

Light Samplerの比較

elk

はじめに

- PBRT Fourth Editionの[Light Sampling](#)を読んで、以下のSamplerの実装と比較をしてみた
 - Uniform Light Sampler
 - Power Light Sampler
 - BVH Light Sampler
- 今回の検証で使ったライトはポイントライトのみ
 - 指向性のBoundはしていない

Stochastic Light Sampling

- 確率的に 1 つまたは小数のライトをサンプルする
 - ライトの数が多いと、すべてのライトをサンプルするのはコストが高いため

$$\sum_i^n f_i \approx \frac{f_j}{p(j)}$$

f_j : ライトjの寄与, $p(j)$: ライトjが選択されるpdf

- 寄与が大きいライトを高確率でサンプルすることが重要
 - Samplerによってライトが選択されるpdfが変わる

Uniform Light Sampler

- すべてのライトを同じ確率でサンプルする

Power Light Sampler

- ライトのPowerでウェイトした確率でサンプルする
- Alias Tableを使うことで $O(1)$ でサンプルできる
 - CDFを使って二分探索する場合は $O(\log n)$ かかる
 - レンダリング時間はUniform Light Samplerとほとんど変わらない（後述）

BVH Light Sampler

- シェーディングポイントの位置を考慮した確率でサンプリングする
- 各シェーディングポイントに対して重要なライトを効率的に見つけるため、ライトのBVHを構築する
- BVHをトラバースしてライトをサンプルするので、サンプリングのコストは $O(\log n)$

BVH構築

- ライトのグループを再帰的に分割してBVHを構築する
- 以下のコストが最小になる分割位置を選択

$$Power * Surface Area * K_r$$

- *Power* : 分割後のライトのPower
- *Surface Area* : 分割後のバウンディングボックスの表面積
- K_r : 一番長い辺の軸が選ばれやすくなるファクタ
 - 一番長い辺 / 各軸の辺

※ポイントライトのみなので、指向性の要素は含まない

BVHトラバース

- トラバースする子ノードの選択
 - 子ノードのImportanceで計算した確率を使う
 - 各ライトが選ばれる確率は、トラバースしたノードの確率の掛け算
- 子ノードのImportance:

$$Power * \cos \theta / d^2$$

- *Power*: ライトのPower
 - θ : 法線とバウンディングボックス方向のなす角度の最小値
 - *d*: バウンディングボックスの中心までの距離
 - 距離はバウンディングボックスの半径でクランプ
- ※ポイントライトのみなので、指向性の要素は含まない

比較

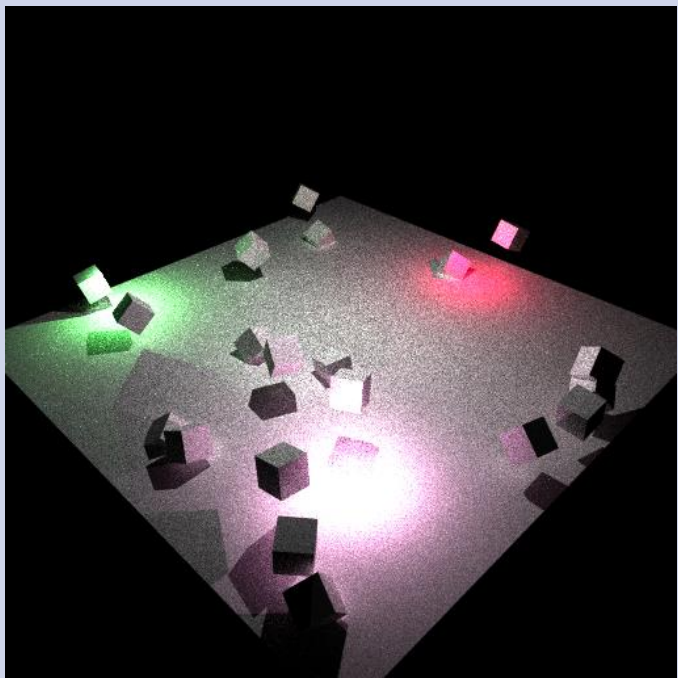
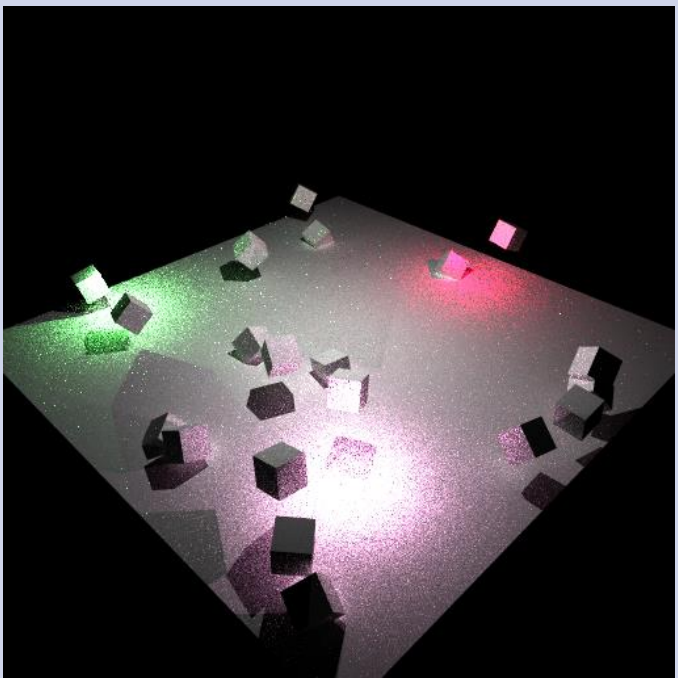
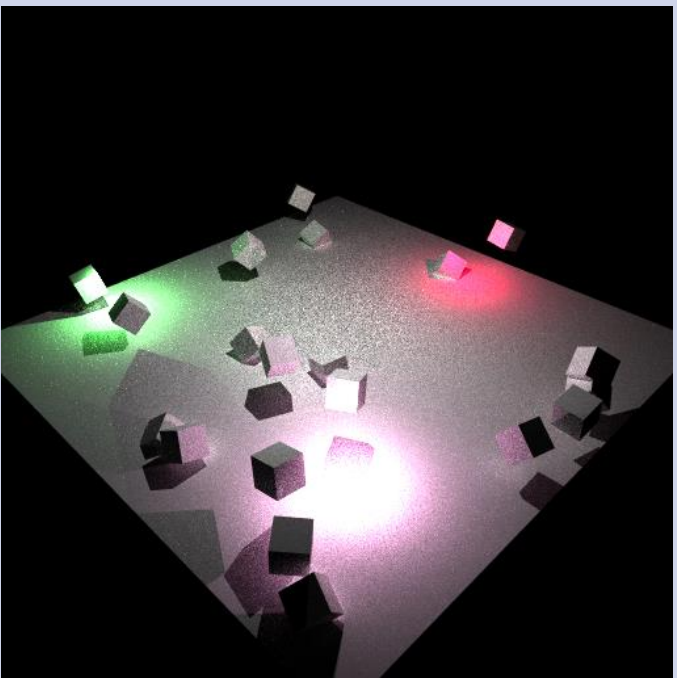
- 解像度: 512 x 512
- サンプル数: 128
- CPU: Intel(R) Core(TM) i7-1065G7 CPU @ 1.30GHz 1.50 GHz

シンプルなシーンで比較

- Powerが強いライトを離れたところに配置
- Powerが弱いライトを3つオブジェクトの近くに配置



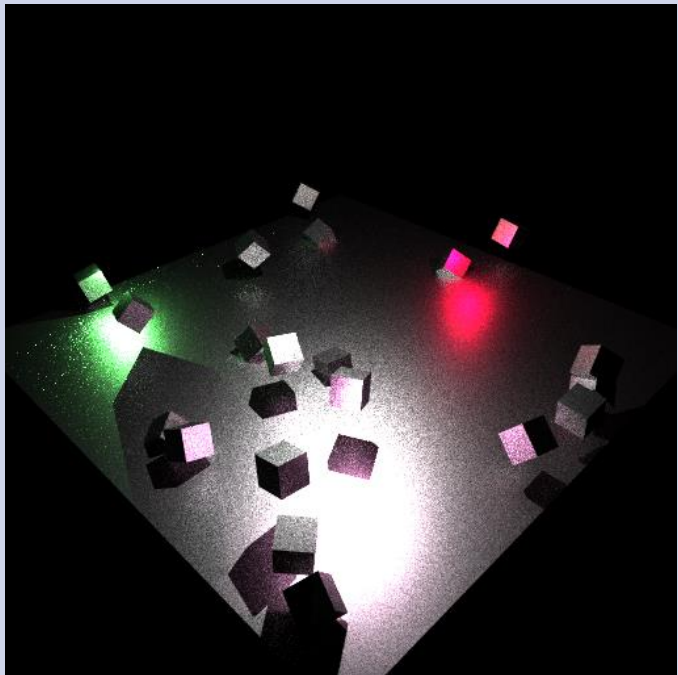
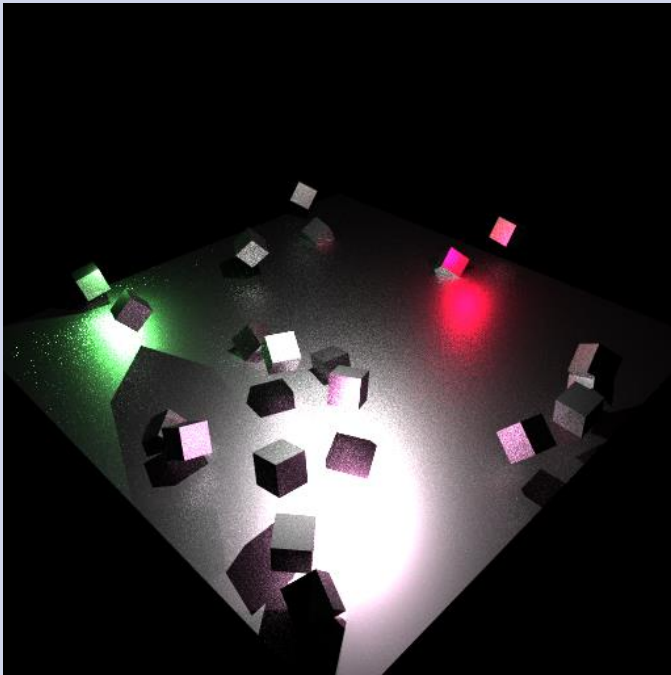
シンプルなシーンで比較

Uniform	Power	BVH
		
1.5 [s]	1.6 [s]	1.9 [s]

考察

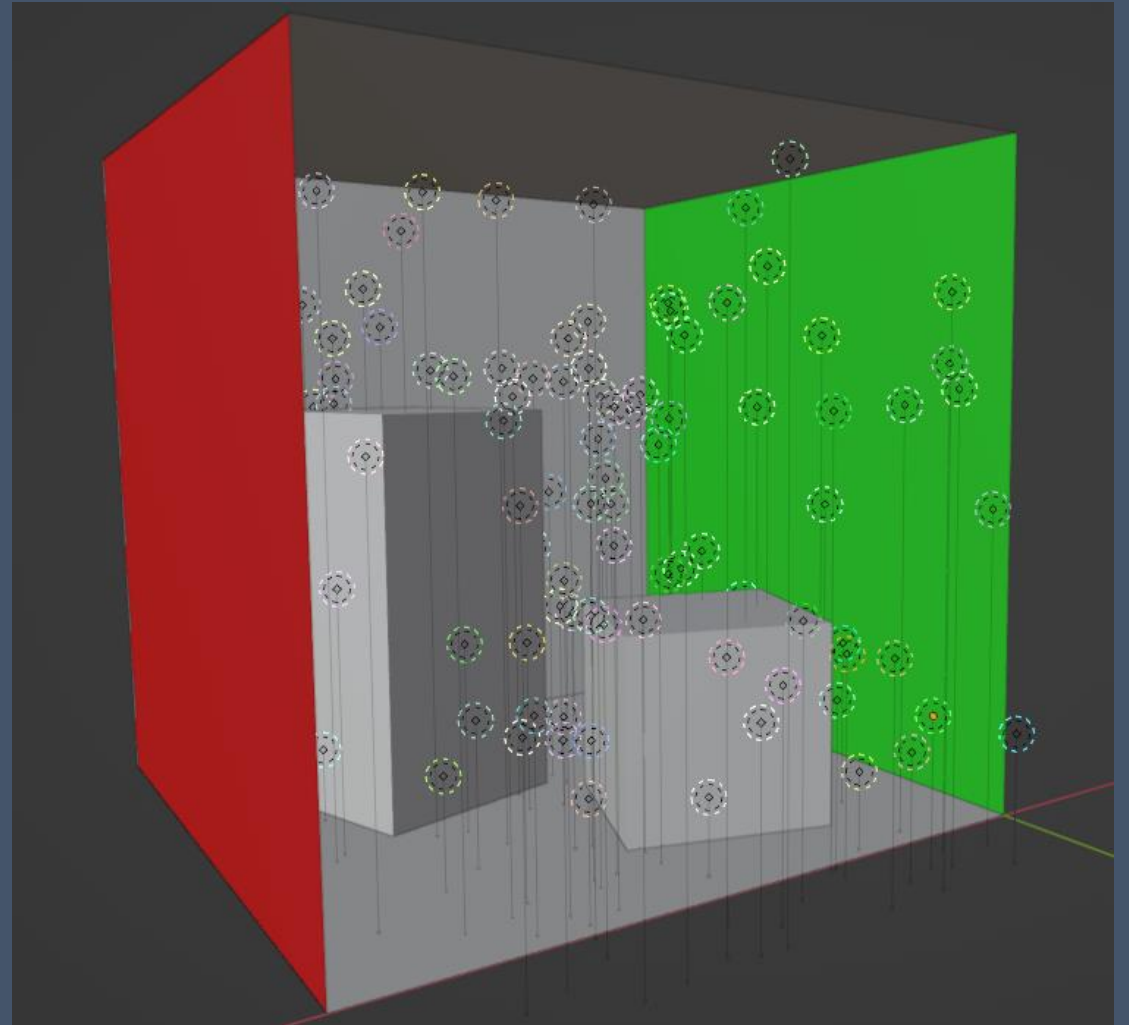
- Uniform Light Sampler
 - 一律でノイズが多い
- Power Light Sampler
 - Powerが強いライトの影響を受ける所はほぼノイズが無い
 - Powerが弱い3つのライトはUniform Light Samplerよりノイズが多い
- BVH Light Sampler
 - Powerが弱い3つのライトのノイズは一番少ない
 - Powerが強いライトのノイズはPower Light Samplerより多いがUniform Light Samplerより少ない

シンプルなシーンで比較

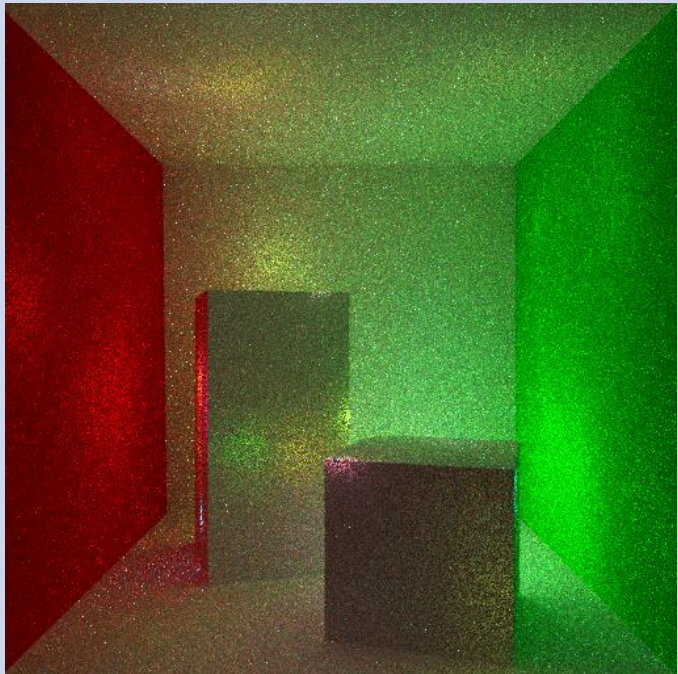
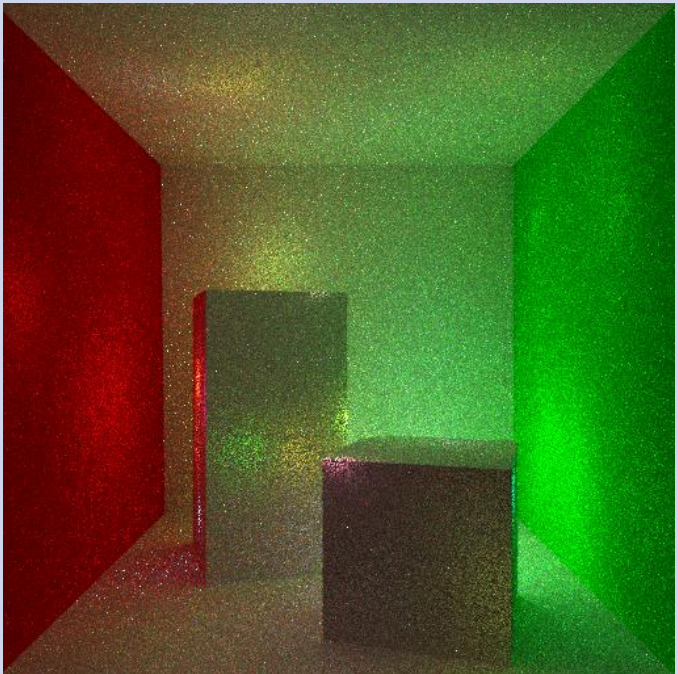

Uniform	Power	BVH
		
2.4 [s]	2.4 [s]	2.7 [s]

Cornell Boxで比較

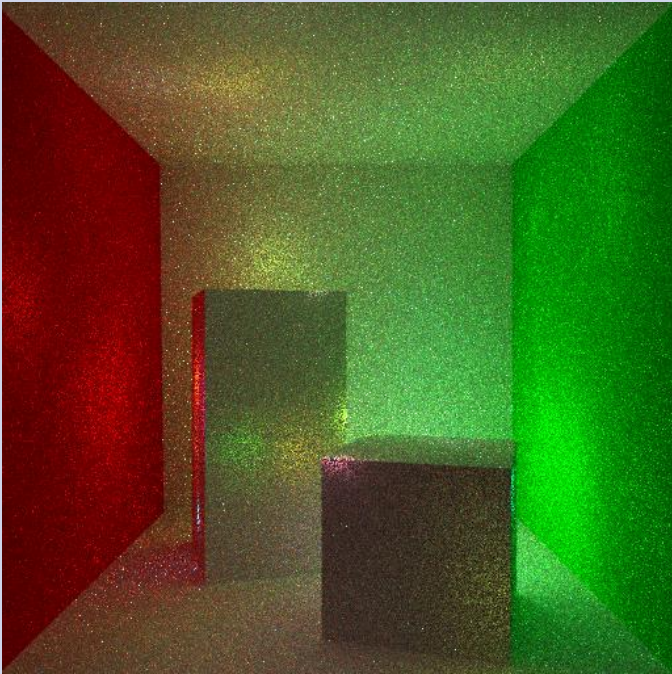
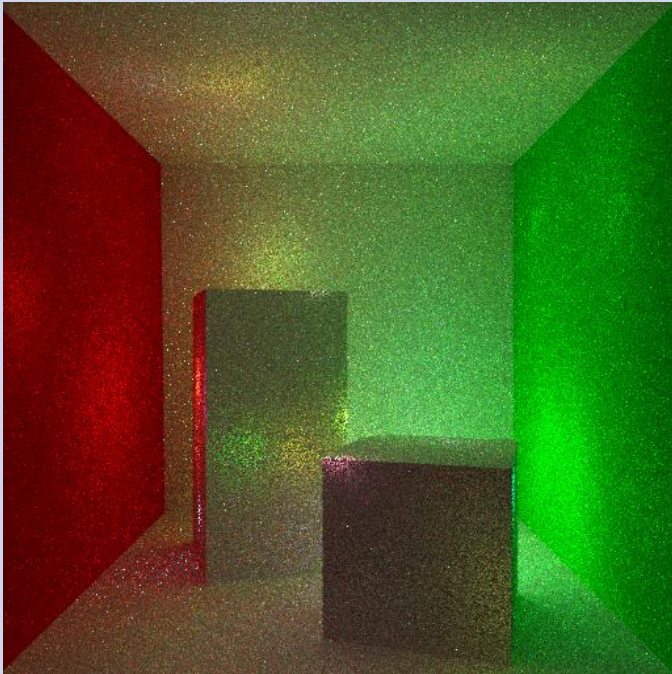

- 光源をBox内に100個配置
- 位置とPowerはランダム



Cornell Boxで比較

Uniform	Power	BVH
		
Render: 9.4 [s] Build: 0 [ms]	Render: 9.9 [s] Build: 0.015 [ms]	Render: 19.4 [s] Build: 0.504 [ms]

Cornell Boxで比較 (Render Timeをそろえる)

Uniform (spp: 128)	Power (spp: 128)	BVH (spp: 64)
		
Render: 9.4 [s] Build: 0 [ms]	Render: 9.9 [s] Build: 0.015 [ms]	Render: 9.4 [s] Build: 0.504 [ms]