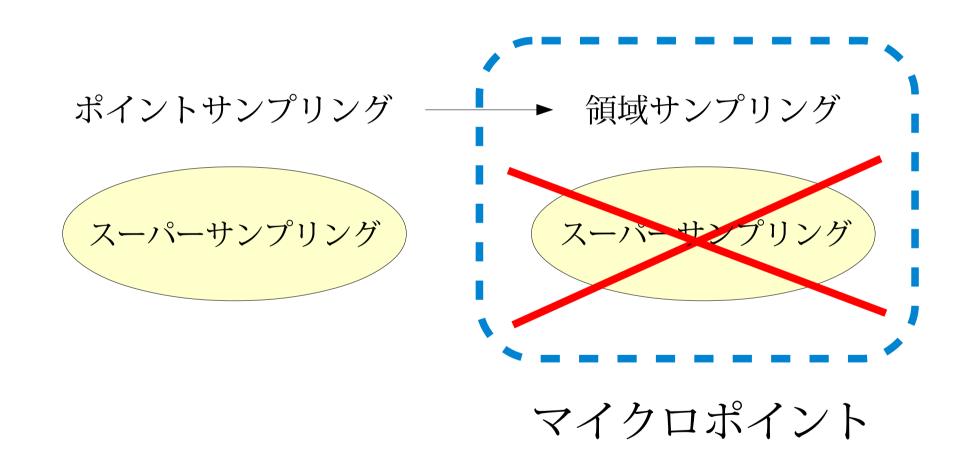
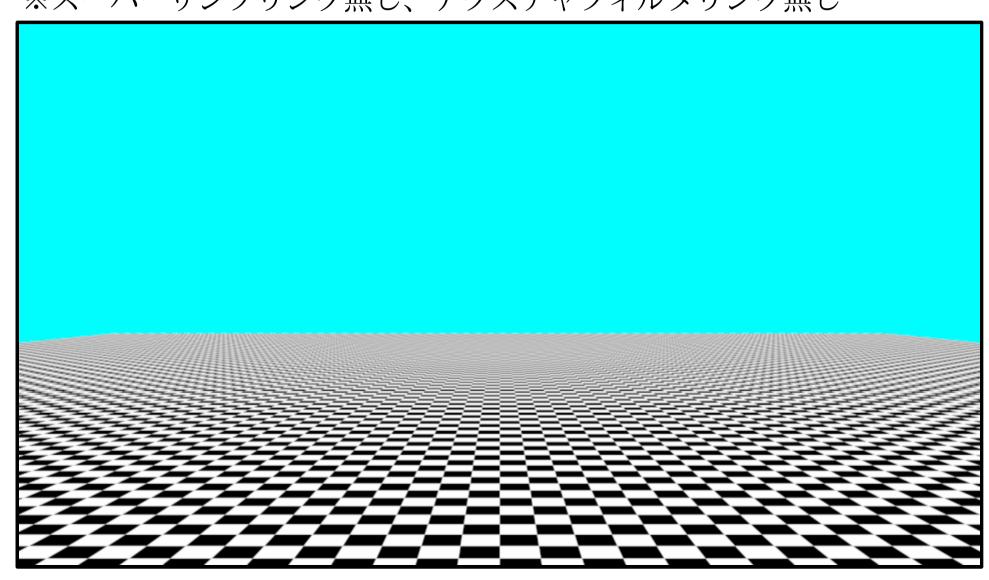
### Micro Point Based Shadow

高桑昌男(フリーランス)、飯倉宏治(静岡理工科大学)



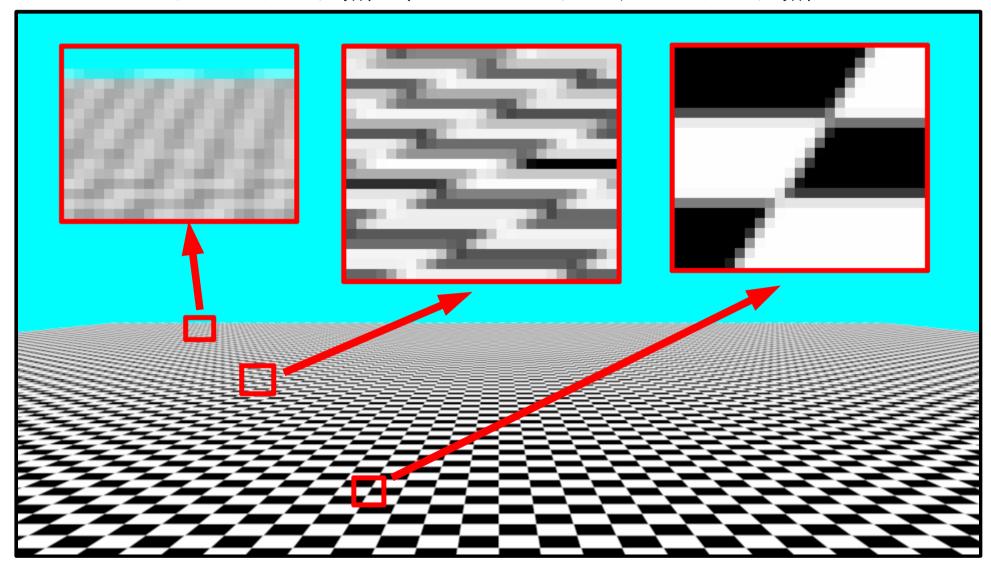
### マイクロポイントによるレンダリング例

※スーパーサンプリング無し、テクスチャフィルタリング無し

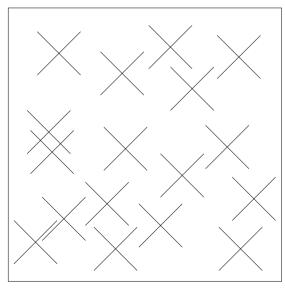


### マイクロポイントによるレンダリング例

※スーパーサンプリング無し、テクスチャフィルタリング無し

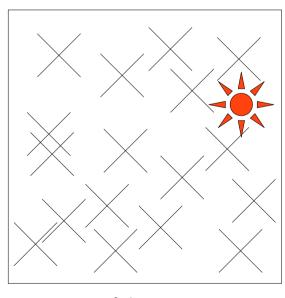


# 高周波成分──スーパーサンプリング ▶ ピクセル



ピクセル

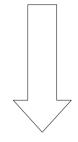
# 高周波成分──スーパーサンプリング ▶ ピクセル



ピクセル

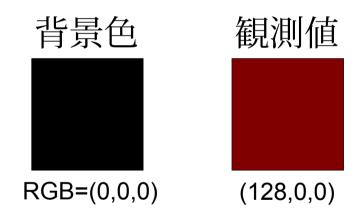


高周波成分──低周波成分化── ピクセル

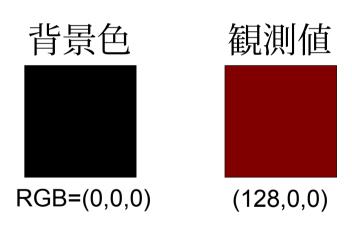


マイクロポイント

### ピクセルの色とは何か?



### ピクセルの色とは何か?



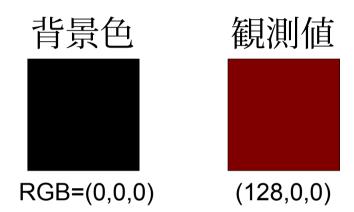
量子力学では…

プランク長以下の世界

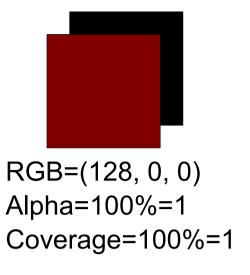
位置と運動量を同時に、厳密に、測定できない

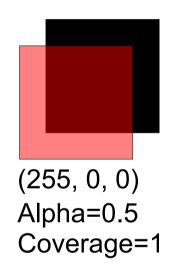
ピクセル長以下の世界 — 専有面積 と 透明度 と 色 を一意に 決定できない

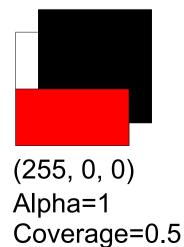
### ピクセルの色とは何か?

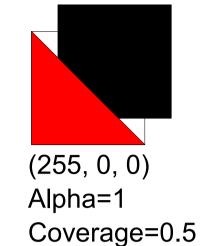


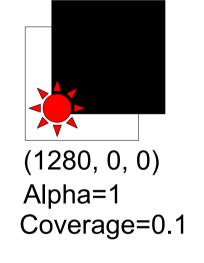
観測值=占有率×不透明度×色





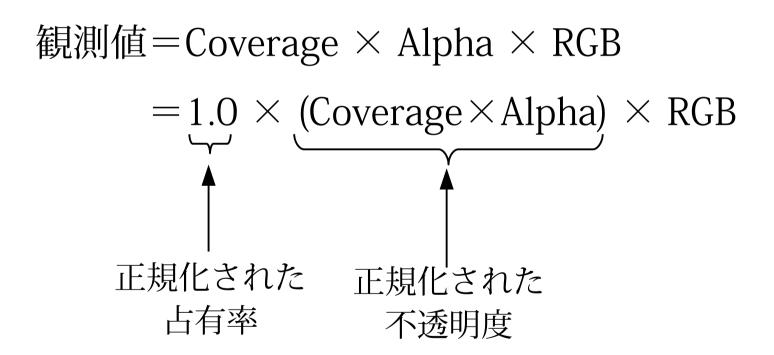








### 観測値の解釈



高周波成分——低周波成分化

#### 高周波成分

占有率 : 0.000001%

不透明度:1.0

輝 度: 10万

オブジェクト

#### 低周波成分

占有率 : 100%

不透明度: 0.00001

輝 度: 10万

マイクロポイント

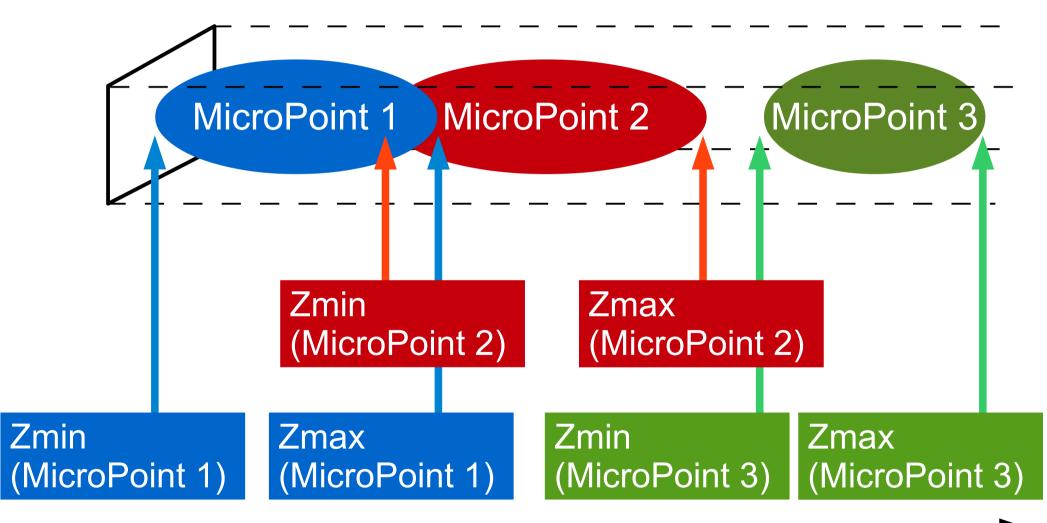
正規化された透明度

各種の付属情報(オプション) 法線、ライト情報、etc

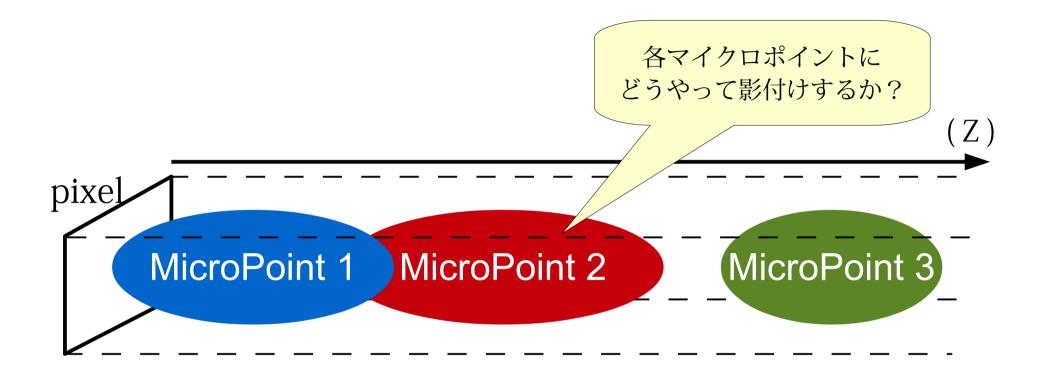
#### ピクセルを横から見た図

(実際には ½ × ½ サイズのサブピクセル)

※実装上は特に違いは無い為、以下、特にサブピクセルであることを断らない



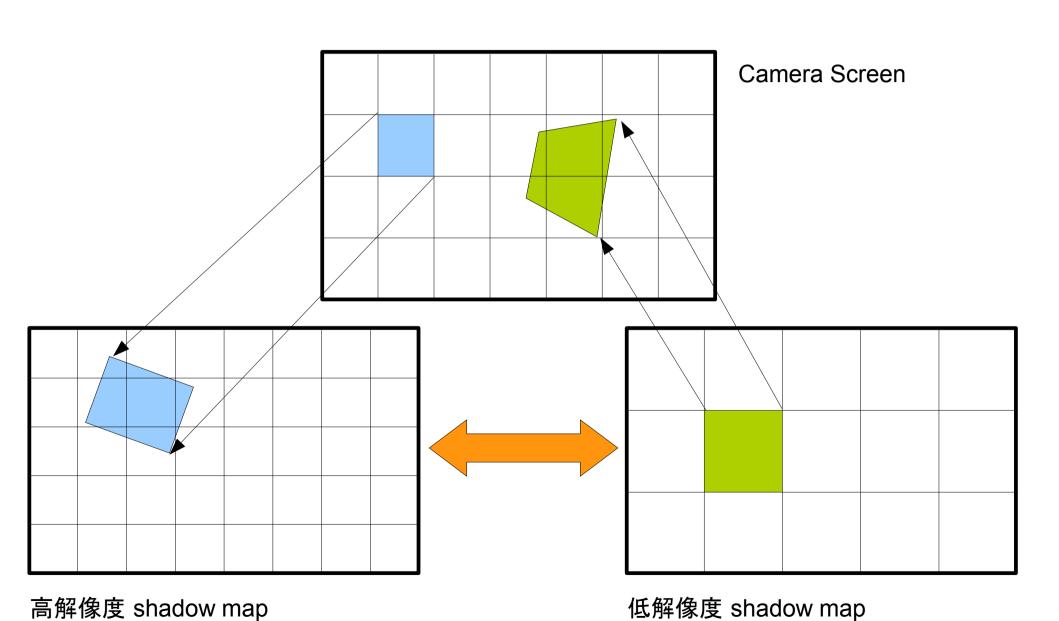
### マイクロポイントへの影付けは?



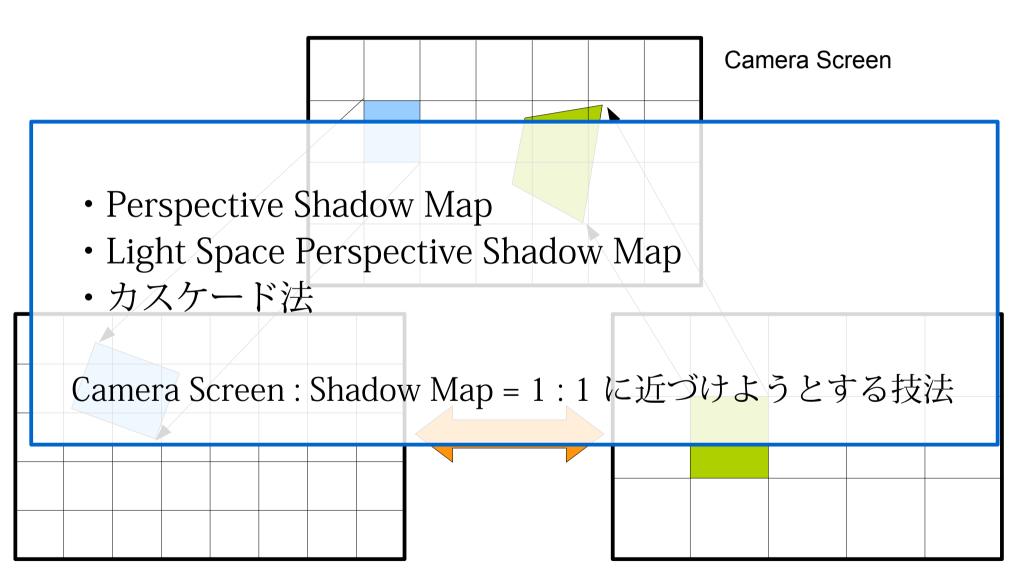
- ・レイトレーシング? → スーパーサンプリング
- ・ステンシルバッファ? → バッファの問題(シャドウボリュームは高周波成分を保存しているが…)
- ・シャドウマップ? → ??? (解はあるか?)

シャドウマップを 領域サンプリングの視点で考えてみると…

## 高解像度シャドウマップと低解像度シャドウマップ



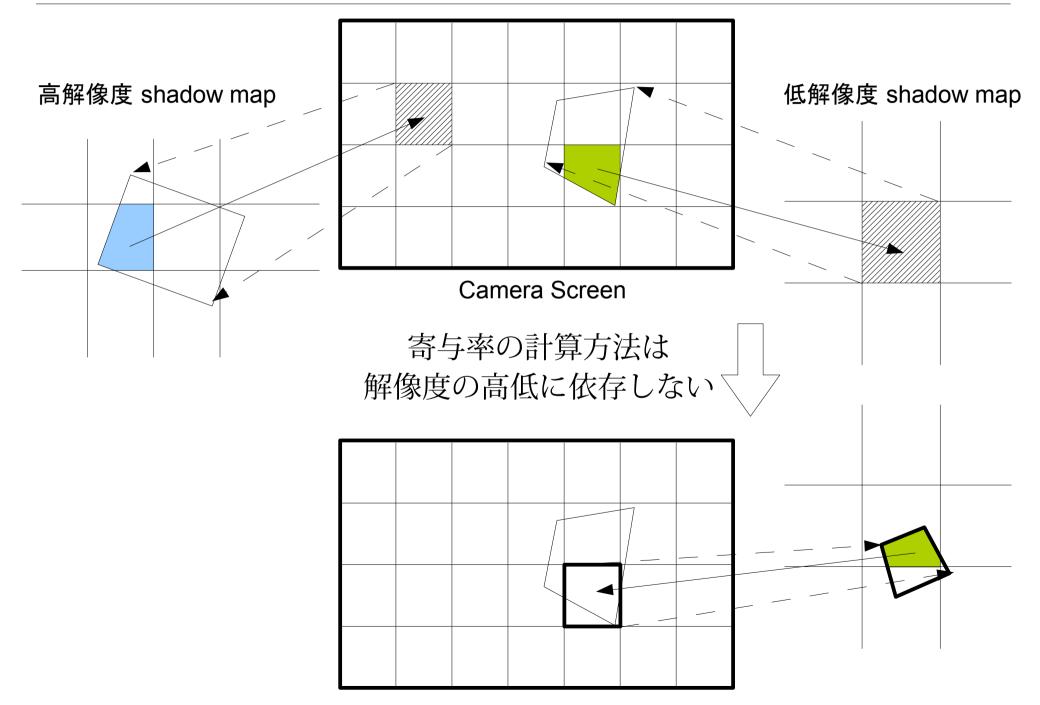
## 高解像度シャドウマップと低解像度シャドウマップ



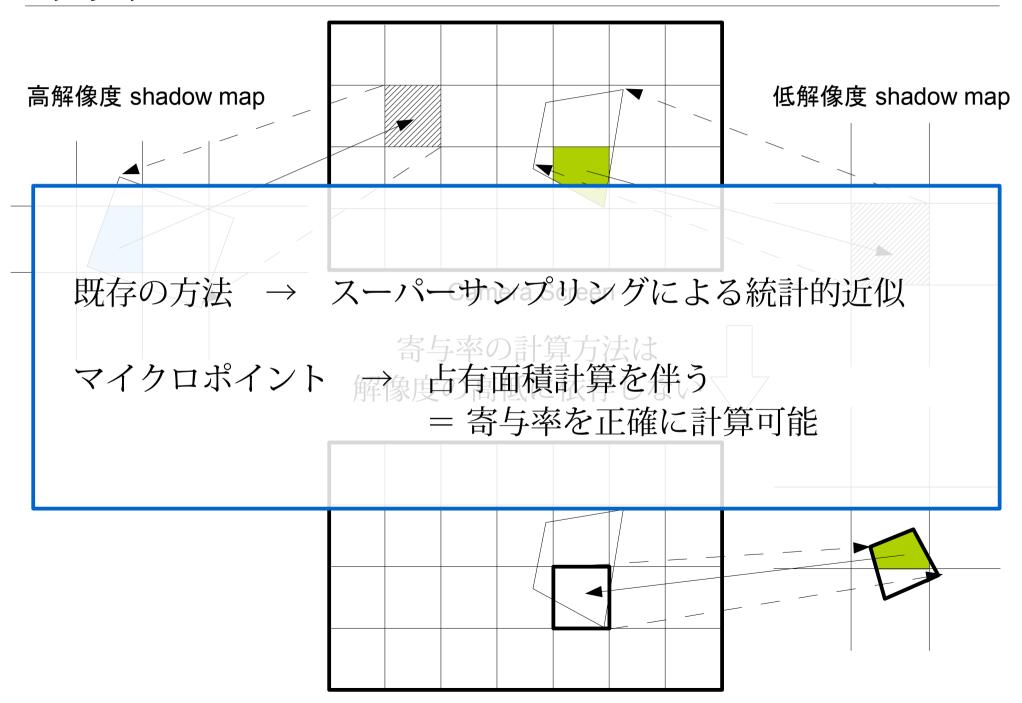
高解像度 shadow map

低解像度 shadow map

### 寄与率

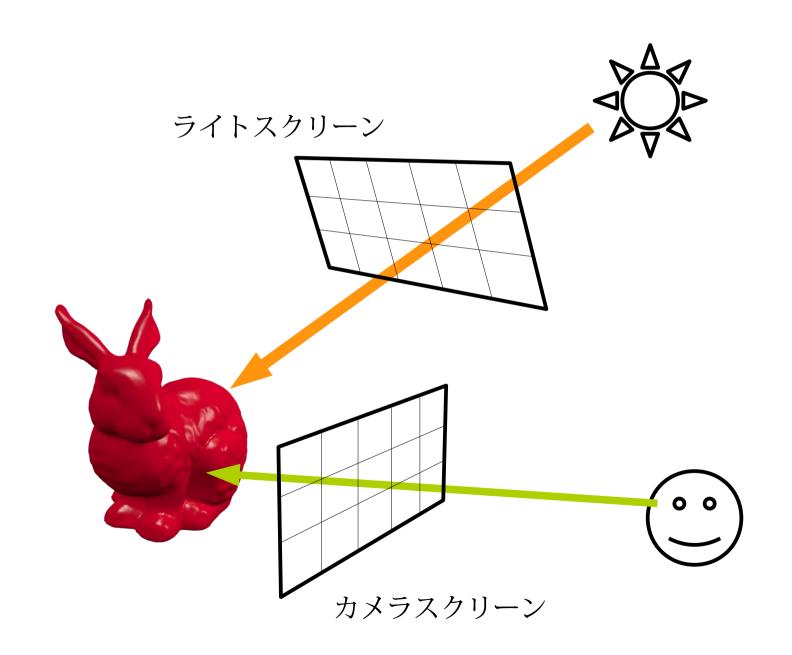


### 寄与率



Micro Point Based Shadow (MPBS)

### カメラスクリーン と ライトスクリーン



オブジェクト

付随する各種パラメータの分散が十分に小さくなるようにダイシング

オブジェクト片

カメラスクリーンの格子にてダイシング

微小オブジェクト ── シャドウマイクロポイント

ノー・リンク

マイクロポイント

#### Step 3

シェーディングおよびピクセル化

※可視マイクロポイントに対して

ピクセル化カメラクリーン

#### Step 2

照光されている部分と、そうでない部分の 面積を加算

> 照光処理 ライトスクリーン

オブジェクト

付随する各種パラメータの分散が十分に小さくなるようにダイシング

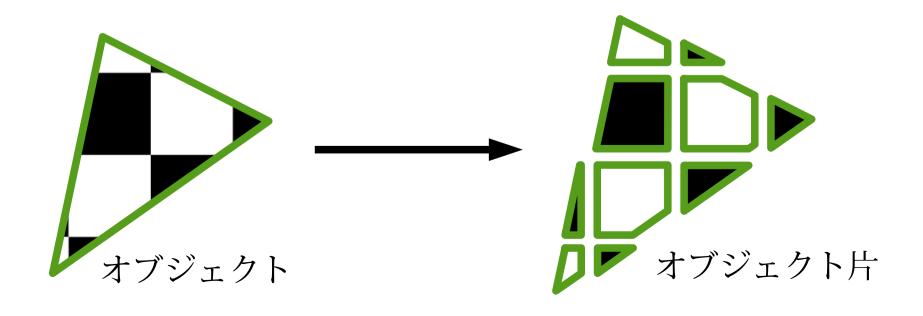
オブジェクト片

カメラスクリーンの格子にてダイシング

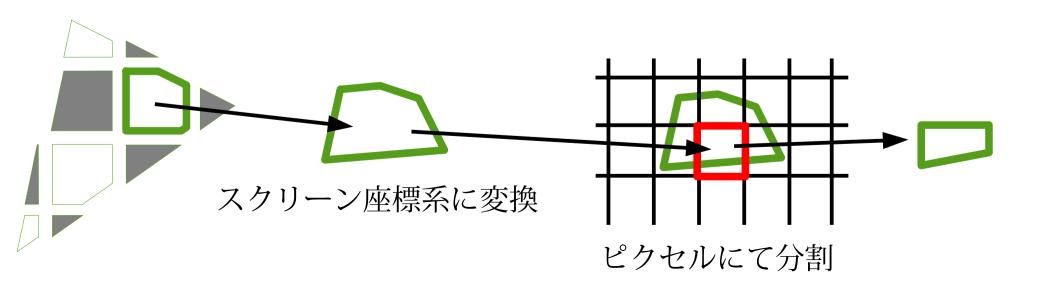
微小オブジェクト —— シャドウマイクロポイント

リー・リンク

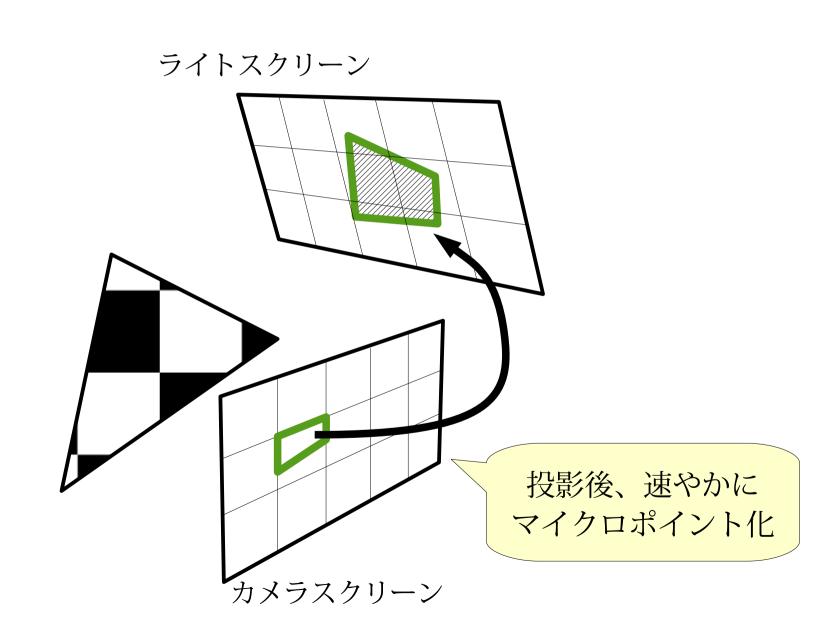
マイクロポイント



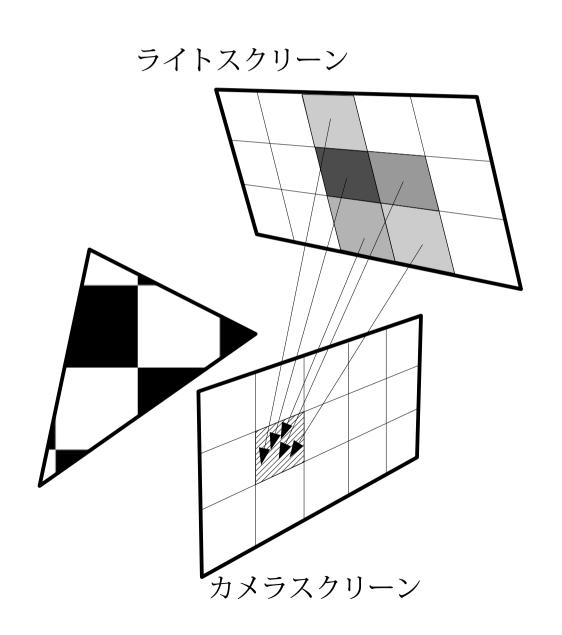
マイクロポイント



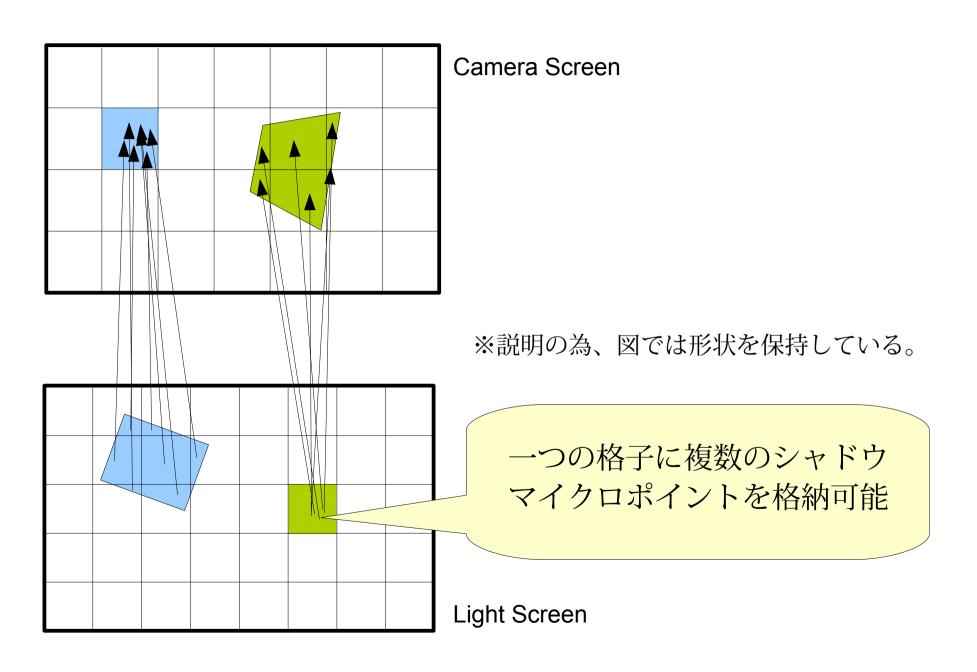
## ライトスクリーンへの投影



## シャドウマイクロポイント化



### シャドウマイクロポイントとマイクロポイント



オブジェクト

**|** 

付随する各種パラメータの分散が十分に小さくなるようにダイシング

オブジェクト片

カメラスクリーンの格子にてダイシング

微小オブジェクト片 ——

→ シャドウマイクロポイント

リンク

マイクロポイント

Step 3

シェーディングおよびピクセル化

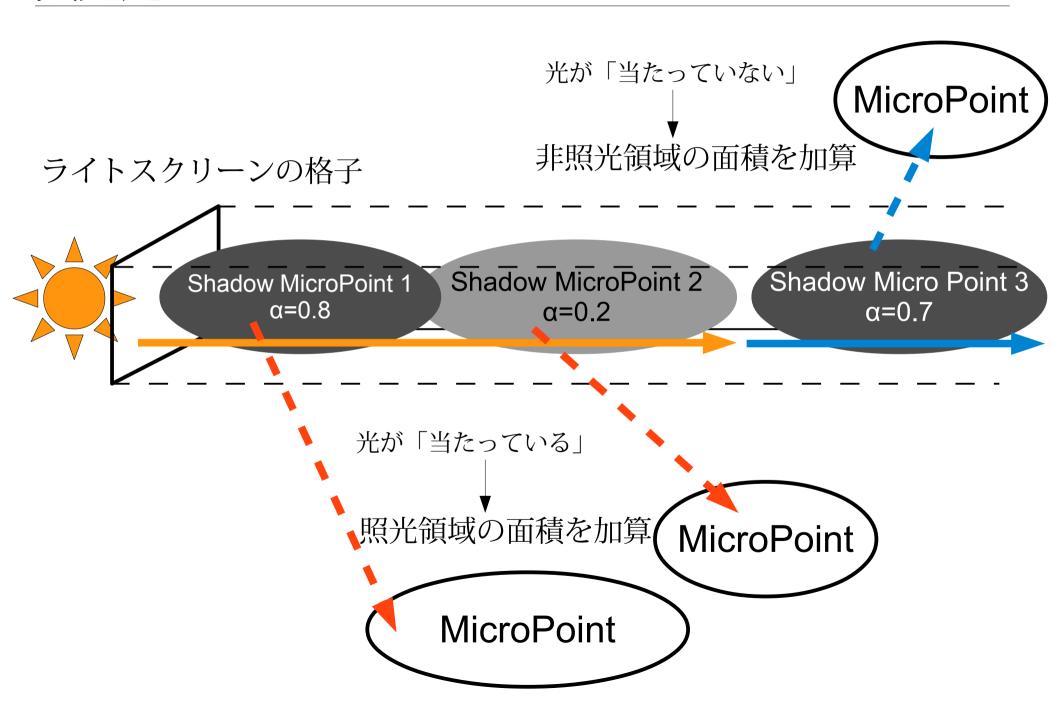
※可視マイクロポイントに対して

ピクセル化カメラクリーン

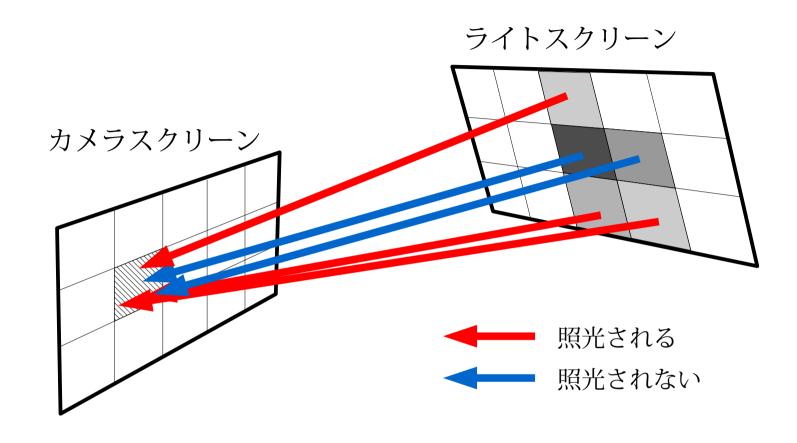
Step 2

照光されている部分と、そうでない部分の 面積を加算

> 照光処理 ライトスクリーン



### 照光処理



マイクロポイントが 照光される割合 照光領域の総面積

照光領域の総面積+非照光領域の総面積

オブジェクト

**\** 

付随する各種パラメータの分散が十分に小さくなるようにダイシング

オブジェクト片

カメラスクリーンの格子にてダイシング

微小オブジェクト片 ——

→ シャドウマイクロポイント ー

・「リンク

マイクロポイント

Step 3

シェーディングおよびピクセル化

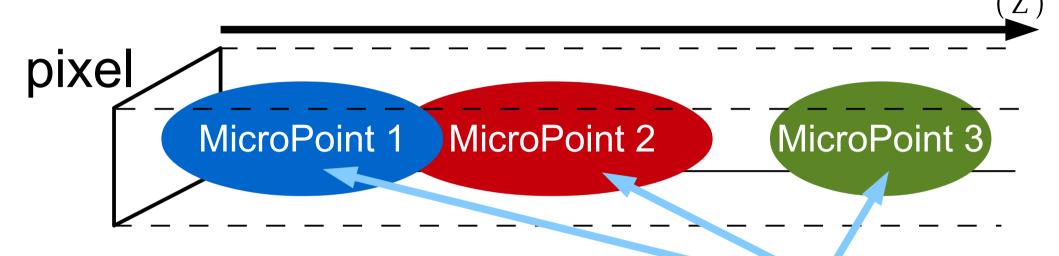
※可視マイクロポイントに対して

ピクセル化 カメラクリーン Step 2

照光されている部分と、そうでない部分の 面積を加算

照光処理ライトスクリーン

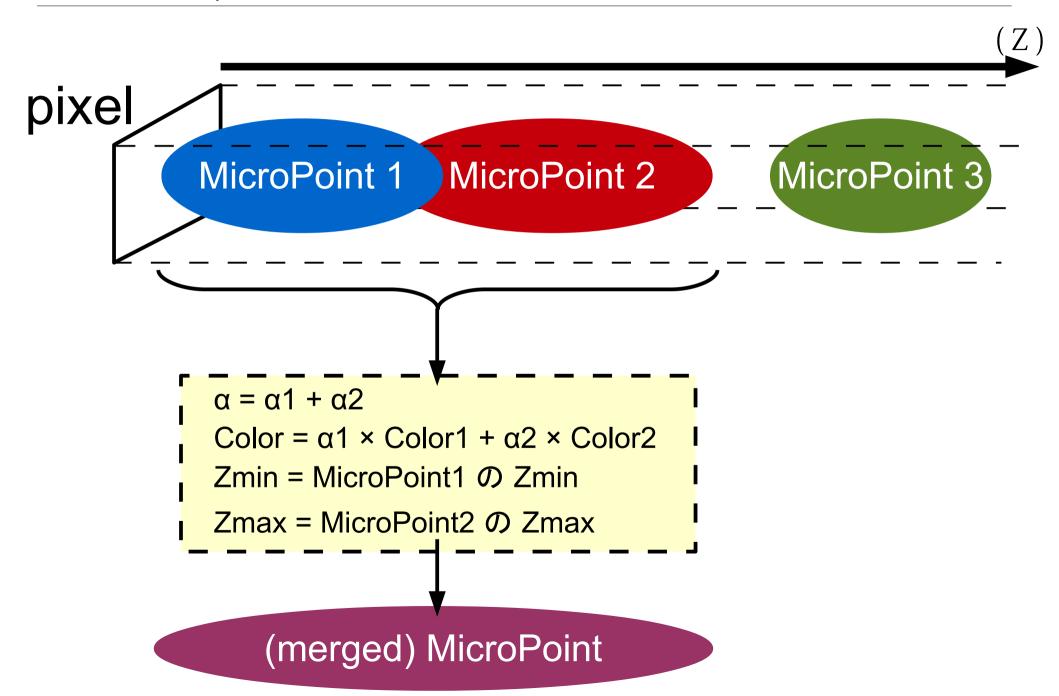
### シェーディング (および影付け)



シェーダにて色付け(影付け含む)

```
float lighted = 照光領域の面積の総和;
If( lighted > 0 ) {
    float unlighted = 非照光領域の面積の総和
    float s = lighted / ( lighted + unlighted );
    return s * ( lambert + specular ) + ambient;
} else {
    return ambient;
}
```

### ピクセル化



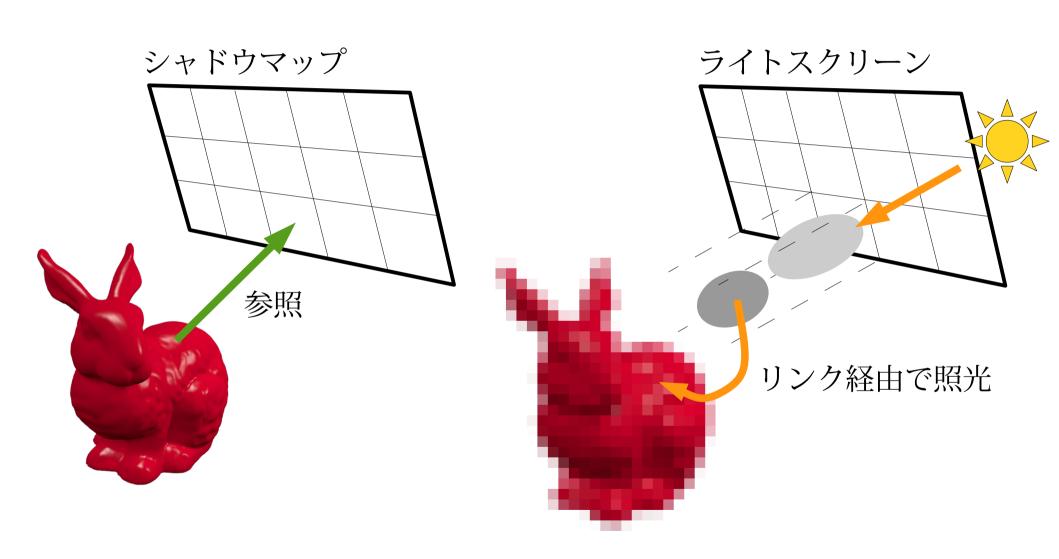
# ピクセル化

(merged) MicroPoint



Front Alpha Blending Back

### シャドウマップとライトスクリーンの違い

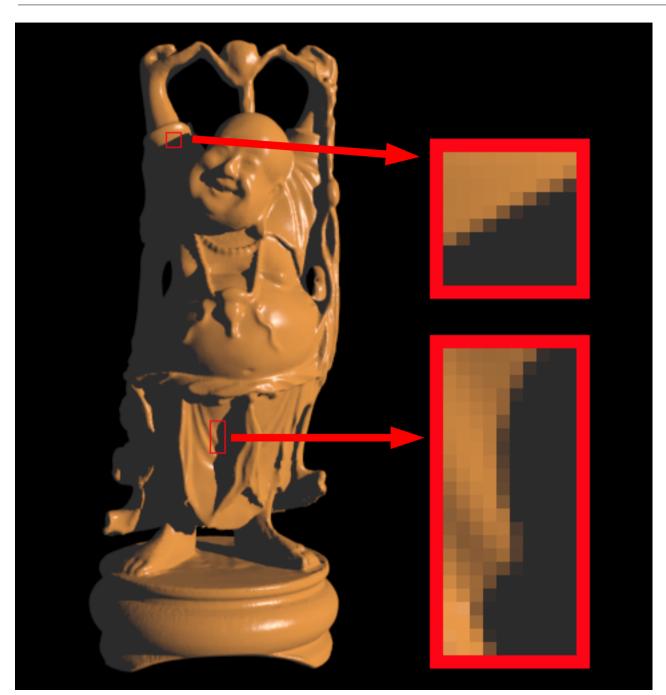


※個々のマイクロポイントは、形を有していないので、 モザイク状にて擬似的にマイクロポイントの塊を表現している。



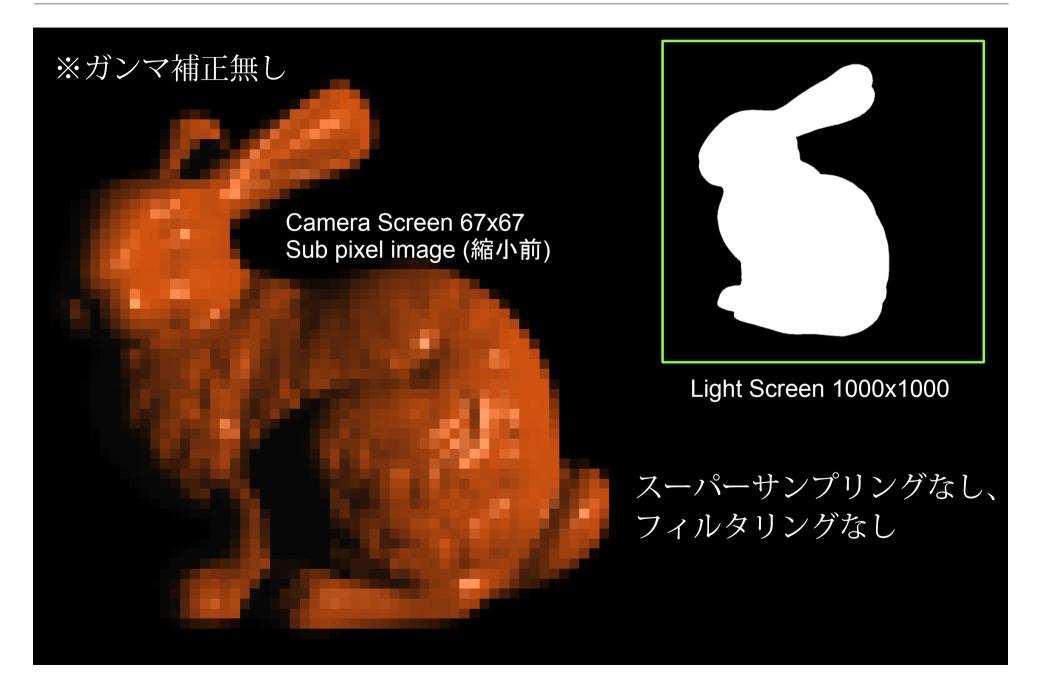
スーパーサンプリングなし フィルタリングなし

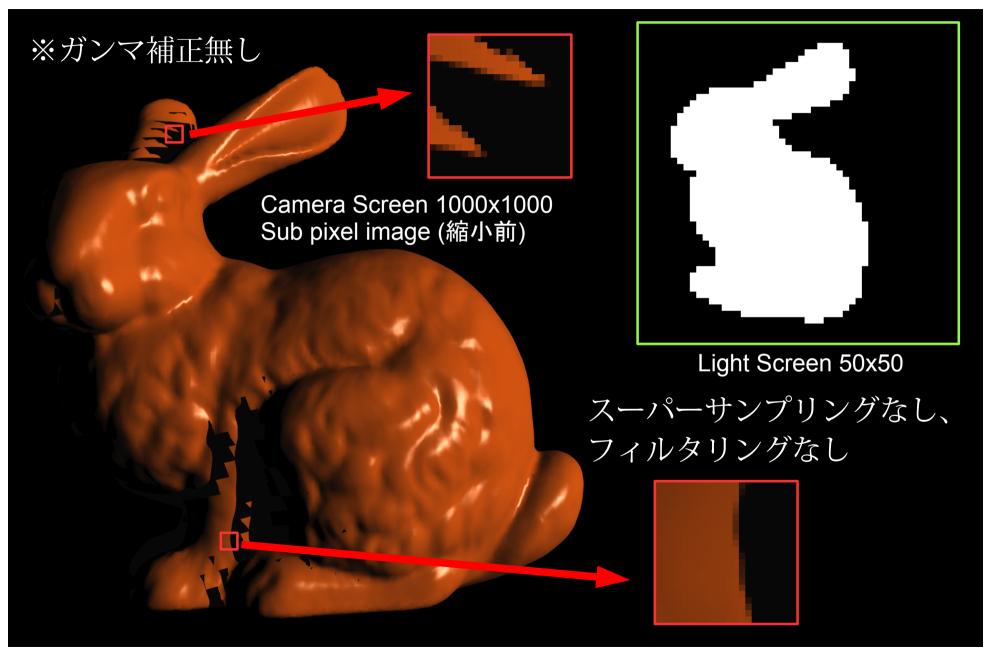
※ガンマ補正有り



スーパーサンプリングなし フィルタリングなし

※ガンマ補正有り





注:影の形が矩形でないのは、ライトスクリーンに複数のシャドウマイクロポイントが格納されている為



Final Image 800x800 Light Screen 1000x1000

スーパーサンプリングなし フィルタリングなし

※ガンマ補正有り

### まとめ

- 領域サンプリングを用いる事により、
  - ライトスクリーンからの寄与率を正しく計算できる事を示した。
  - 寄与率の計算においてサンプリングエラーが発生しない事を示した。
    - → 正確で鮮明な影が生成できる事を示した。
  - ライトスクリーン上での「広がり」を考慮した手法を実現した。
    - → 影付けに関しても、「点対点の関係から、領域対領域の関係」へ

マイクロポイントにて影(ハードシャドウ)が取り扱える事を示した

### 今後の課題 + その他

- マイクロポイントを基にした、各種光源の実現
  - 全方位ライト
  - 線光源、面光源 → ソフトシャドウ

- マイクロポイントを基とした反射、屈折、コースティクス、 カラーブリーディング等の実現(G.I.)
- レンダラの Out of Core 化

- Web
  - http://micropoint.jimdo.com

