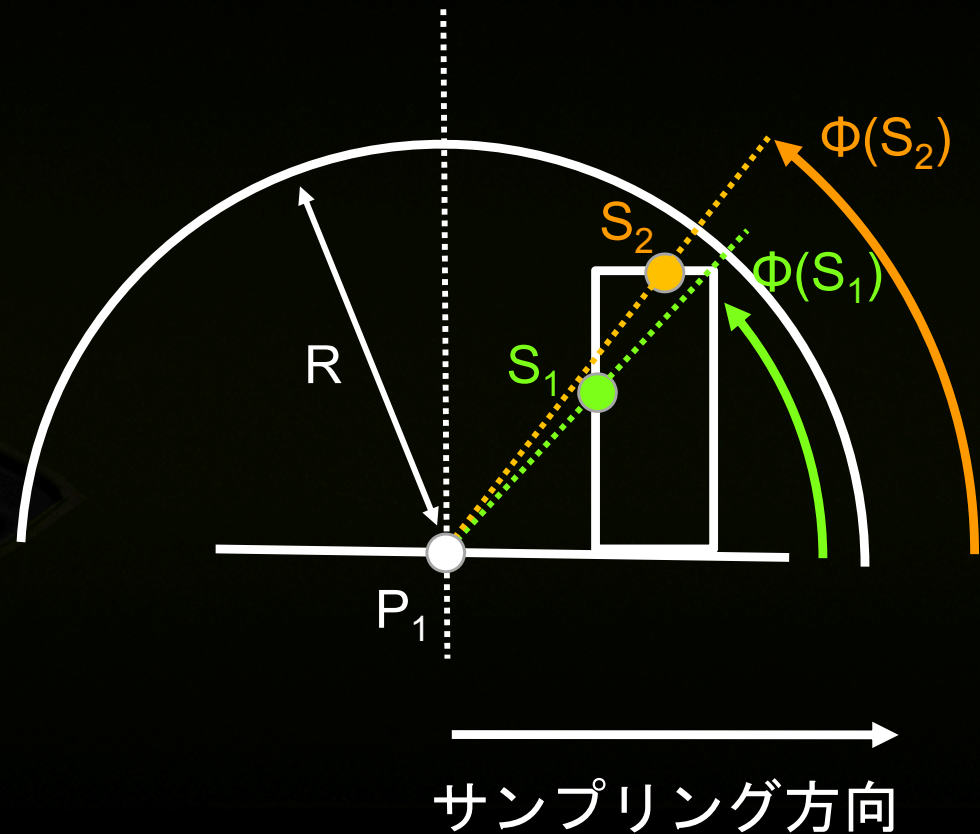


基準化した距離
 $r = \|S - P\| / R$

減衰関数
 $W(r) = 1 - r^2$

サンプル単位の減衰

- WAO = 0と、初期化
- サンプル S_1 の後
 - $AO(S_1) = \sin \Phi(S_1) - \sin t$
 - $WAO += W(S_1) AO(S_1)$
- サンプル S_2 の後
 - もし、 $\Phi(S_2) > \Phi(S_1)$
 - $AO(S_2) = \sin \Phi(S_2) - \sin t$
 - $WAO += W(S_2) (AO(S_2) - AO(S_1))$



減衰ありとなしの例



減衰あり
 $W(r) = 1 - r^2$



減衰なし
 $W(r) = 1$

ノイズ

- ピクセル毎のランダム化によるノイズ



AO: 6 方向x 方向毎に6ステップ

Cross Bilateral Filter

- AOをぼかす
- 深さ依存性のガウスのブラ
 - [Petschnigg et al. 04]
 - [Eisemann and Durand 04]
 - 辺のぼかしが防止できる
- 厳密には、非分離型のフィルターだが、X方向とY方向にそれぞれ与える

Cross Bilateral Filter

- 深さ依存のぼかし



ぼかしフィルターなし

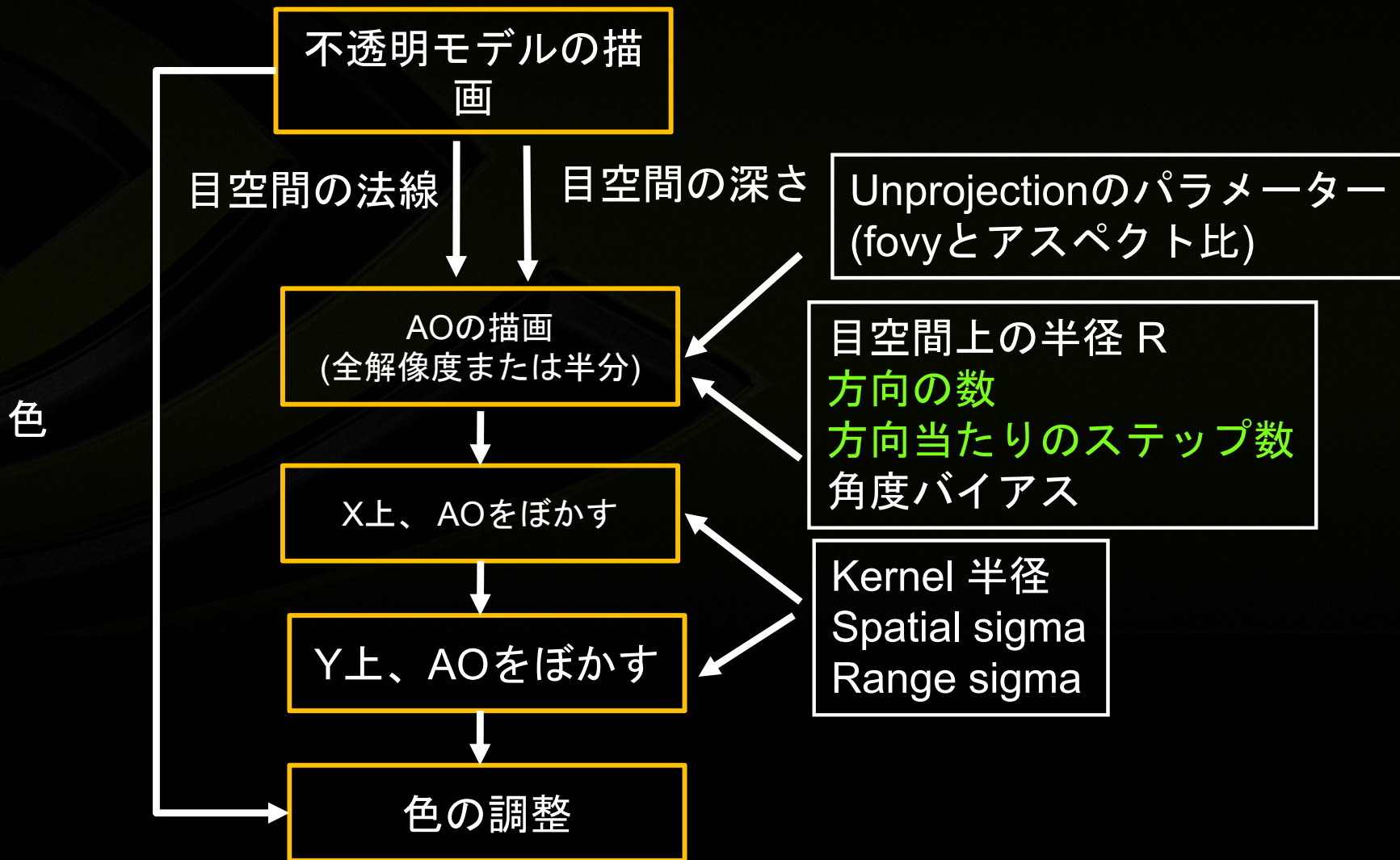


15x15のぼかしフィルター

半解像度のAO

- AOはほとんど低周波数
 - 半解像度の描画も可能
 - 半解像度の深さイメージを読み込む
- ぼかし処理は、まだ全解像度を対象にする
 - 辺での色滲みを防止する
 - 目上の深さを全解像度で読み込む
 - [Kopf et al. 07]

描画パイプライン



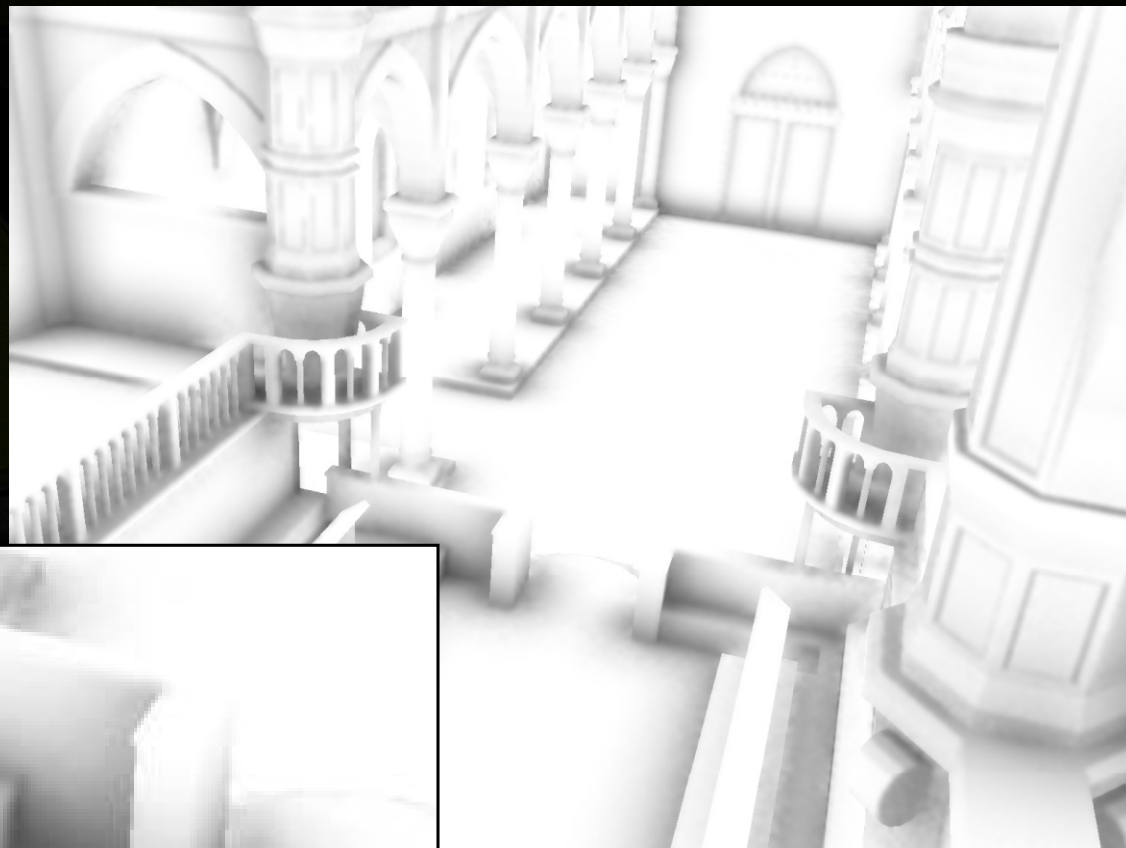
デモ



パフォーマンス

- 主要要因
 - スクリーンの解像度
 - アンビエントオクルージョンの解像度
 - サンプル数 (方向 * ステップ)
 - ぼかしフィルターの大きさ

半解像度のAO

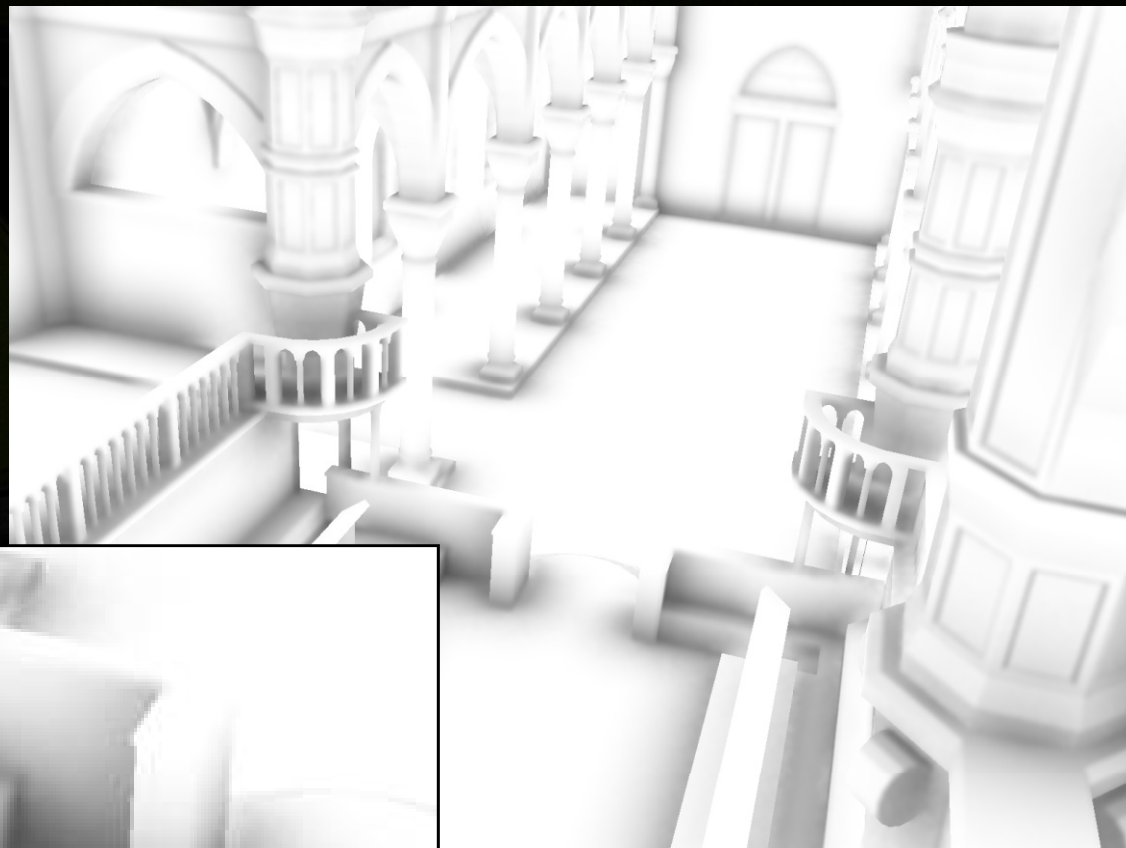


イメージサイズ 1600x1200
AO解像度 800x600
ぼかし解像度 1600x1200

半解像度 AO	GeForce GTX 280
ジオメトリ	1.0 ms
AO	3.5 ms
ぼかし	2.5 ms
合計	7.0 ms
	143 fps

6 directions per pixel
6 steps per direction
15x15 Blur Size

全解像度のAO



イメージサイズ 1600x1200
AO 解像度 1600x1200
Blur 解像度 1600x1200

Full-Res AO	GeForce GTX 280
Geometry	1.0 ms
AO	30.0 ms
Blur	2.5 ms
Total	33.5 ms
	30 fps

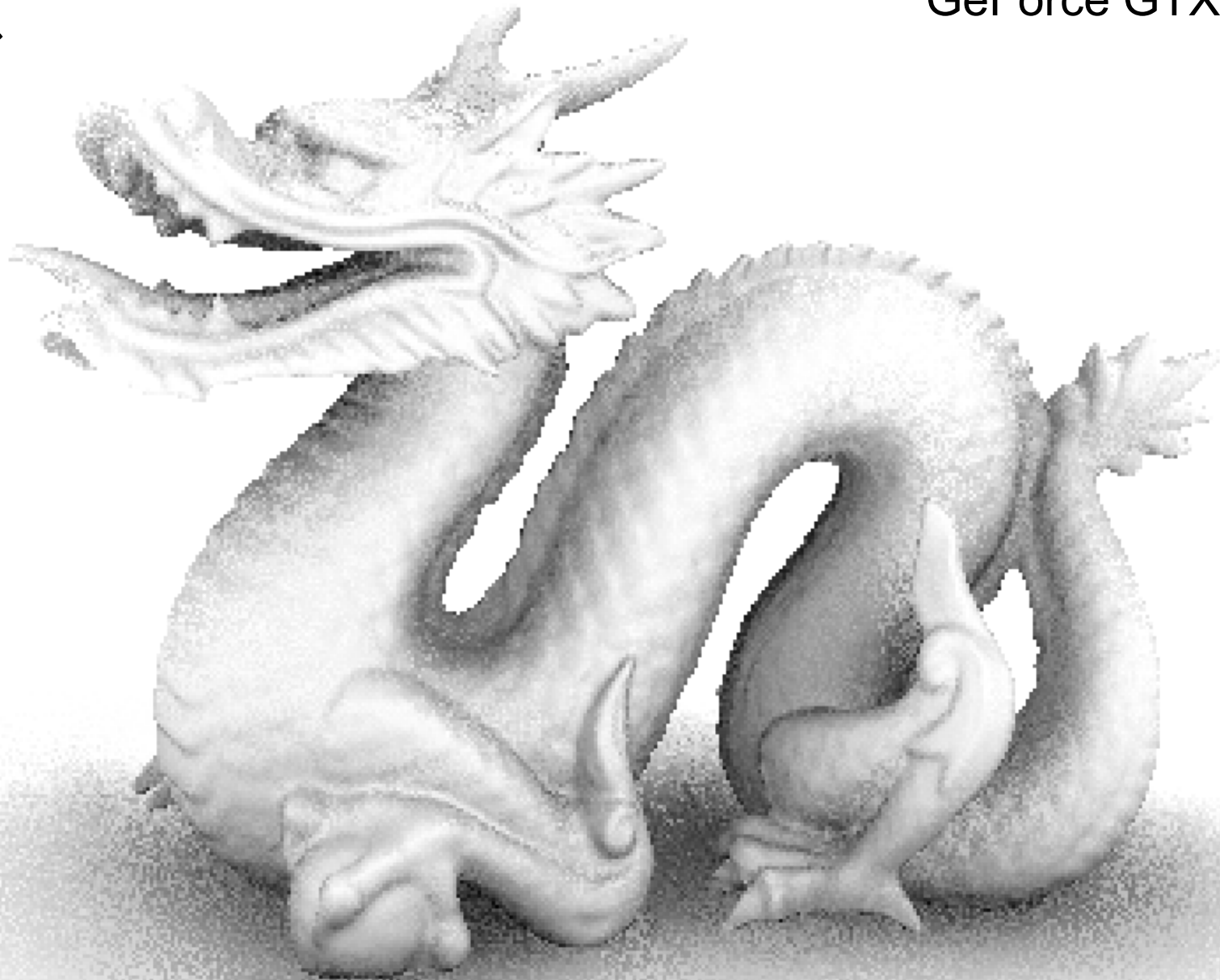
6方向/ピクセル
6ステップ/方向
15x15 ぼかしのサイズ

半解像度のAO

6x6 サンプル/AO ピクセル

Blurなし

AO = 3.5 ms @ 800x600
GeForce GTX 280上



半解像度のAO

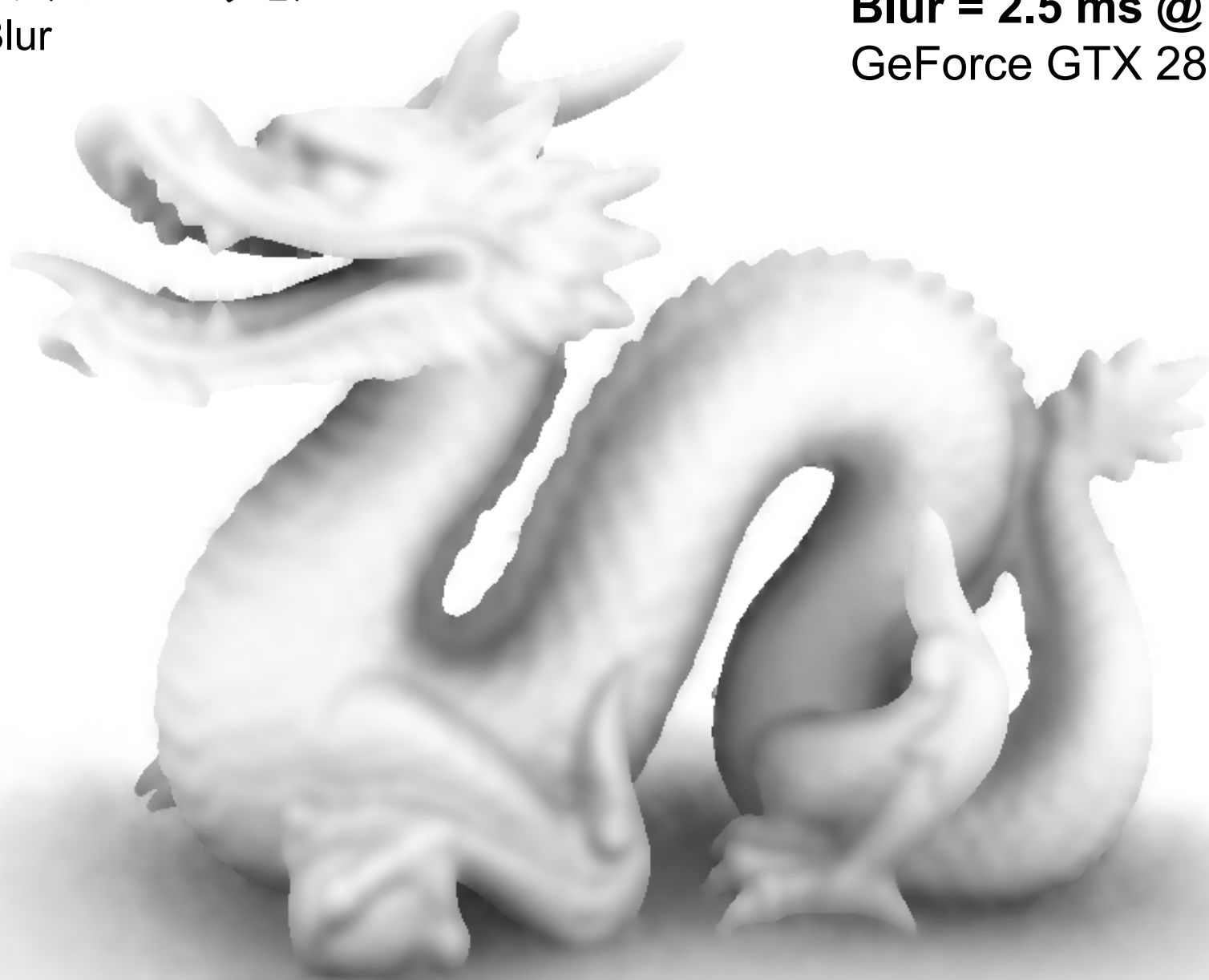
6x6 サンプル/AO ピクセル

15x15 Blur

AO = 3.5 ms @ 800x600

Blur = 2.5 ms @ 1600x1200

GeForce GTX 280上



全解像度のAO

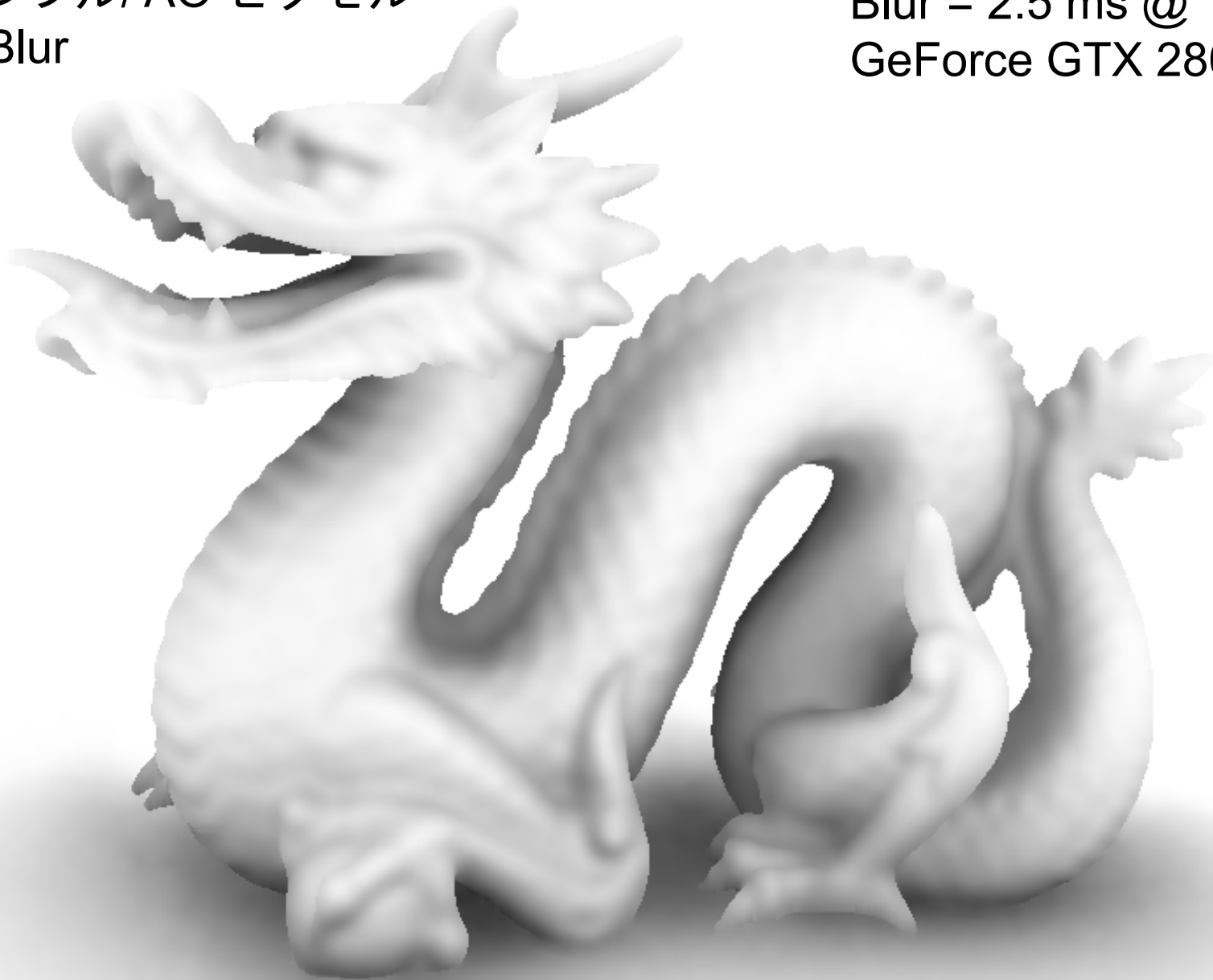
6x6 サンプル/AO ピクセル

15x15 Blur

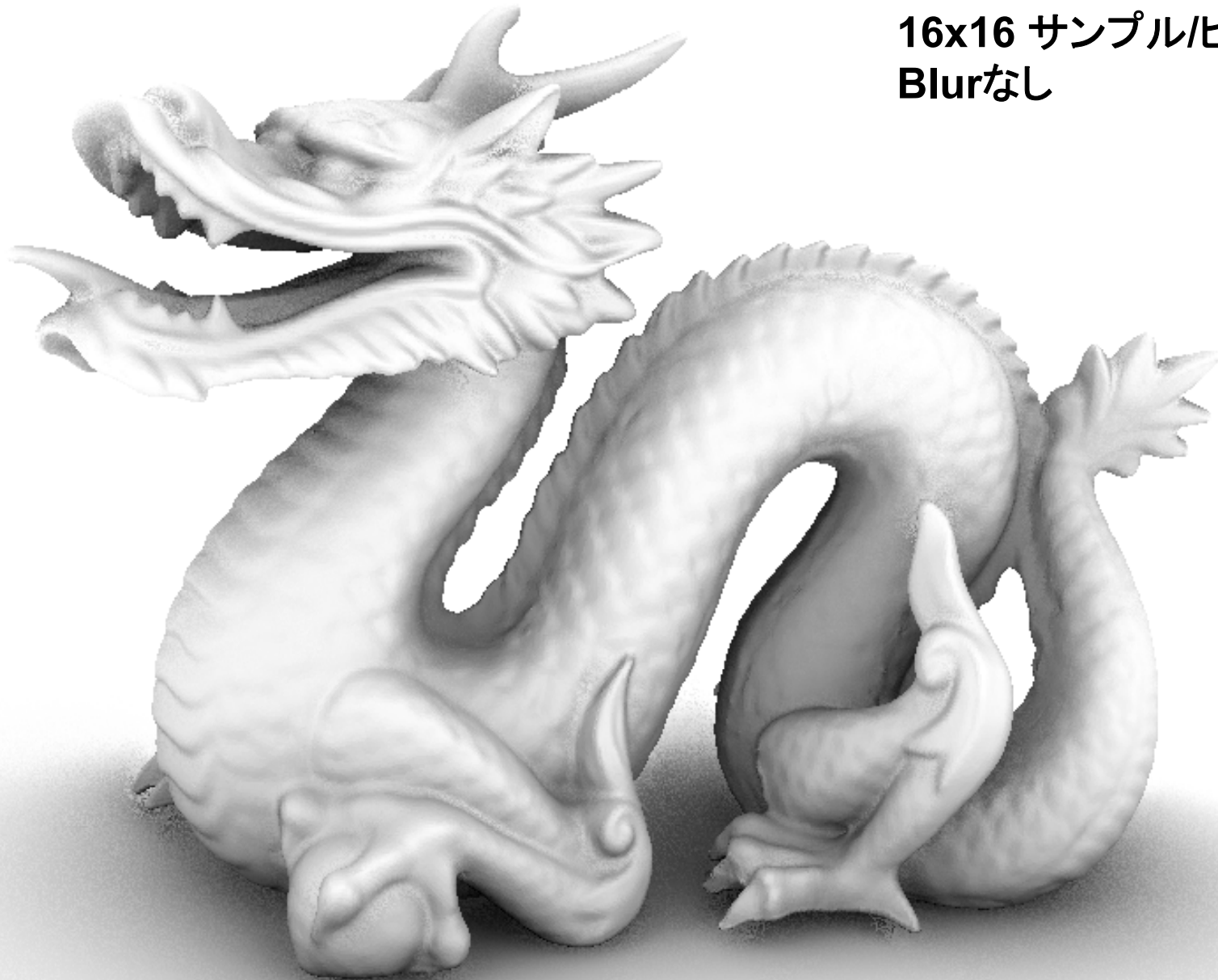
AO = 30 ms @ 800x600

Blur = 2.5 ms @ 1600x1200

GeForce GTX 280上



全解像度のAO
16x16 サンプル/ピクセル
Blurなし



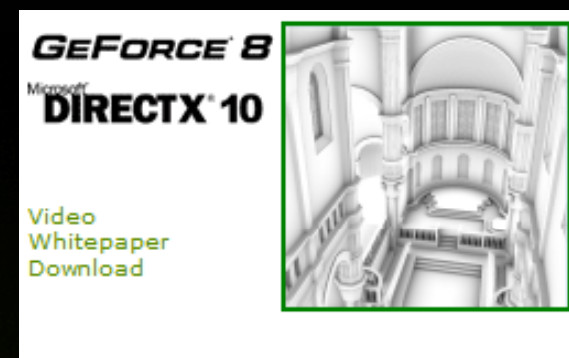
全解像度のAO
16x32 サンプル/ピクセル
Blurなし



結論



- DirectX10 SDK のサンプル
 - developer.nvidia.comにて配信中
 - ビデオと技術白書も
- ゲームエンジンに組み込みやすい！
 - 入力 = 目空間上の深さと法線
 - 後処理のパスで描画する
- 更に詳しくは、ShaderX⁷ (掲載予定)



Medusa デモ



Acknowledgments



- **NVIDIA**

- Rouslan Dimitrov, Samuel Gateau, Michael Thompson, Ignacio Castano, the demo team

- **Models**

- Dragon - Stanford 3D Scanning Repository
- Sibenik Cathedral - Marko Dabrovic

Q & A



コードのサンプルの以下のアドレスまで
<http://developer.nvidia.com>

bdudash@nvidia.com
tkazama@nvidia.com

ありがとう ございました!

10:40 - 12:00

Displacement Subdivision Surfaces in DX11

Takayuki Kazama

13:00 - 14:20

GPU Physics and CUDA

Kitty Vongsay

14:50 - 16:10

Real time Hair Rendering

Bryan Dudash

16:40 - 18:00

Horizon Based Ambient Occlusion

Bryan Dudash

References

- [Max 86] MAX, N. L. 1986. “Horizon mapping: Shadows for bump-mapped surfaces.” In Proceedings of Computer Graphics Tokyo '86 on Advanced Computer Graphics.
- [Zhukov et al. 98] Sergej Zhukov, Andrej Inoes, Grigorij Kronin, 1998. “An ambient light illumination model.” In Rendering Techniques '98, G. Drettakis and N. Max, Eds., Eurographics, 45–56.
- [Landis 02] Landis, 2002. “Production-Ready Global Illumination,” In ACM SIGGRAPH Course #16.
- [Christensen 03] Christensen, P. H. 2003. “Global illumination and all that”. In ACM SIGGRAPH Course 9.

References

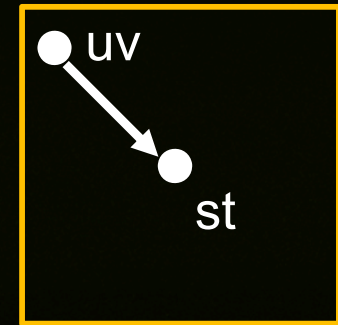
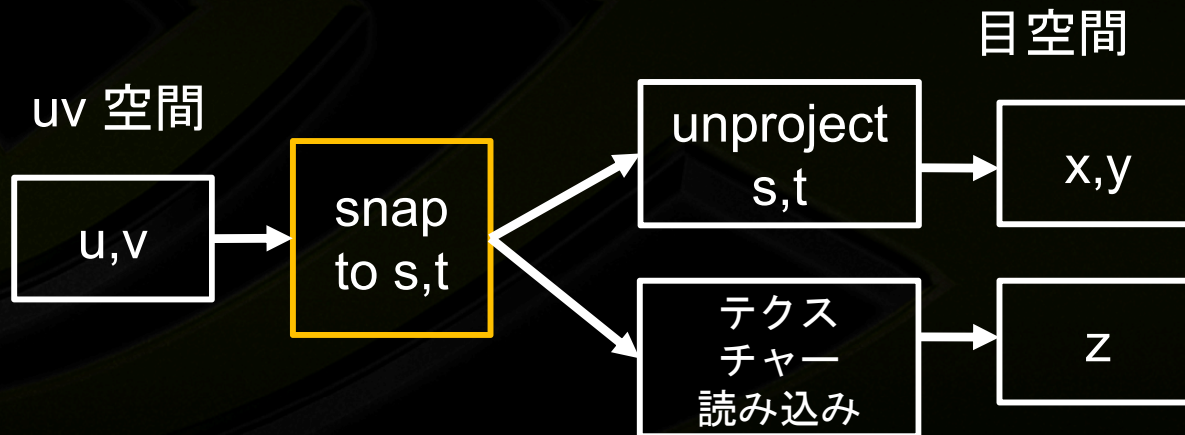
- **[Eisemann and Durand 04]** Elmar Eisemann and Frédo Durand, “Flash Photography Enhancement via Intrinsic Relighting”, ACM SIGGRAPH 2004.
- **[Petschnigg et al. 04]** Petschnigg, Szeliski, Agrawala, Cohen, Hoppe, Toyama, “Digital photography with flash and no-flash image pairs.” ACM SIGGRAPH 2004.
- **[Schüler 05]** Christian Schüler, 2005. “Eliminate surface acne with gradient shadow mapping”, ShaderX⁴: Advanced Rendering Techniques.
- **[Gelato]** Gritz, L. 2006. “Gelato 2.1 Technical Reference”. NVIDIA.
- **[Mental Ray]** “mental ray Shader Reference”, November 2007.

References

- [Mittring 07] MITTRING, M. 2007. “Finding next gen: Cry Engine 2”. In SIGGRAPH '07: ACM SIGGRAPH 2007 courses.
- [Shanmugam and Orikan 07] SHANMUGAM, P., AND ARIKAN, O. 2007. “Hardware accelerated ambient occlusion techniques on GPUs”. In I3D '07: Proceedings of the 2007 symposium on Interactive 3D graphics and games.
- [Kopf et al. 07] Johannes Kopf, Michael F. Cohen, Dani Lischinski, Matt Uyttendaele, “Joint Bilateral Upsampling”, SIGGRAPH '07: ACM SIGGRAPH 2007 papers.
- [Fox and Compton 08] Megan Fox and Stuart Compton, “Ambient Occlusive Crease Shading”, Game Developer Magazine, March 2008.

目空間上の位置を計算する

- 座標 (u,v) にあるサンプルの S だと



ピクセルの中央点に移動させる

- 再構築の (x,y) とサンプルの z のすれ違いを防止するため、 uv を移動させる

接線角度

- 接線角度のTでは、
 - 平面上の $T(\theta)$
 - $t(\theta) = \text{atan}(T.z / \|T.xy\|)$
- 平面の基底を計算する
 - 基底 = $(dP/du, dP/dv)$
 - $T = dP/du \Delta u + dP/dv \Delta v$
 - 勾配シャドーマッピング
[Schüler 05]

