

トゥーンレンダリング

2025年度 プログラムワークショップⅣ (6)

アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

トゥーンレンダリング

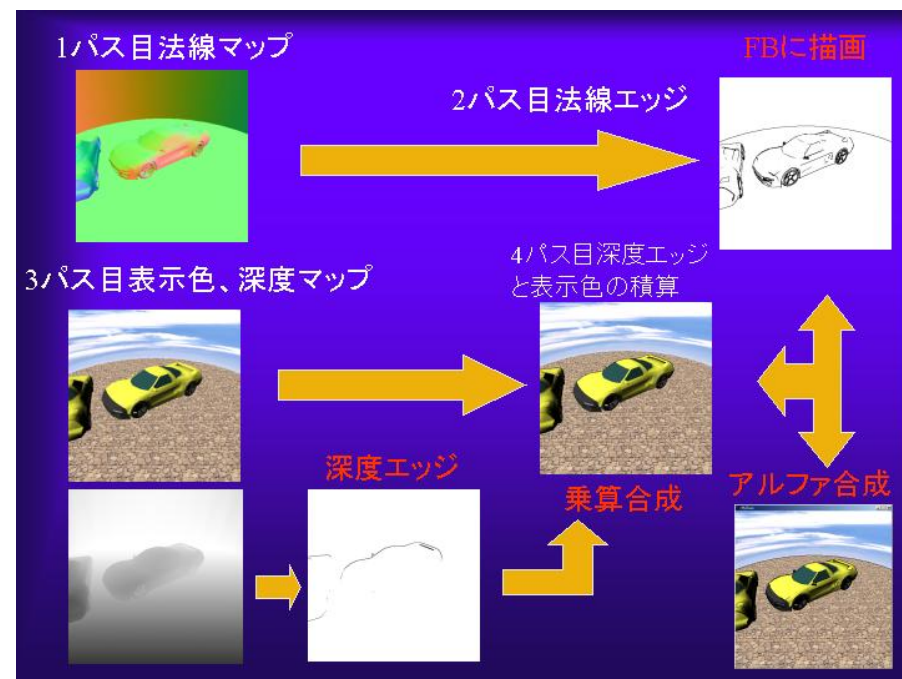
- アニメーションのように見せるレンダリング
 - 段階的陰影
 - 輪郭
 - ハッチング
 - 線画調
 - スクリーントーン
 - 誇張表現
 - 手前を大きく見せるなど
 - 残像？
- NPR(Non-Photorealistic Rendering: 非写実的レンダリング)の一つ
 - Nonが否定的なイメージを与えるので、Stylized Renderingともいう
 - ツーンでないNPR
 - セピア調・モノクロ
 - ランプシェーディング

アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

輪郭

- 物体の輪郭に線を引く
 - 背面法
 - 裏返して拡大したオブジェクトを単色で描画
 - ポストエフェクト法
 - レンダリングした画像について輪郭部分に線を引く
 - 深度変化が大きい
 - 色が大きく変わる
 - 法線変化が大きい
 - オブジェクトIDが異なる
 - どこかに何かのデータを仕込んで書き出す
 - アーティストの制御性を確保する



とても良い資料

- https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/2952
- 同じ内容の動画
 - <https://www.youtube.com/watch?v=zCQVPeFcNUw>

3Dでキレイな線を引くために。ギルティギアシリーズのトゥーンライン制御テクニック

■ タグ: CEDEC 2024 VA

■ 日時: 2024年08月22日(木)14時40分～15時40分 ■ 形式: レギュラーセッション(60分)

■ 受講スキル: トゥーン表現に興味のある3Dモデラー、シェーダーアーティスト、およびグラフィックプログラマー

■ 受講者が得られるであろう知見:

背面法の基礎的な理屈から、応用テクニック各種をギルティギアシリーズでの実例を交えて紹介。定番手法である「背面法」を、さらに使いこなすための実践的な工夫の数々を知ることができます。

セッションの内容

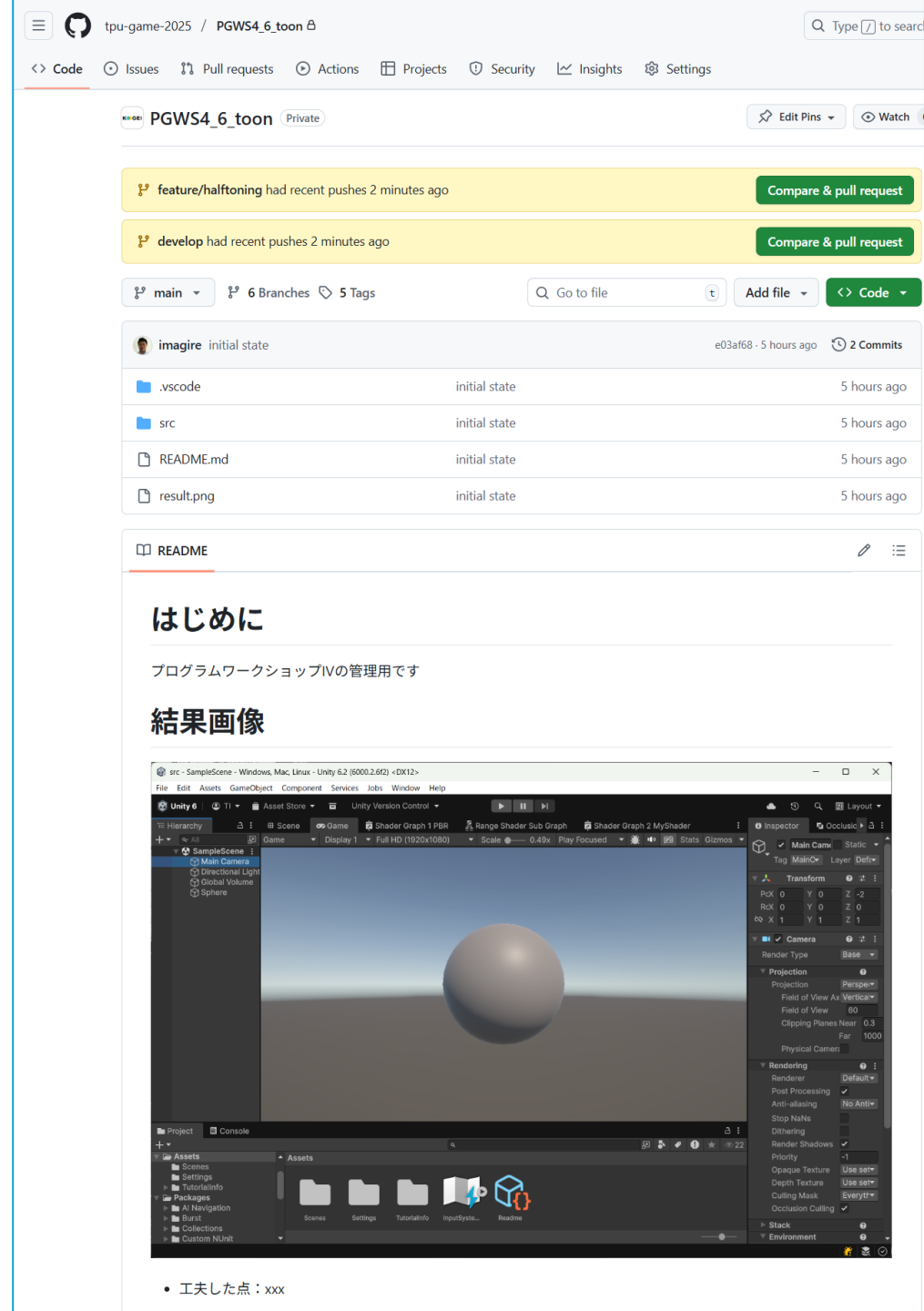
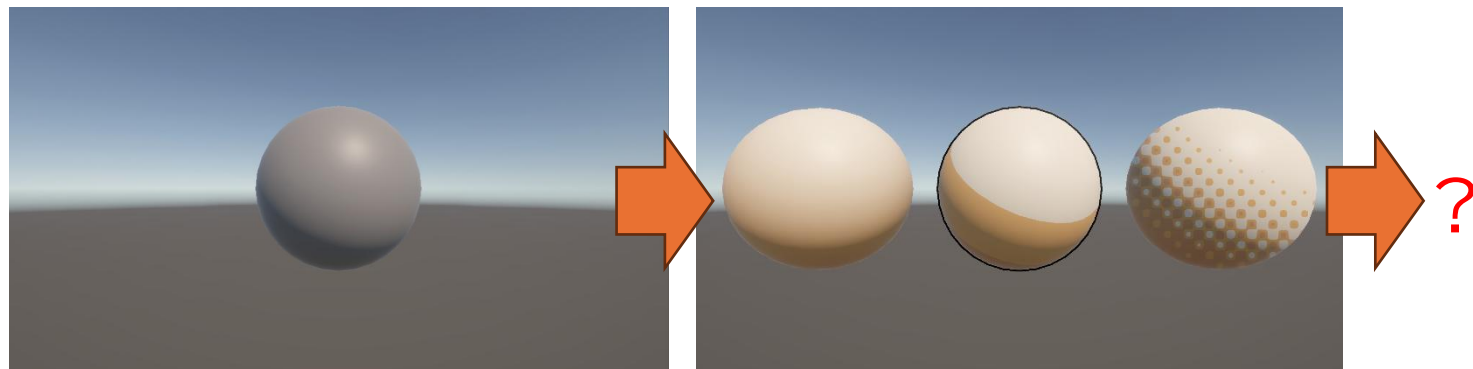
本セッションでは格闘ゲーム「ギルティギア」シリーズのビジュアルを支える「背面法アウトライン」を「意図したとおりに制御する」ための様々なテクニックと考え方を紹介します。

近年多数のタイトルが採用しているトゥーン表現。今セッションではそのトゥーン表現において非常に重要な役割を果たす「輪郭線」にフォーカスして解説していきます。

20年以上も使われ続けている定番手法「背面法」ですが、一見簡単そうに見えて、意図したとおりに制御するためには様々な工夫とテクニックが必要になります。今セッションではこの背面法による輪郭線の描画について、いまさら聞けない基礎的な理屈の部分から、実際のゲームで使用されている応用テクニックまで幅広く解説します。

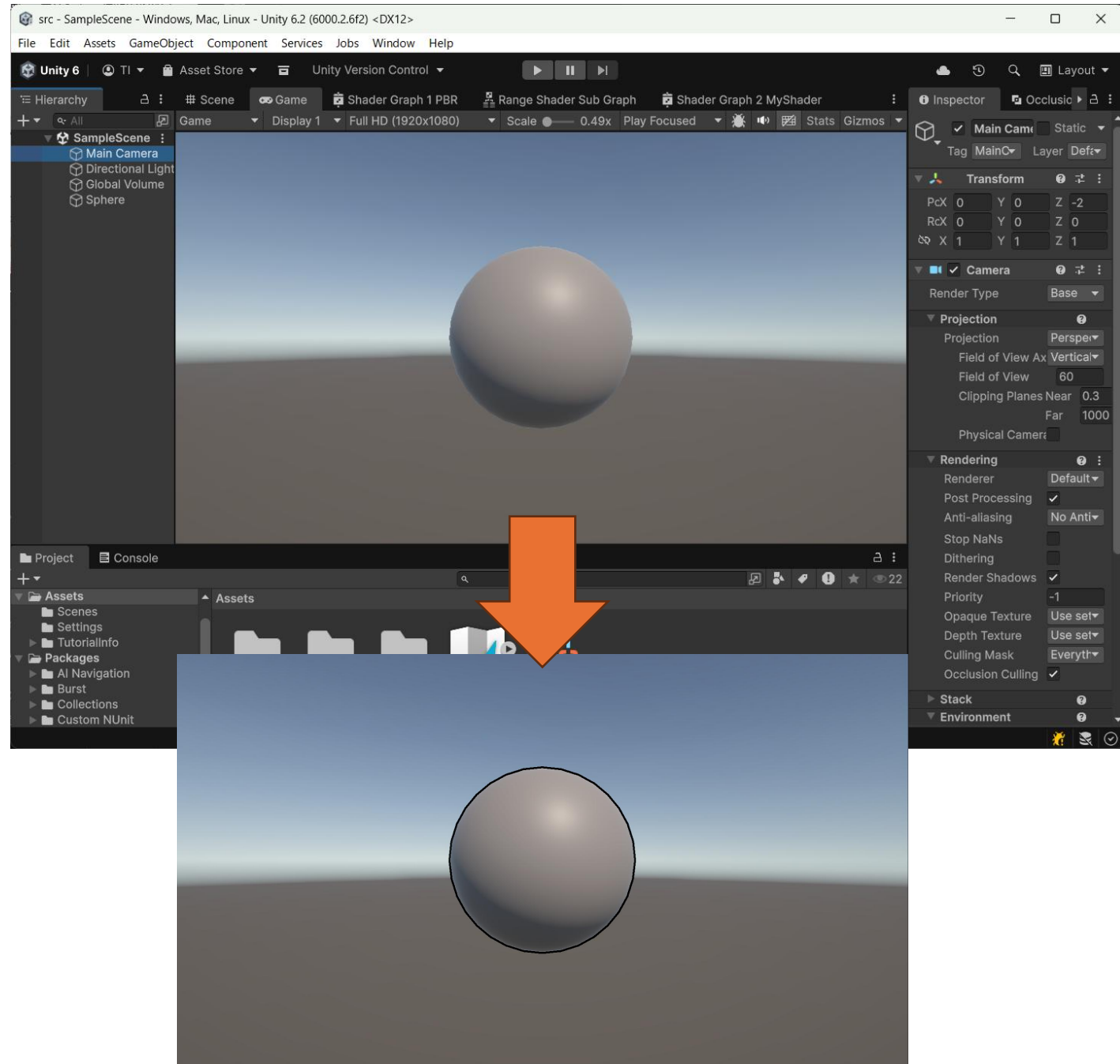
本日の課題

- https://github.com/tpu-game-2025/PGWS4_6_toonをforkして、「結果画像」に結果を貼ってください
 - 今回の範囲で何か試してください



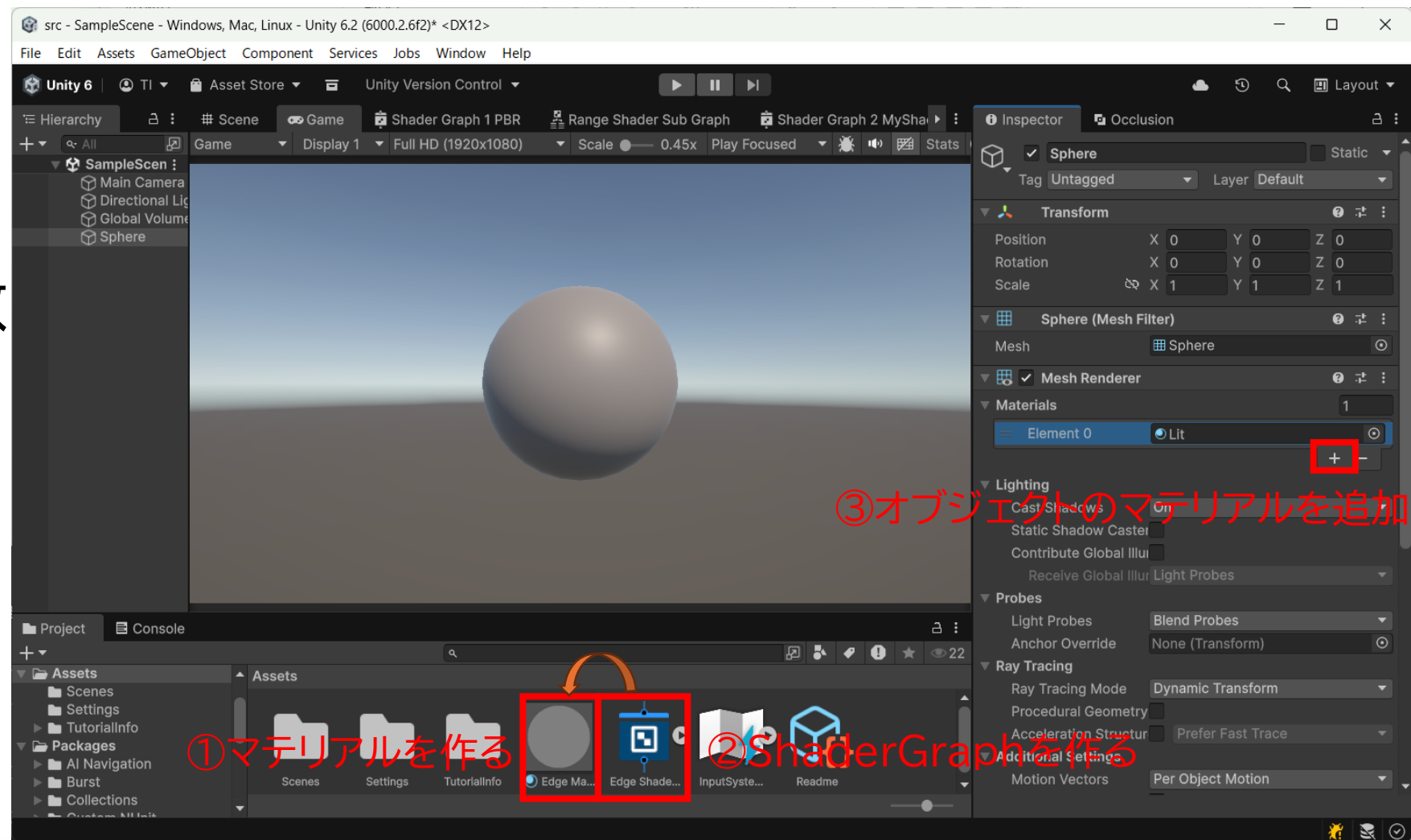
アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

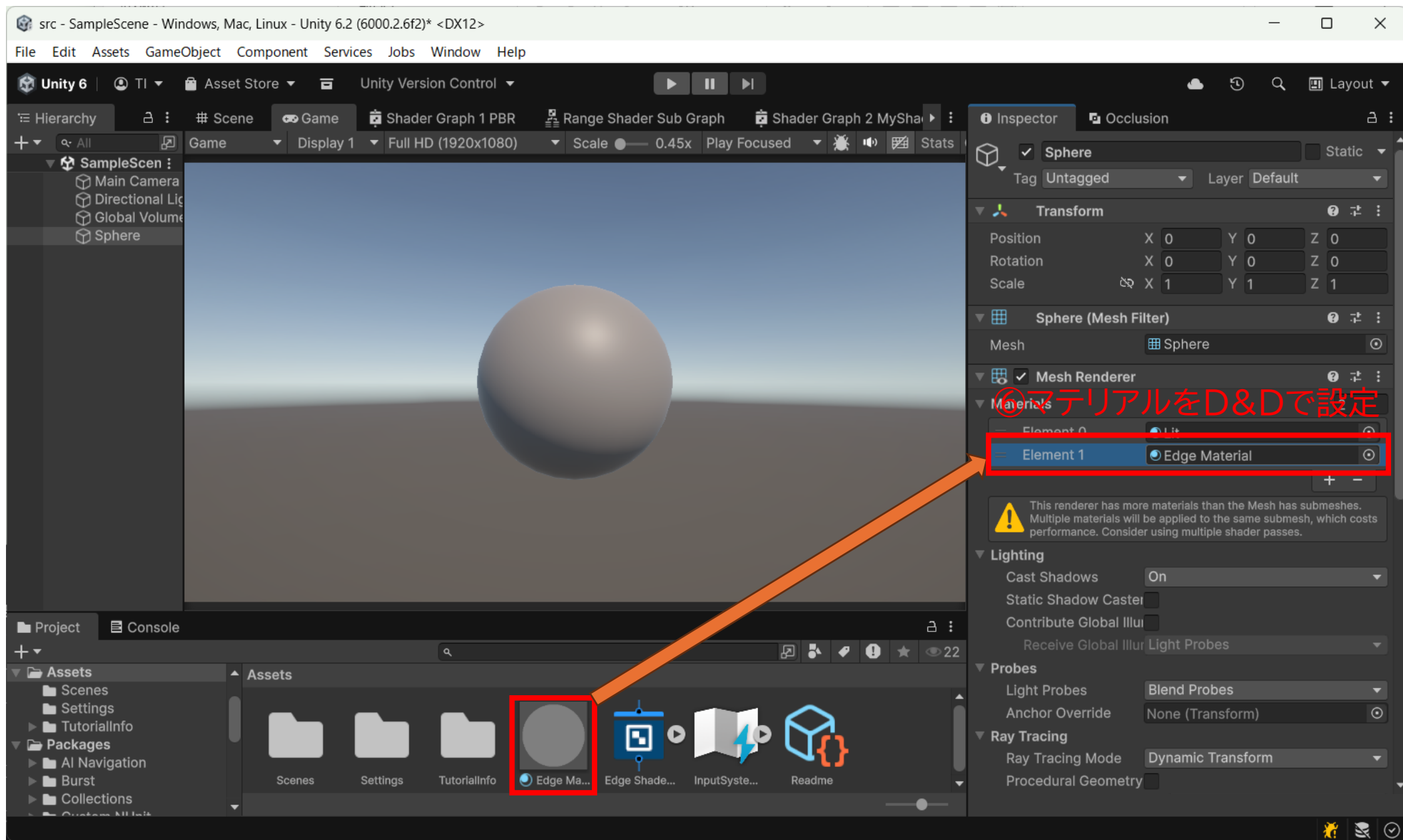


マテリアルの追加

- ShaderGraphではマルチパスが使えないので、マテリアルを複数つけてみる



続き



シェーダグラフ

The image shows the Unity Shader Graph editor interface. On the left, the 'Edge Shader Graph' panel has a '太さ' (Thickness) variable added. The main graph area contains several nodes: 'Normal Vector' (Object Space), 'Multiply' (A(3), B(3)), 'Add' (A(3), B(3)), 'Vertex' (Position(3)), and 'Fragment' (Base Color(3)). Each node has a circular preview showing a color gradient. On the right, the 'Graph Inspector' panel shows settings for 'Render Face' set to 'Back' and 'Depth Write' set to 'Off'. A 'Main Preview' window at the bottom shows the final rendered sphere.

①エディタで編集できるように変数を追加

②オブジェクト空間の法線や位置を取得する

③法線ベクトルの向きを変数でスケール

④位置を法線方向にずらす

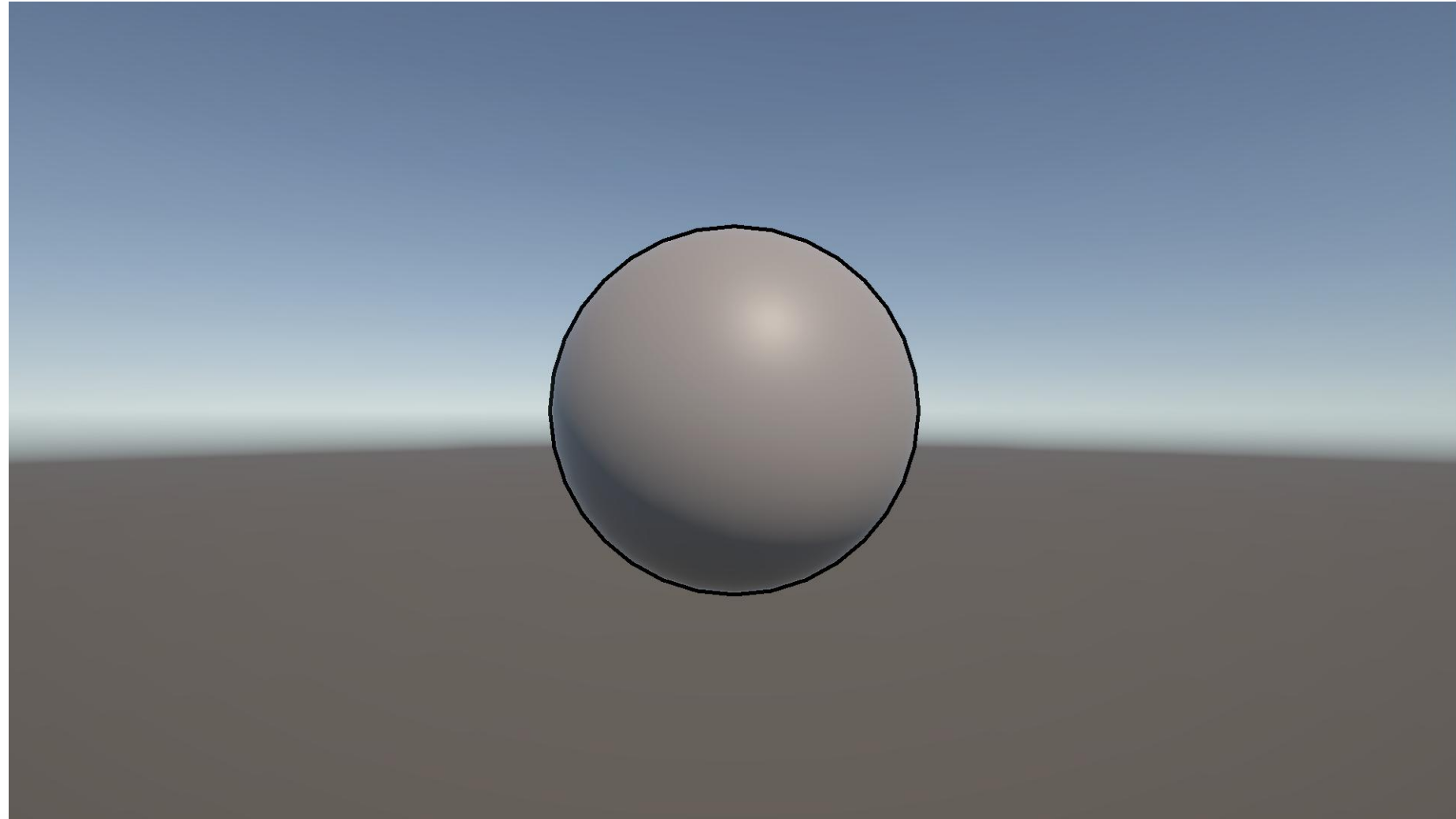
⑤頂点位置の変更

⑥輪郭線の色を設定

⑦裏面を表示する

やってみよう

- 幅:0.02の例

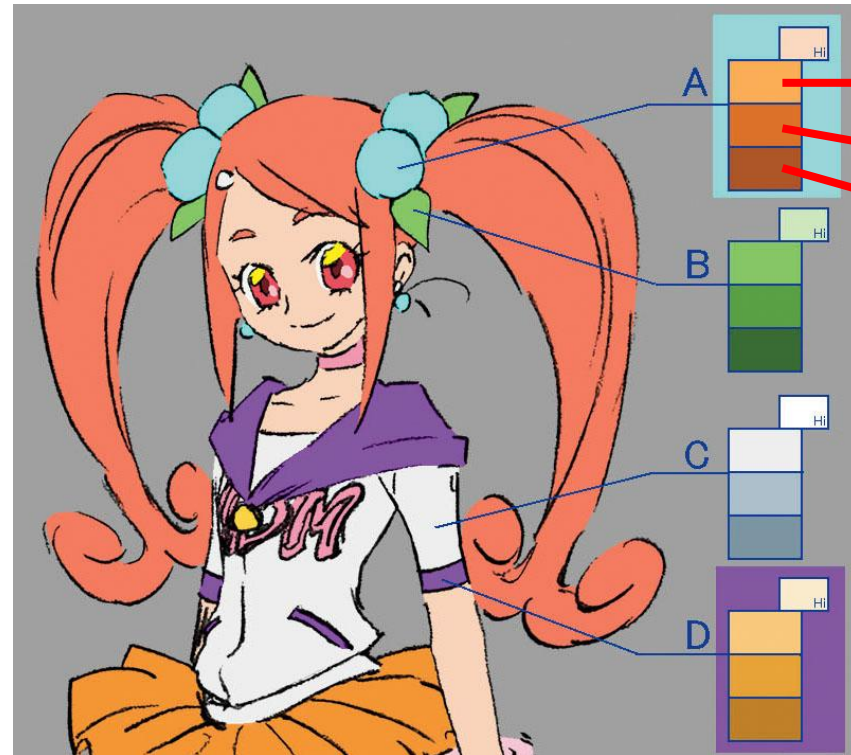


アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

段階的陰影

- アニメーションでは色彩設計の専門職の人が色を決める
 - 影になっている部分は単に暗いわけではない
 - 色相も変わっている
 - プログラマーとしては、アーティストが制御できることが大切
 - 制御しやすい方が良い

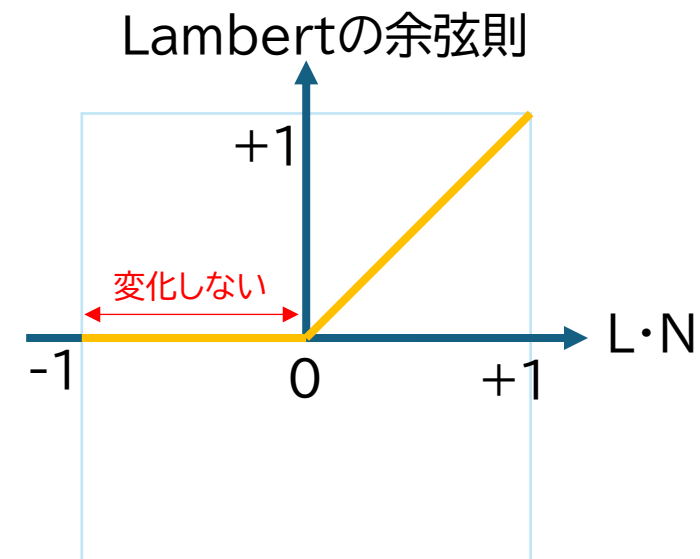


R	G	B	H	S	V
(251, 174, 86)	(32, 66, 98)				
(220, 113, 41)	(24, 81, 86)				
(174, 86, 40)	(21, 77, 68)				

影になると暗くなる
？
影になって赤みが増す

Ramp Shading

- Lambertの余弦則は負の値を0にクランプ
 - 負の領域では法線の情報が活用できていないのでもったいない
 - 負の領域にも色をつけるのはどうか？
- 余弦則の値の色をグラデーションで指定することでより豊かな表現を実現する

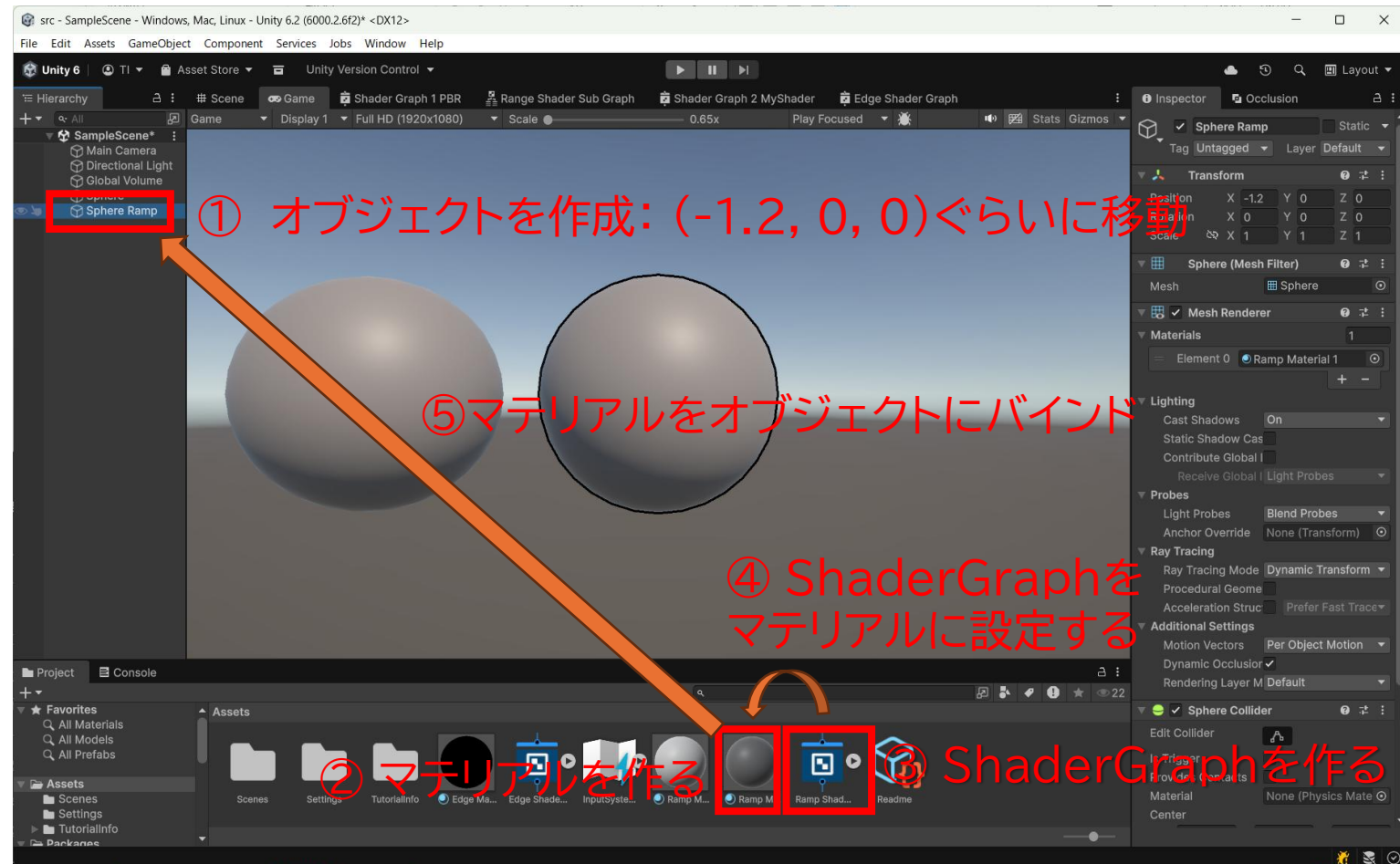


アジェンダ

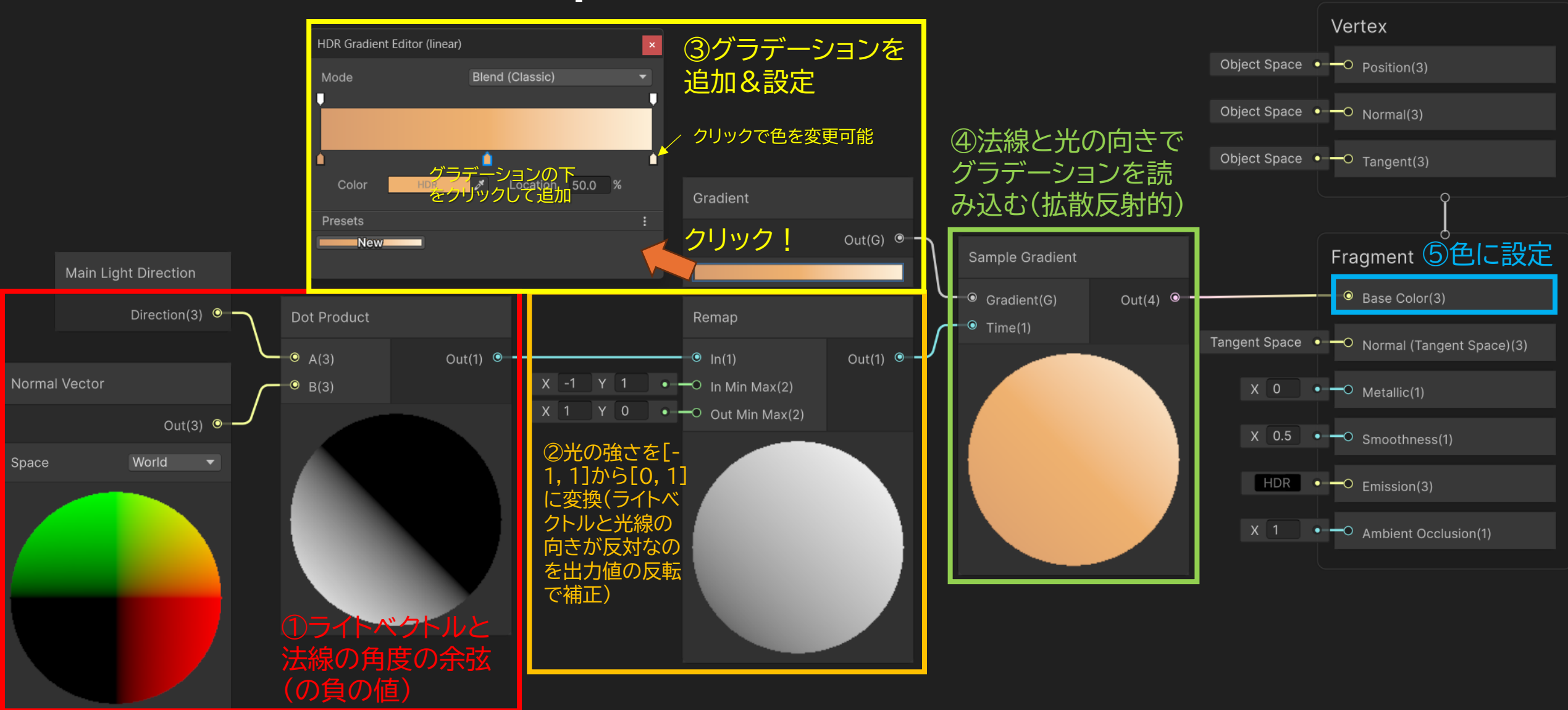
- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

準備

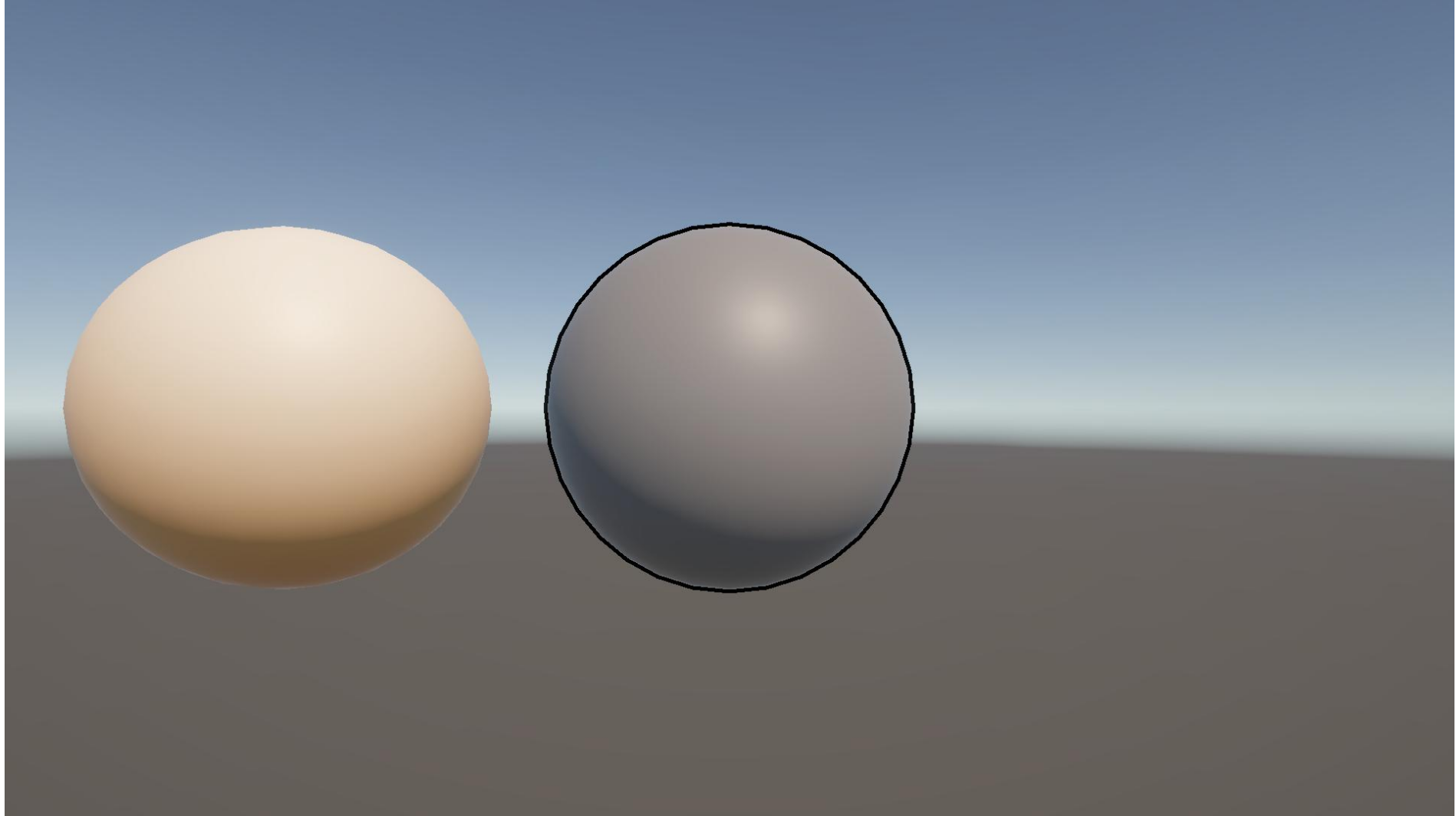
1. オブジェクトを追加
2. マテリアルを追加
3. Lit Shader Graphを追加
4. Shader Graphをマテリアルに設定
5. マテリアルをオブジェクトにバインド



Shader Graph

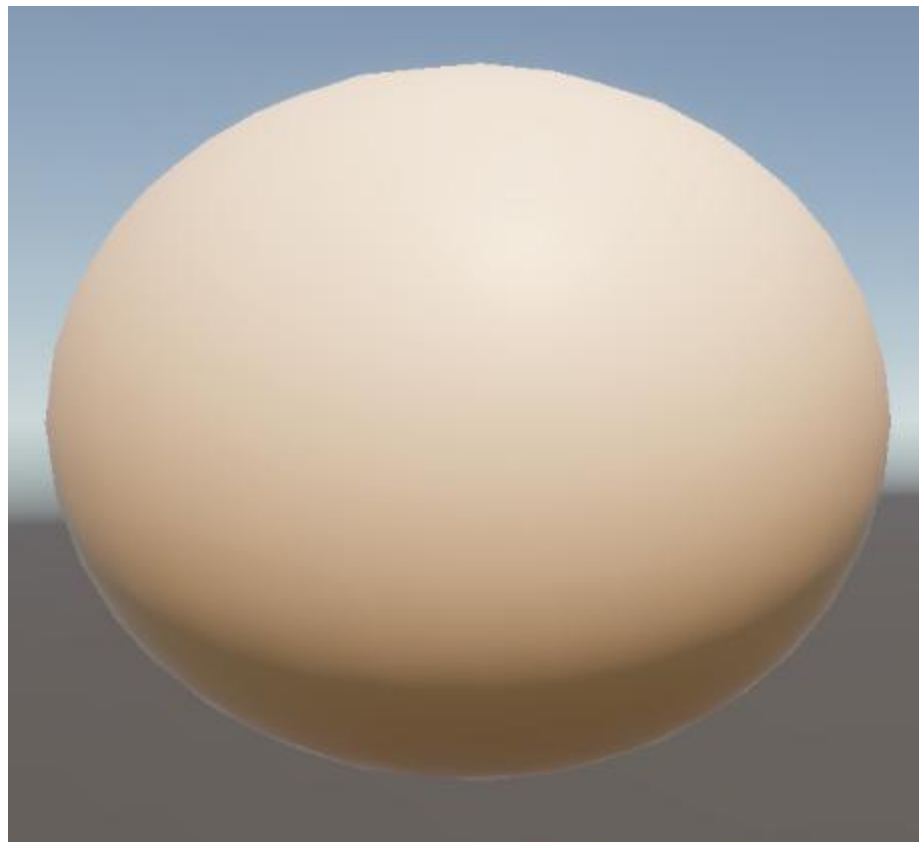


やってみよう

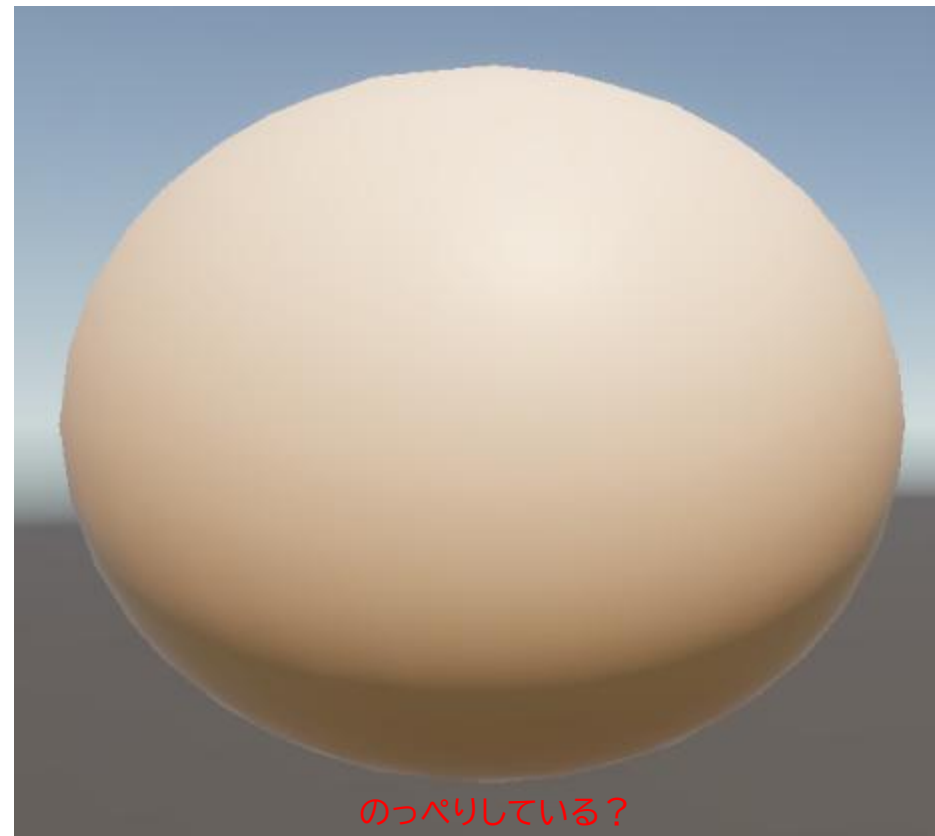


比較

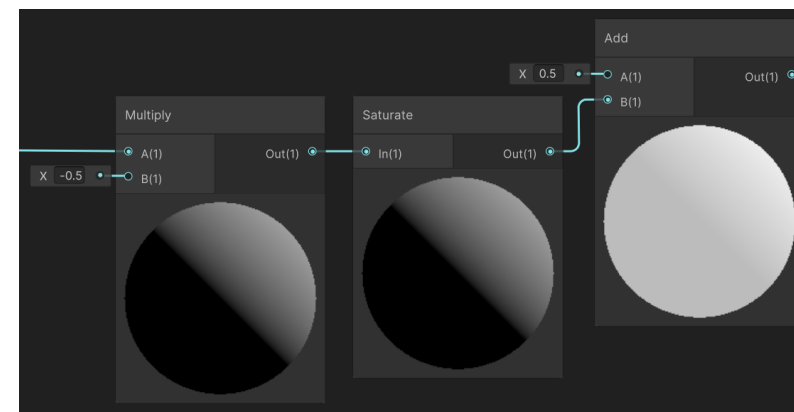
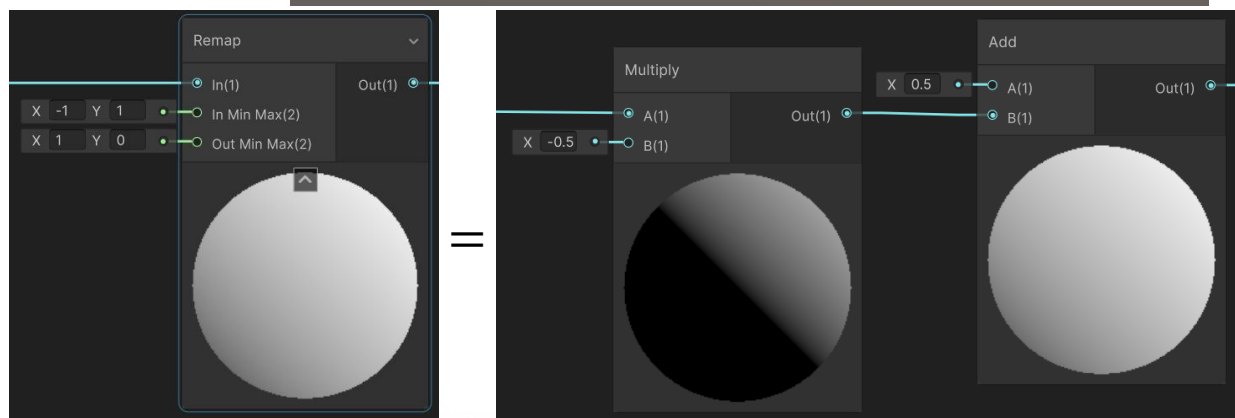
Ramp Shading



Lambertの余弦則での変換(負の値をクランプ)



のっぺりしている?



アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

テクスチャによる表現

- グラデーションをデザイナーが画像ファイルとして作成し、テクスチャとして読み込む

- 長所

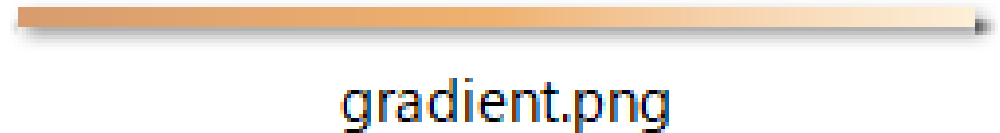
- デザイナーが独立して制御できる
 - PhotoShopなど使い慣れたツールを使え
 - Unityでのコンフリクトが起きない

- 速度が速い？

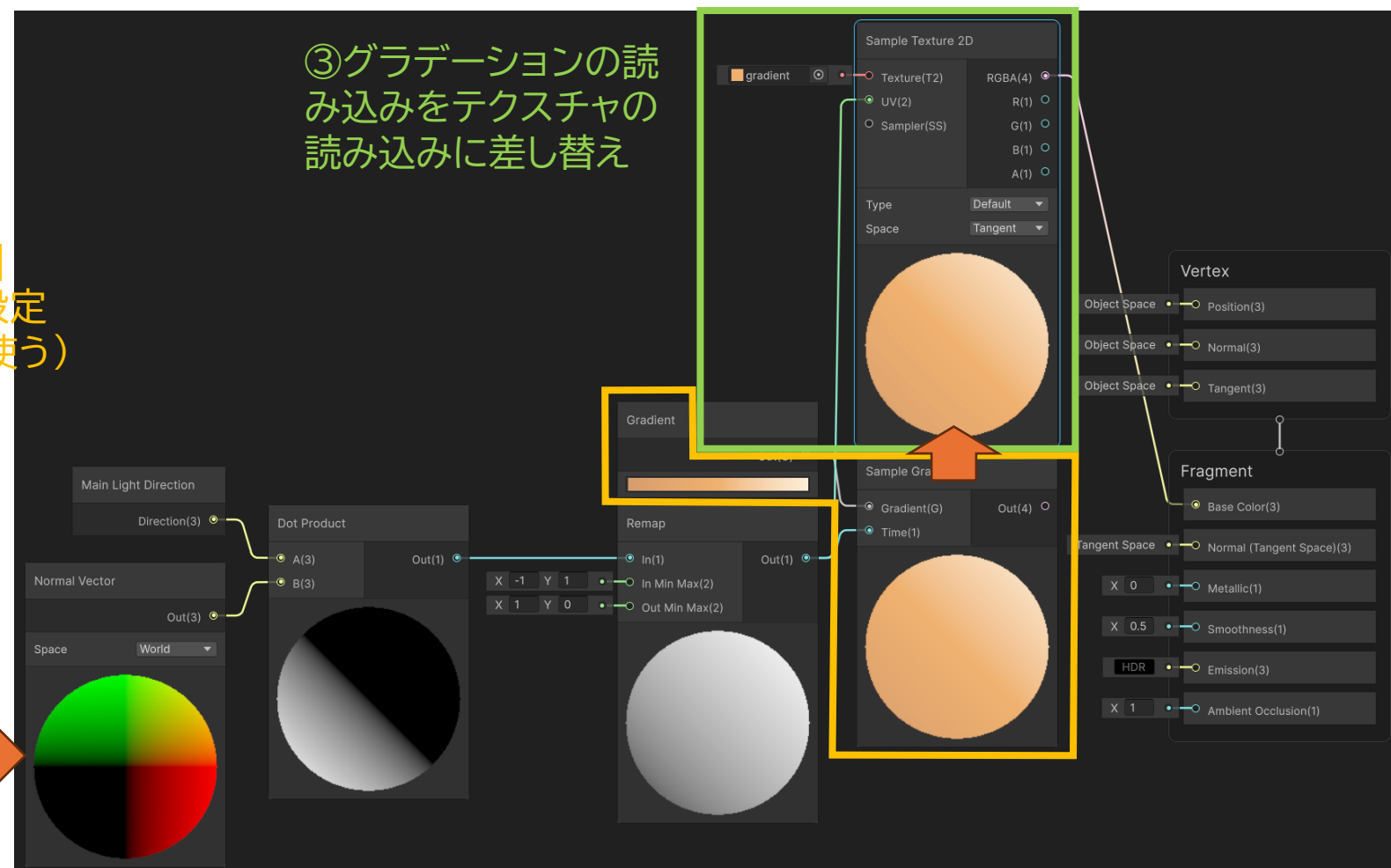
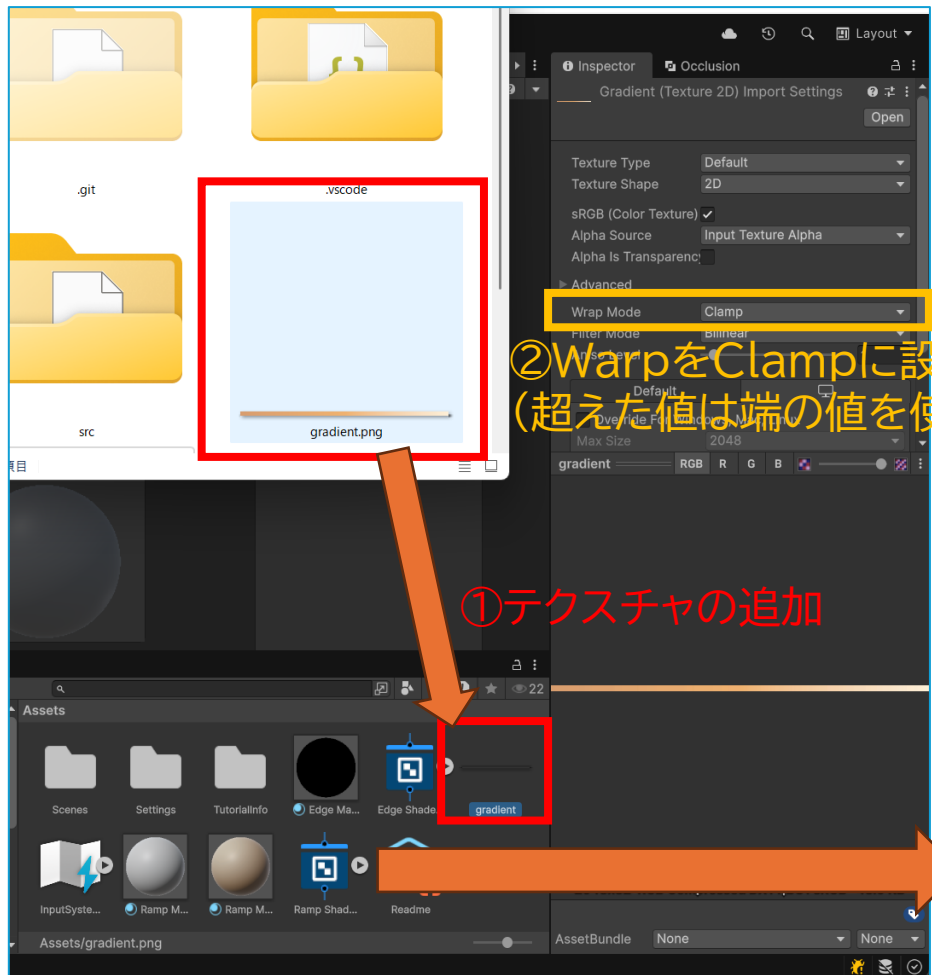
- グラデーションが複雑になれば、テクスチャ読み込みの方が早い(はず)

- 短所

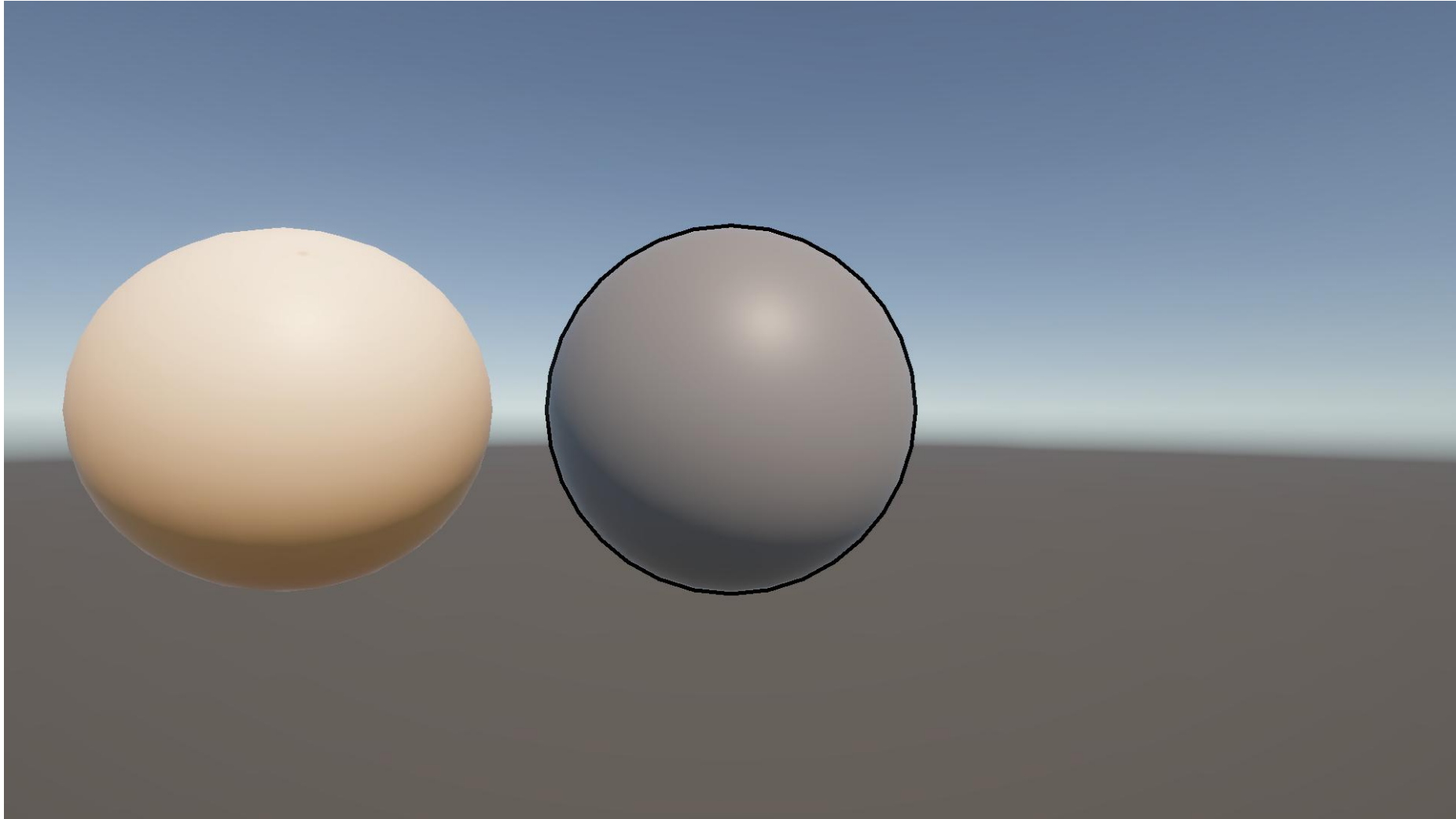
- グラデーションの変化が解像度による(一般的に決める方法はない)
 - 疑似輪郭が出やすい
 - 計算の方が補間の精度が高くなりやすい(高いテクスチャ解像度が必要)
 - メモリ使用量が多い(定数バッファと比べて)



実装

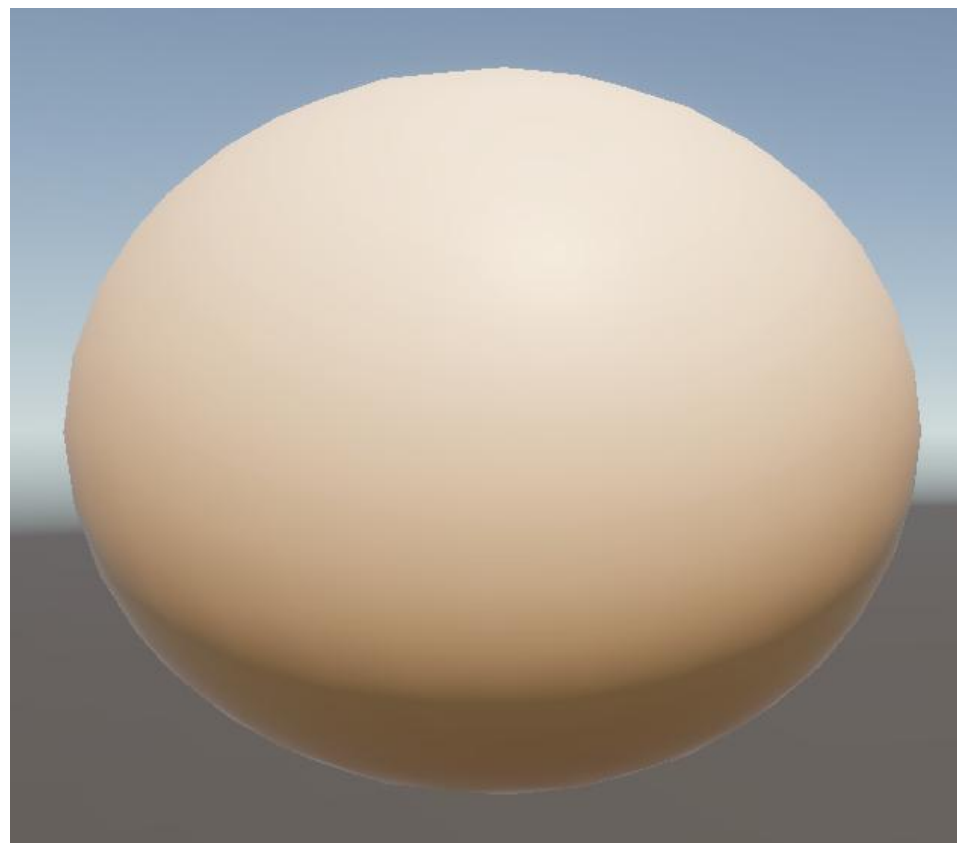


やってみよう

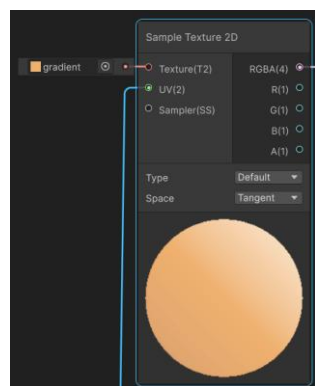
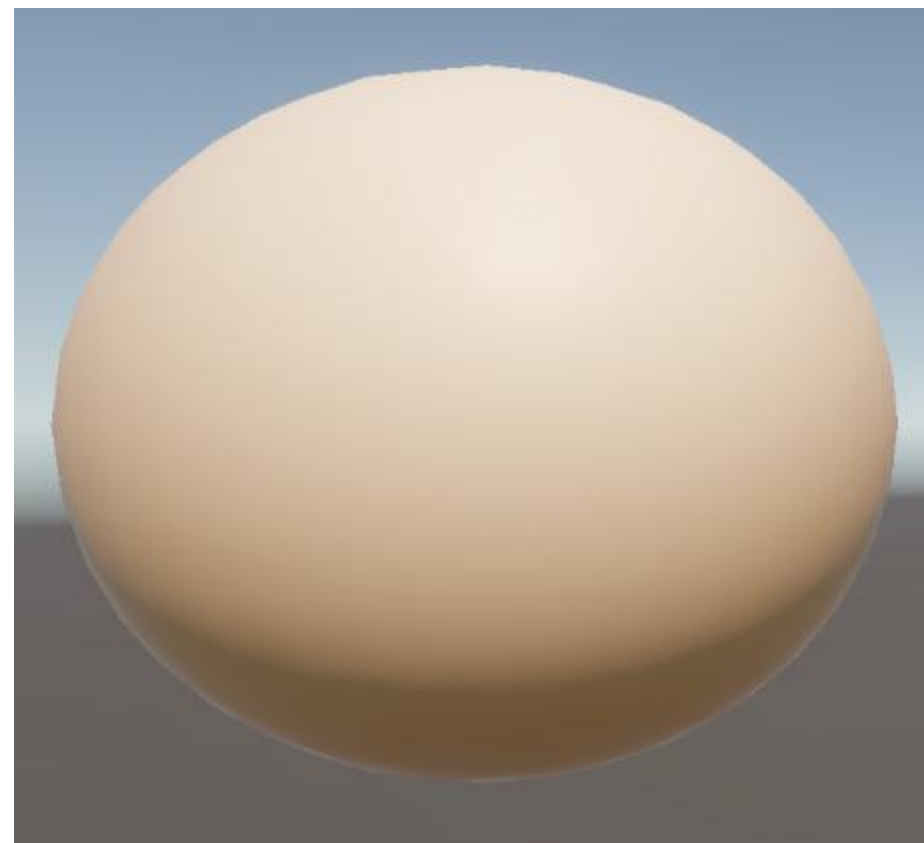


比較

Ramp Shading (texture)

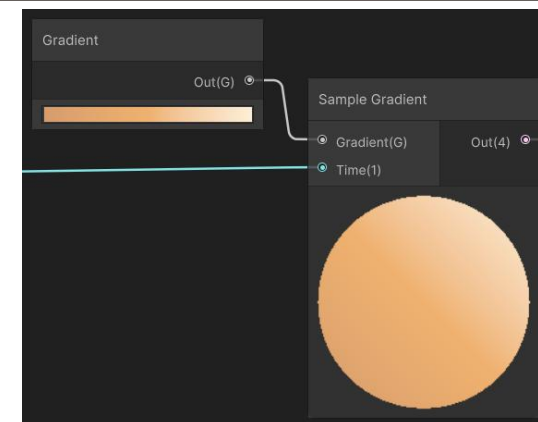


Ramp Shading (Gradient node)



1556px

(大き目のサイズで値自体に意味はない)



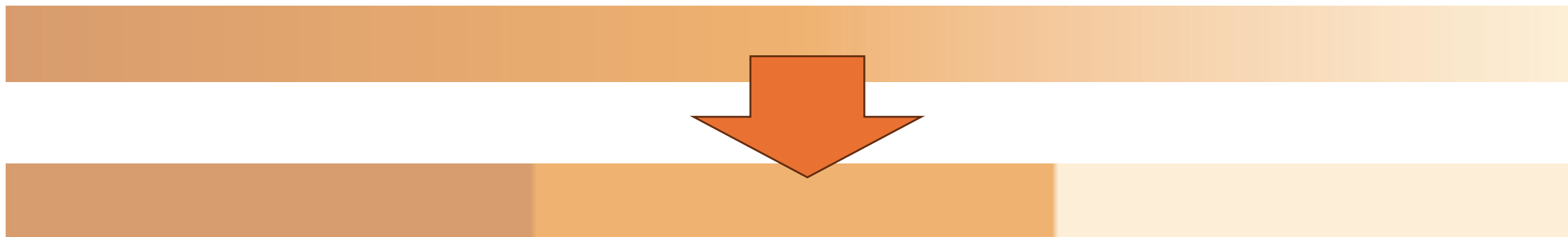
プログラムワークショップⅣ

アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

トウーンシェーディング

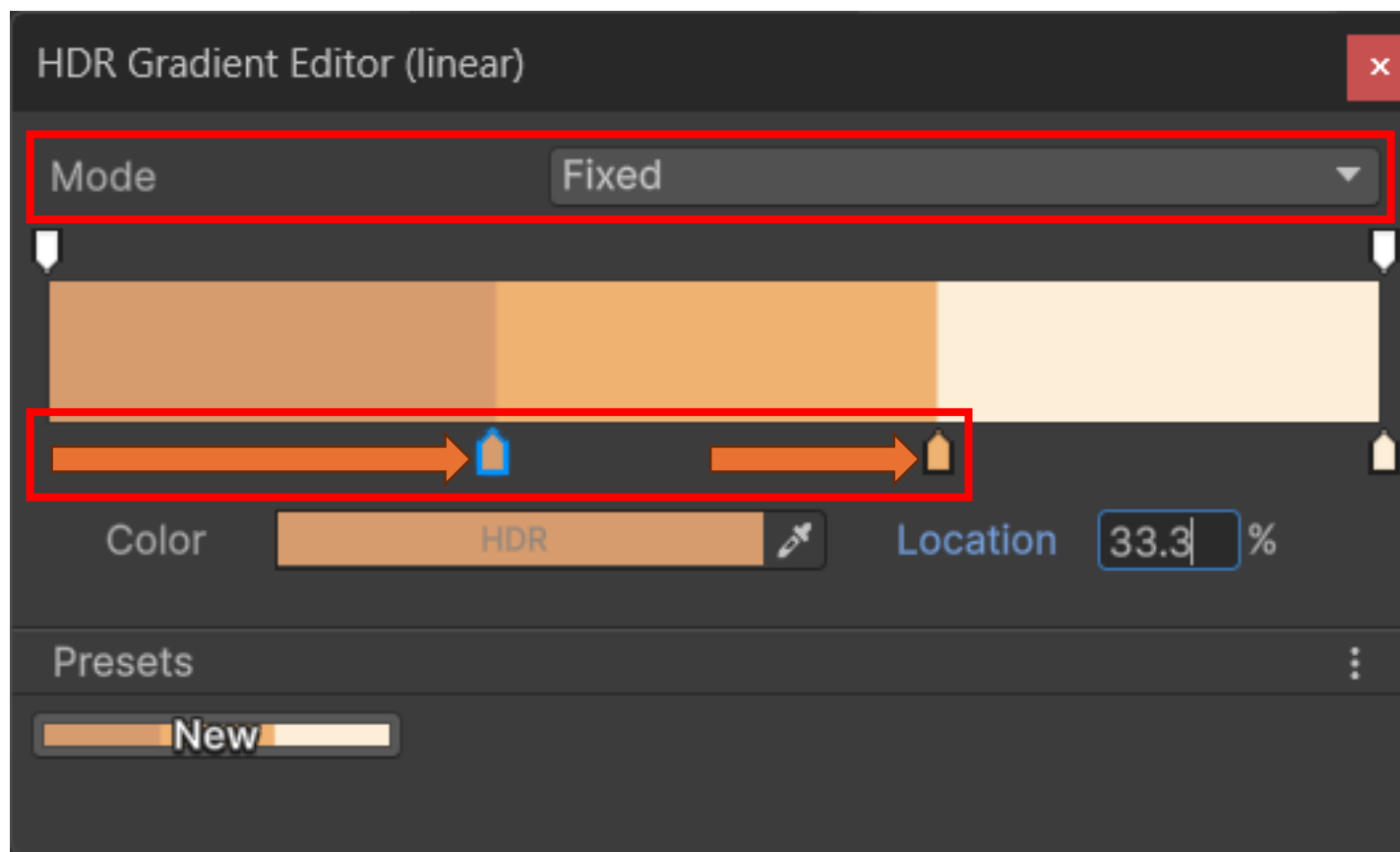
- 色の変化をなだらかではなくて、段階的にする



グラデーション設定

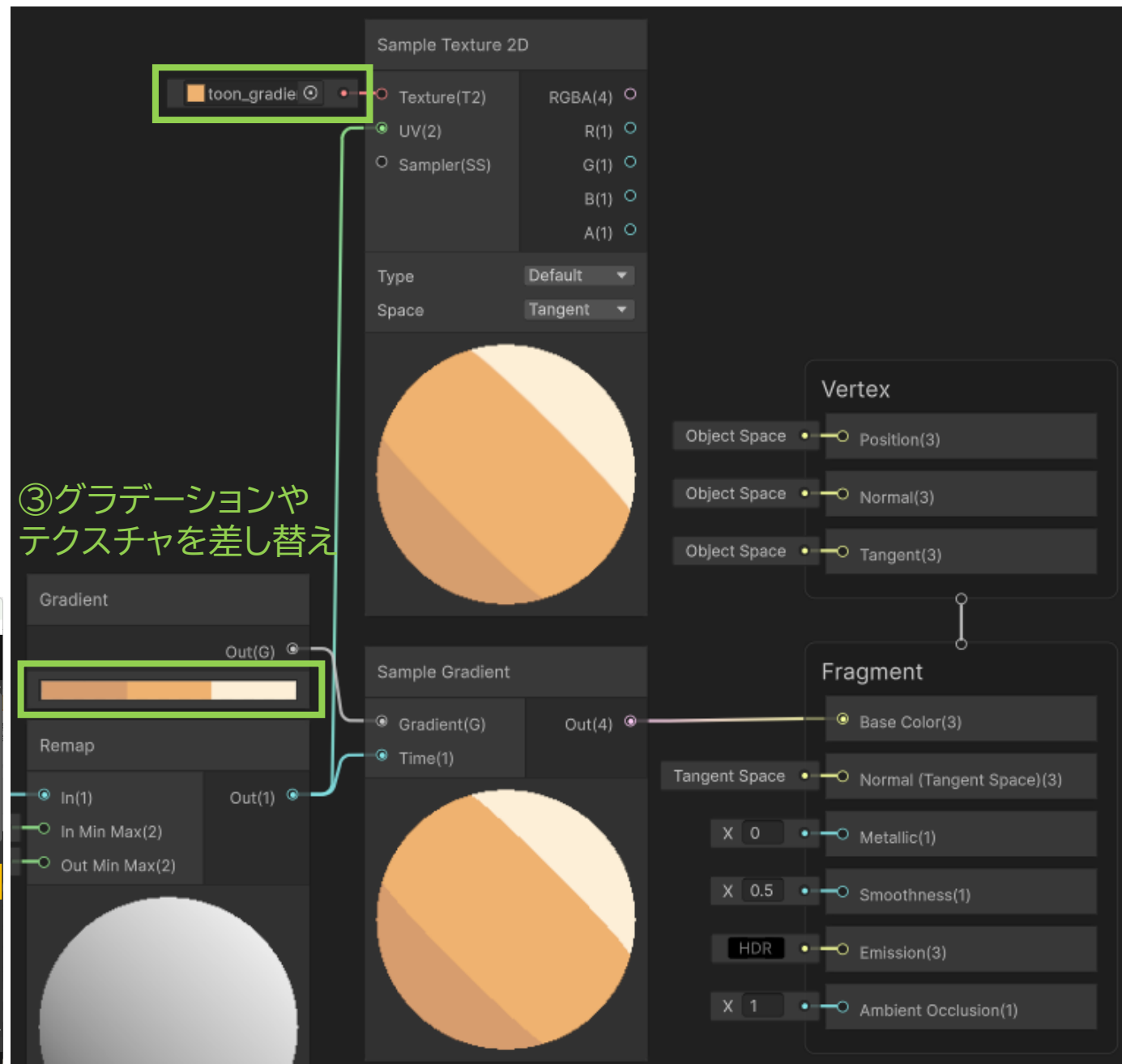
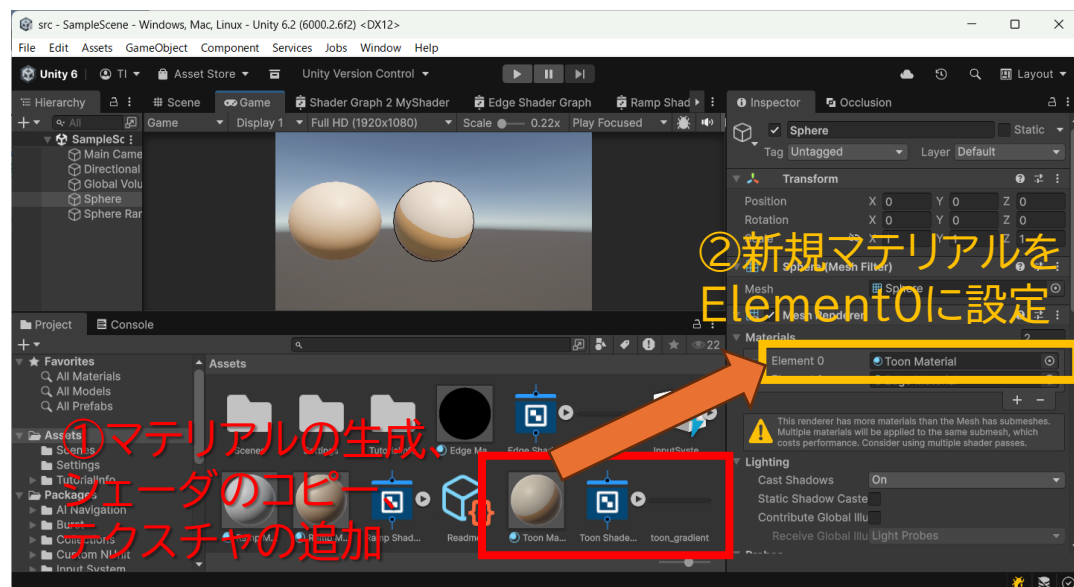
- ModeをFixedにすると段階的な変化に変わる

色の指定位置を変更

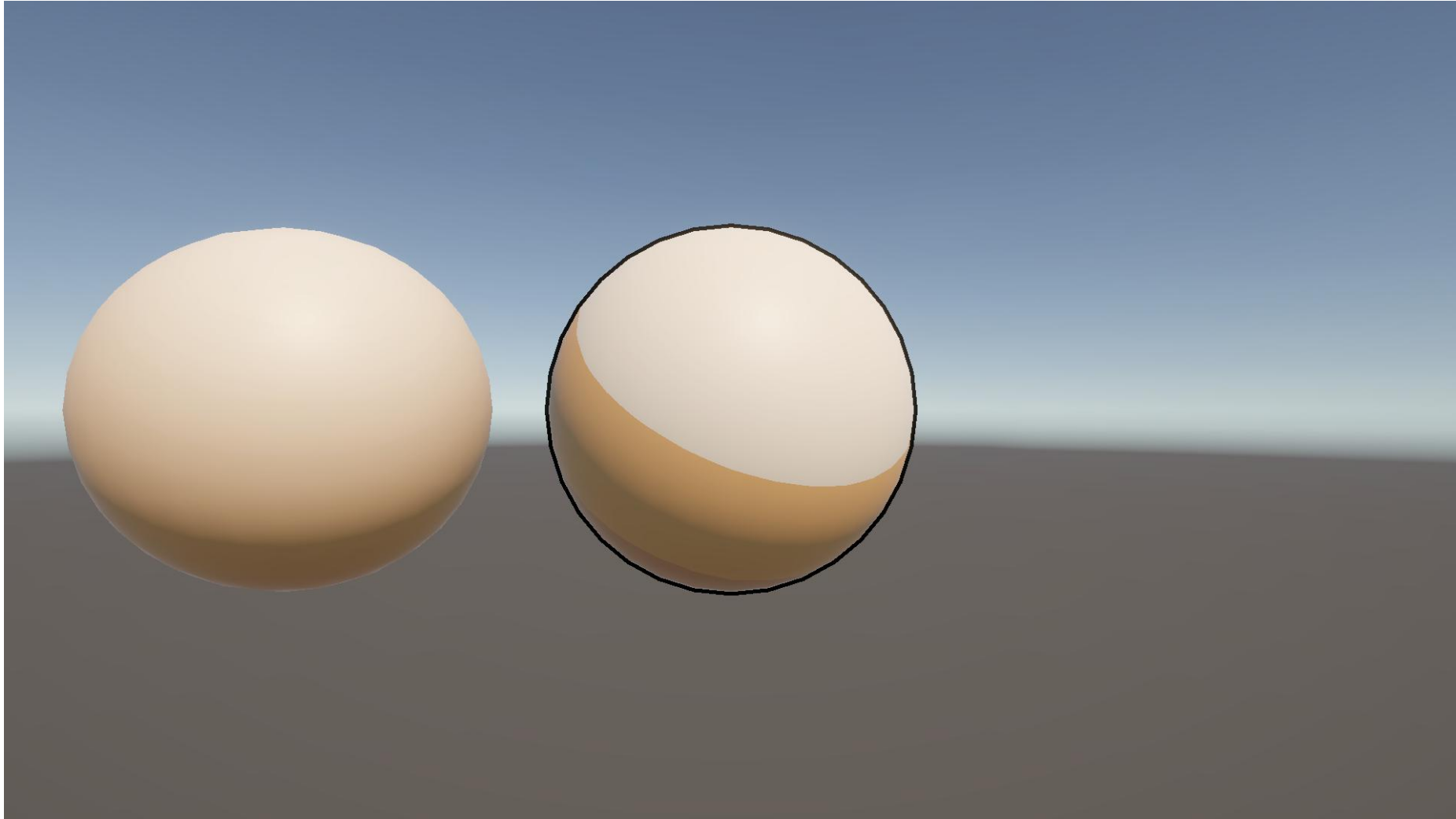


実装

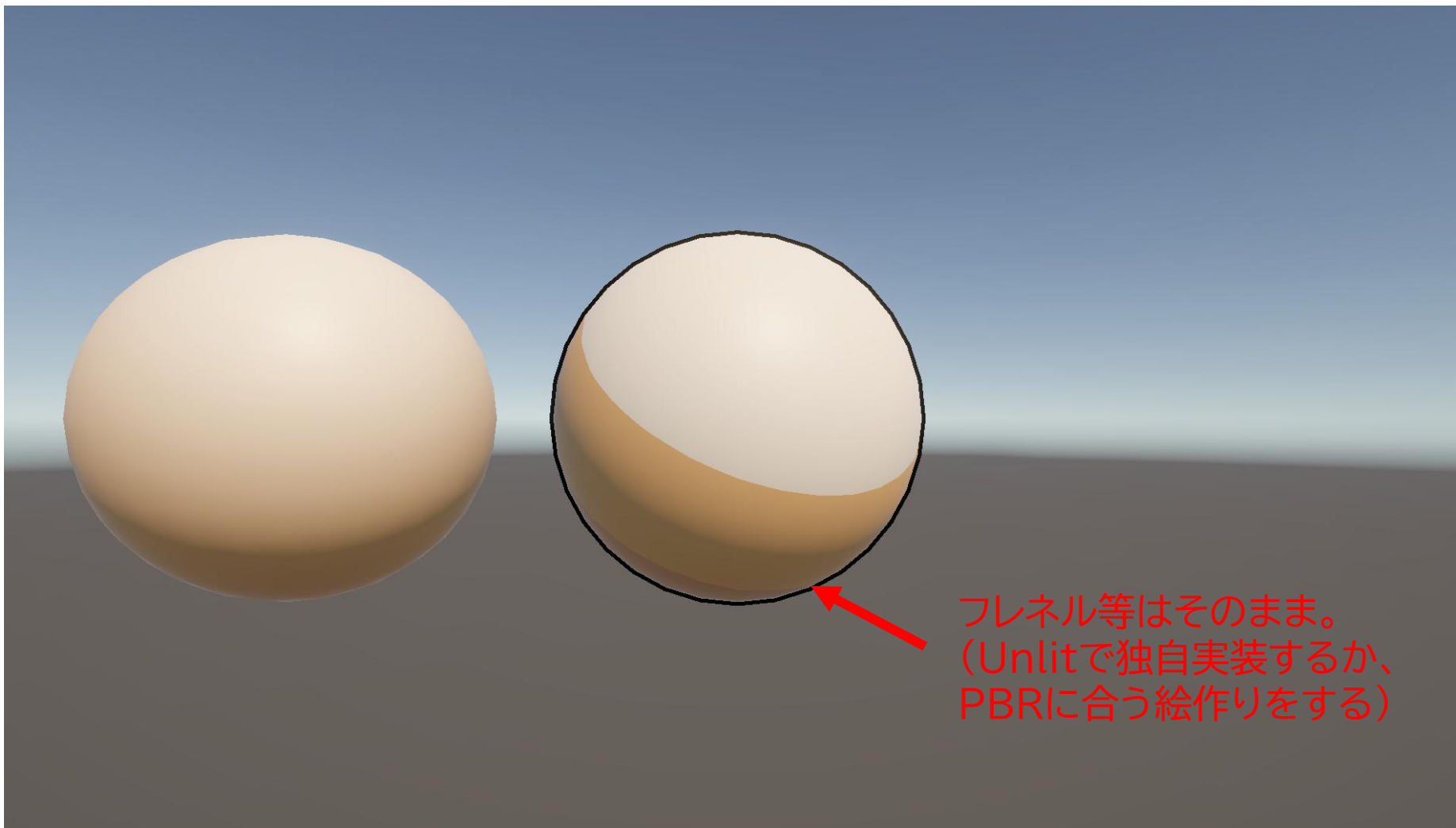
1. 新しくマテリアル、シェーダ、テクスチャ(段階的)を用意
 - ・シェーダはコピー
2. マテリアルをSphereに設定
3. グラデーションかテクスチャを差し替え



やってみよう



このツウーンはPBR的(ベースカラーのみ)



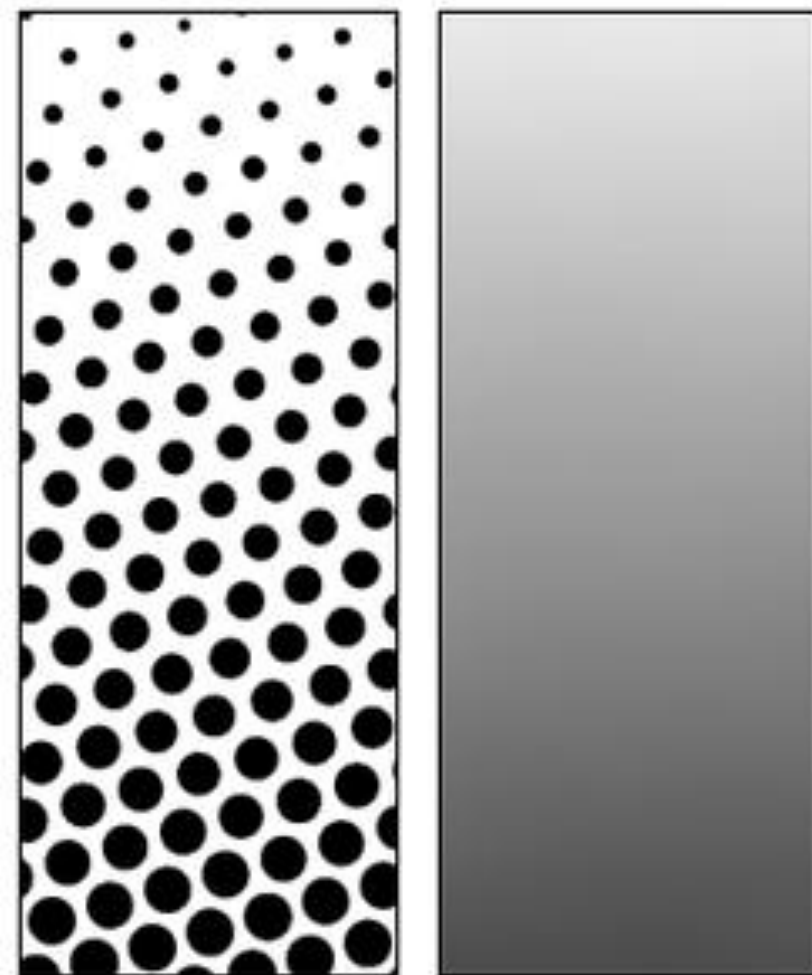
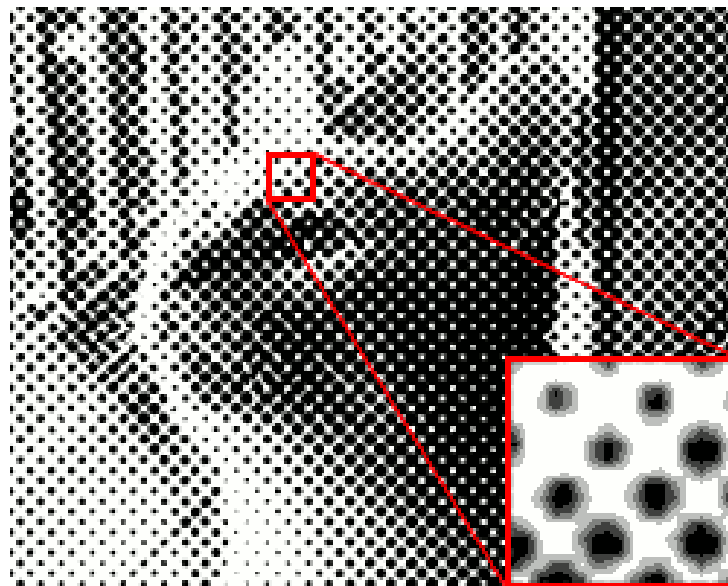
フレネル等はそのまま。
(Unlitで独自実装するか、
PBRに合う絵作りをする)

アジェンダ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
- NPR: 疑似ハーフトーン

NPR:さらなる発想ができるようになるろう

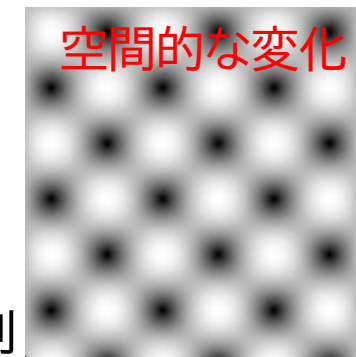
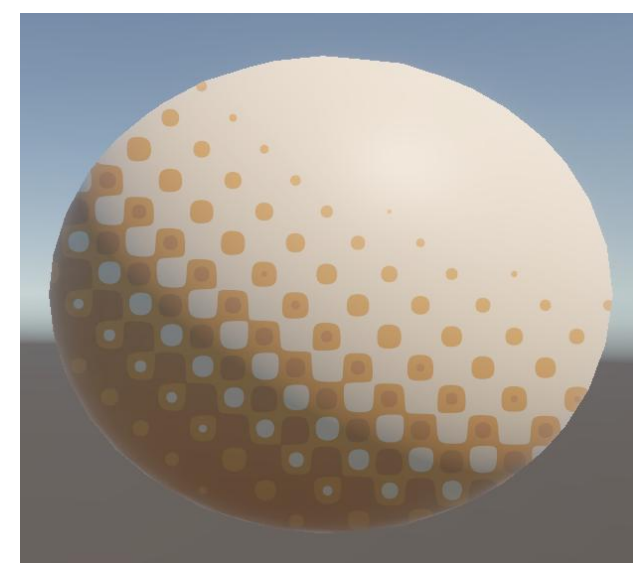
- ハーフトーン(網点)
 - 白黒を黒いインクの大きさで表現
 - 白:黒いインクを置かない
 - 黒:黒いインクで埋められる



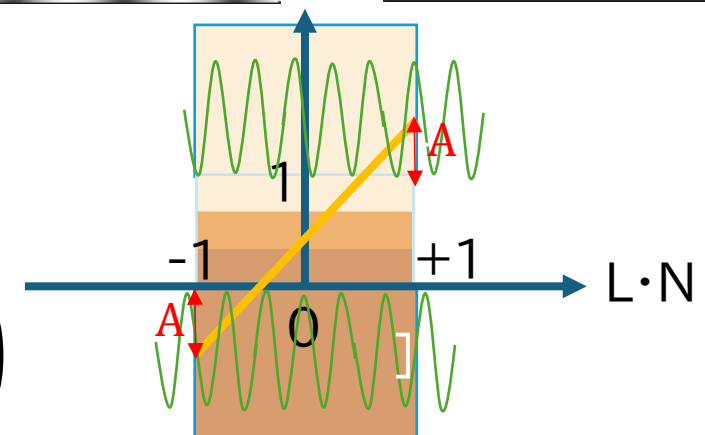
疑似ハーフトーン

- 実際に黒い点を置くこともできるが、ピクセルシェーダでの処理は大変なので、疑似的な方法を考える
 - ピクセル単位でそれっぽく判断
 - 空間的な縞模様を考える
 - 最も明るい場所と暗い場所では影響を受けない
 - 間の明るさでは縞模様の影響を受けるLambertの余弦則
 - 空間的に縞模様の変化を考える
 - rampに入れる値について
 - $L \cdot N = +1$: 縞模様で減ったとしても1
 - $L \cdot N = -1$: 縞模様で増やしたとしても0(以下)

そのような例
$$I = \text{Ramp} \left(\left(\frac{1}{2} + A \right) (N \cdot L) + \frac{1}{2} + A \sin(\omega X) \sin(\omega Y) \right)$$



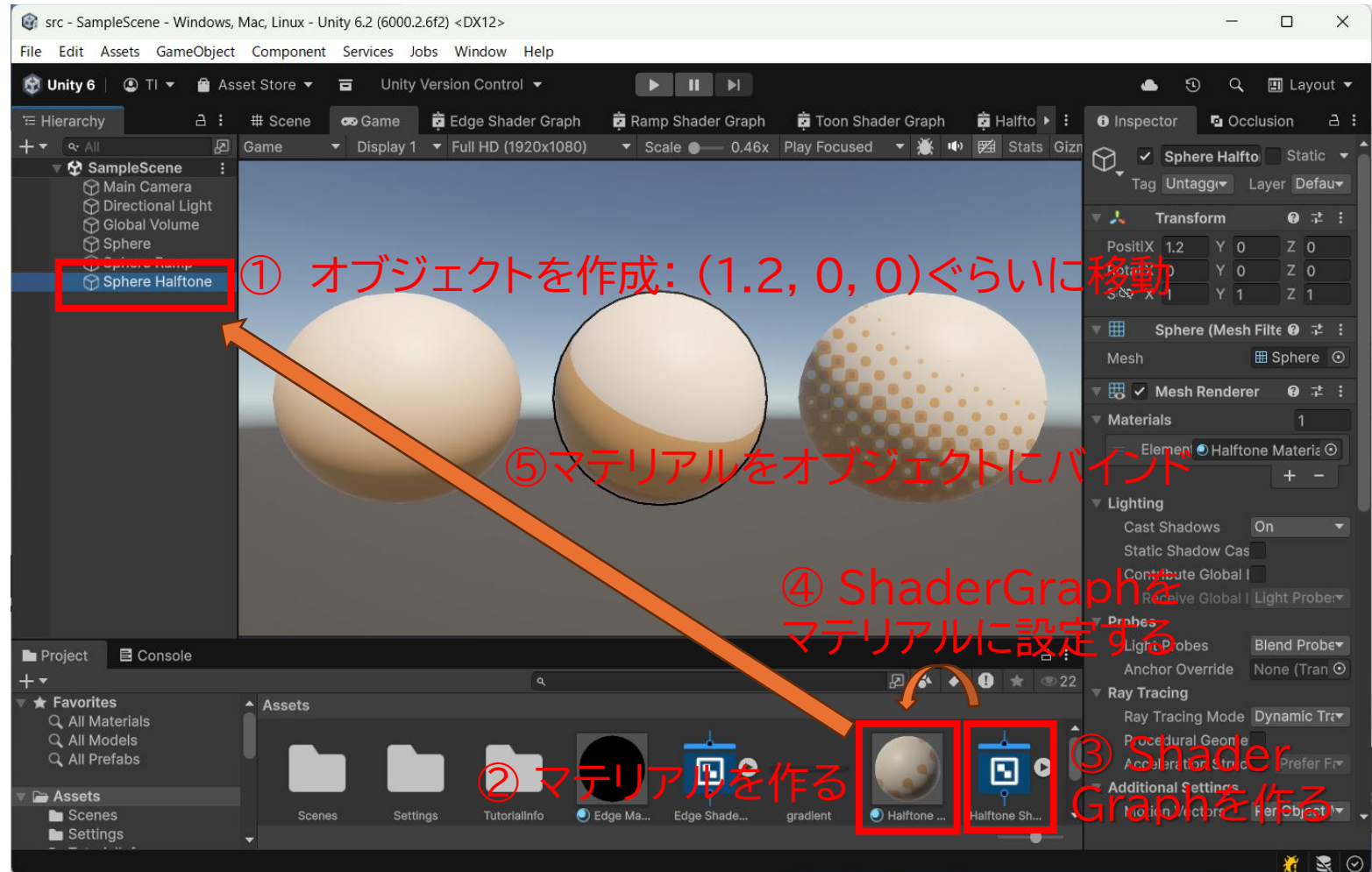
合成
*



プログラムワークショップⅣ

準備

1. オブジェクトを追加
2. マテリアルを追加
3. Lit Shader Graphをトゥーンから複製
4. Shader Graphをマテリアルに設定
5. マテリアルをオブジェクトにバインド



HalfTone Shader Graph

Amplitude float

size float

ハーフトーンのかけ具合
網点スクリーンの解像度

Main Light Direction

Direction(3)

Normal Vector

Out(3)

Space World

Dot Product

A(3)

B(3)

Out(1)

$-N \cdot L$

Add

A(1)

B(1)

Out(1)

Multiply

A(1)

B(1)

Out(1)

Combine

R(1)

G(1)

B(1)

A(1)

RGBA(4)

RGB(3)

RG(2)

$(1 + A, -A)$

Remap

In(1)

In Min Max(2)

Out Min Max(2)

Out(1)

$X -1 \quad Y 1$

Vertex

Object Space

Position(3)

Normal(3)

Tangent(3)

Fragment

Base Color(3)

Tangent Space

Normal (Tangent Space)(3)

X 0

X 0.5

HDR

Emission(3)

X 1

Ambient Occlusion(1)

Sample Texture 2D

toon_gradie

Texture(T2)

UV(2)

Sampler(SS)

RGBA(4)

R(1)

G(1)

B(1)

A(1)

Type Default

Space Tangent

Add

A(1)

B(1)

Out(1)

size(1)

Screen Position

Out(4)

Mode Pixel

Multiply

A(4)

B(4)

Out(4)

Sine

In(4)

Out(4)

Split

R(1)

G(1)

B(1)

A(1)

Multiply

A(1)

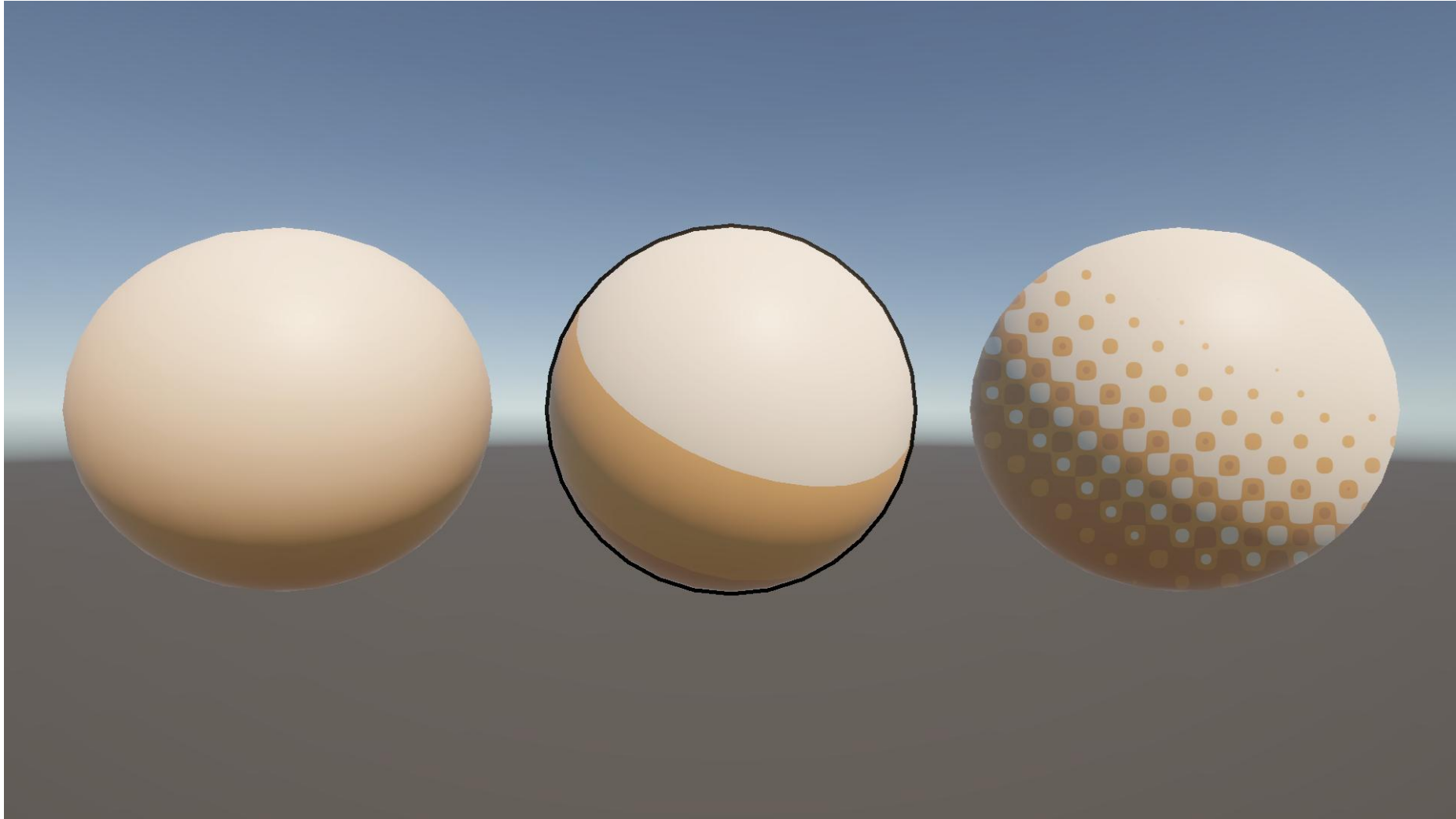
B(1)

Out(1)

Amplitude(1)

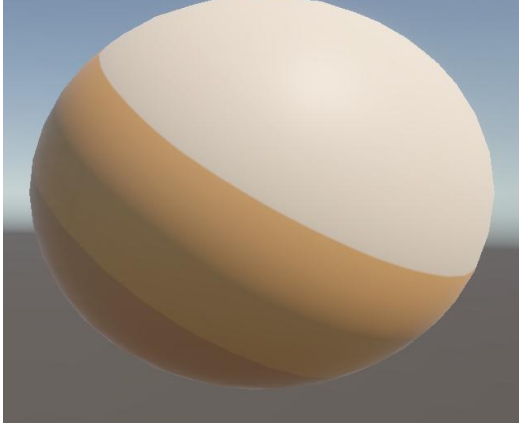
$A \sin(\omega X) \sin(\omega Y)$

やってみよう

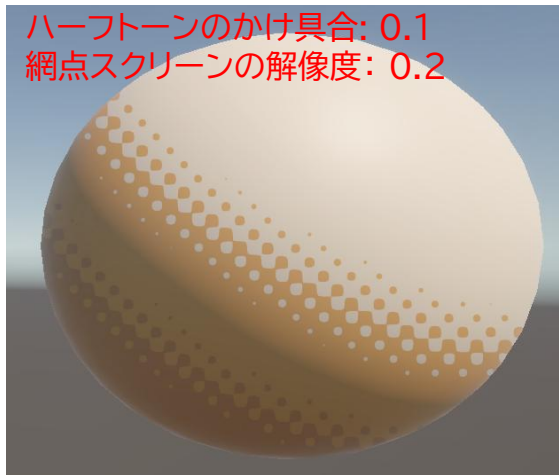


パラメータ変化

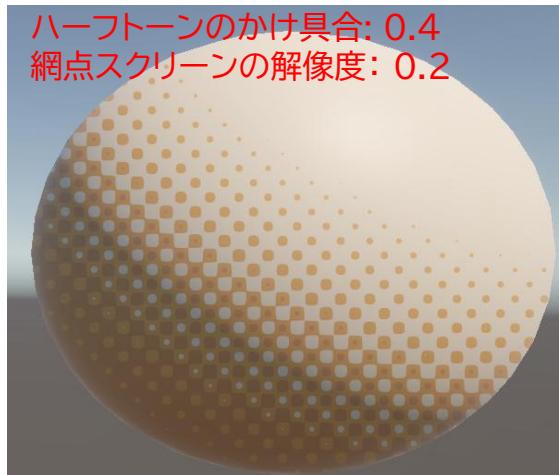
ハーフトーンのかけ具合: 0



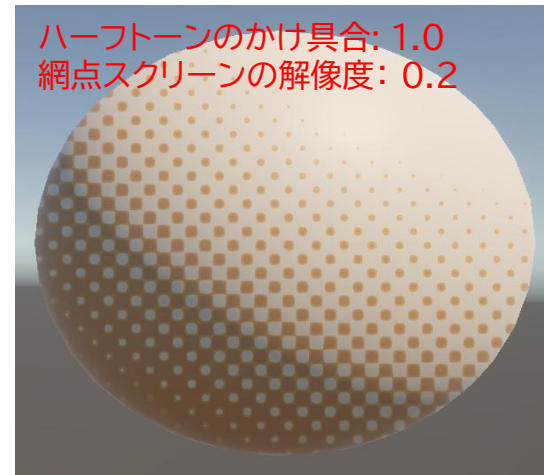
ハーフトーンのかけ具合: 0.1
網点スクリーンの解像度: 0.2



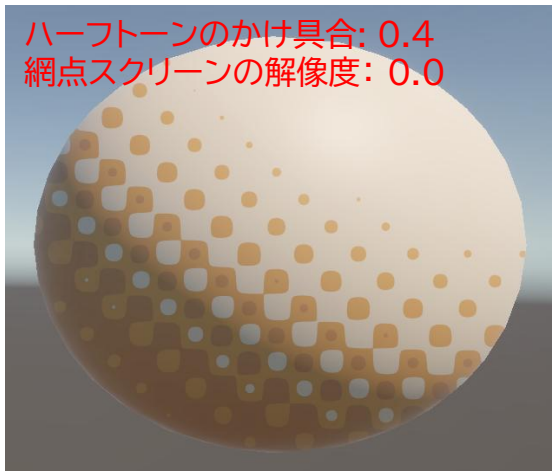
ハーフトーンのかけ具合: 0.4
網点スクリーンの解像度: 0.2



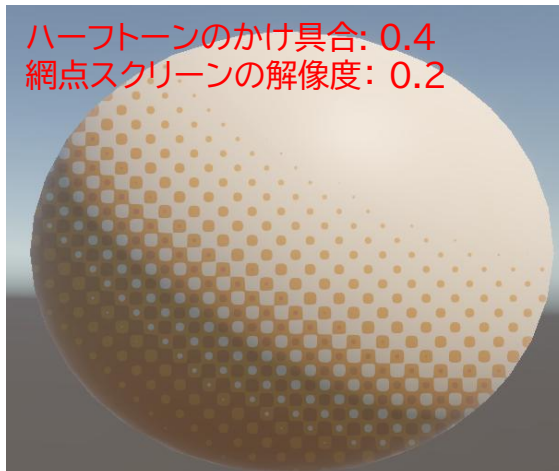
ハーフトーンのかけ具合: 1.0
網点スクリーンの解像度: 0.2



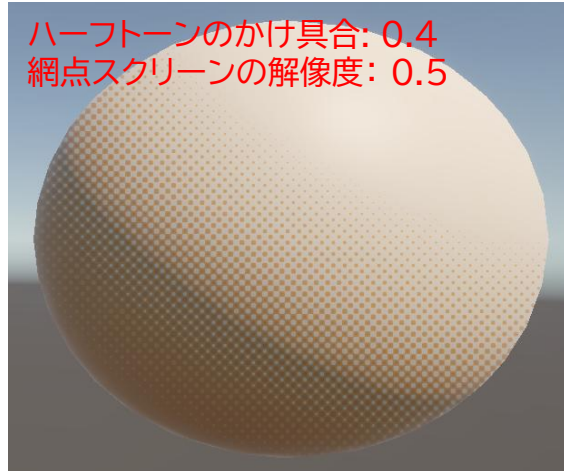
ハーフトーンのかけ具合: 0.4
網点スクリーンの解像度: 0.0



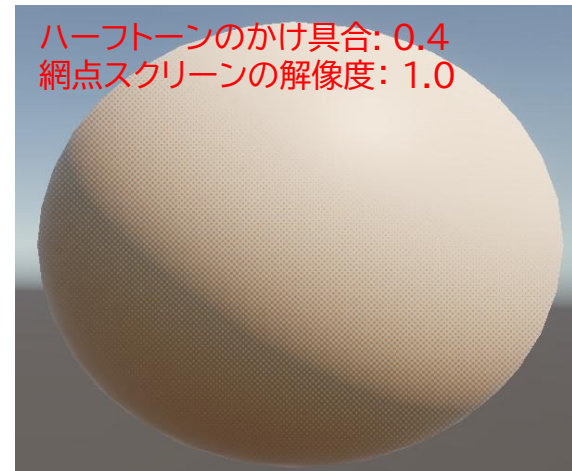
ハーフトーンのかけ具合: 0.4
網点スクリーンの解像度: 0.2



ハーフトーンのかけ具合: 0.4
網点スクリーンの解像度: 0.5



ハーフトーンのかけ具合: 0.4
網点スクリーンの解像度: 1.0



まとめ

- トゥーンレンダリングとは
- 輪郭
 - 概要
 - 背面法による輪郭生成
 - ソフトエッジのポリゴン形状の輪郭
- 段階的陰影
 - ランプシェーディング
 - グラデーション
 - テクスチャ
 - トゥーンシェーディング
 - 段階的な色分け
- NPR: 疑似ハーフトーン
 - ドットを使ったトゥーンの表現