

面光源照射におけるソフトシャドウのリアルタイム生成に関する研究

鄭中翔[†] 齋藤豪^{††}[†] 東京工業大学 工学部 ^{††} 東京工業大学 大学院 情報理工学系研究科

1 はじめに

自然な影を生成することはコンピュータグラフィックスをより本物らしく見せる上で重要な要素である。本稿ではなるべく少ない計算量で不自然さを感じさせない影の生成を目標とする。

リアルタイムで影を生成する主な手法として、イメージベースのシャドウマッピングとジオメトリベースのシャドウボリュームが挙げられる。シャドウマッピングはシャドウボリュームに対して計算量が比較的少なく、ジオメトリの複雑さに影響を受けにくい。しかし、イメージベースであるために影にエイリアシングが発生する問題がある。ソフトシャドウを生成することは自然な影を生成するのと同時に、エイリアシングの問題もある程度目立たなくすることができる。

ぼけ具合が変化するソフトシャドウの生成法には、Percentage-Closer Soft Shadows (PCSS)[1] や Screen-Space Percentage-Close Soft Shadows(SSPCSS)[2] などがある。前者は Percentage-Closer filtering をもとに、ぼかすサイズ適応的に変化させることによりソフトシャドウを生成している。PCSS の欠点はぼけ具合が大きくなるときに処理量が著しく増大する点である。後者はぼかしの処理をスクリーンスペース上で行うことにより、ぼかすサイズが大きな場合でも、前者よりも高速にソフトシャドウを生成することができる。後者はスクリーンスペース上で影をぼかしているため、影が落ちている面の真上から影を見た場合と、斜め方向から見た場合で、ぼかし方が同じであるため、斜めから見た場合の影の形が不自然になり、そのことが原因で視点が変化した際に影が動いて見える点が欠点として挙げられる。

そこで本稿ではぼかし処理の際に、影が落ちている物体の法線方向を考慮にすることで、視点が変化しても影が動きにくく、より自然なソフトシャドウを生成する手法を提案する。

以下、ピクセルが表示している地点の光源からの距離を d_r 、遮蔽物の光源からの距離、つまり対応する

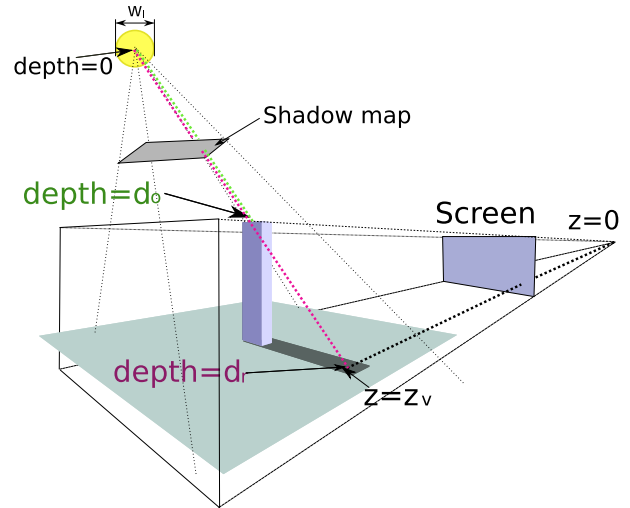


図 1: シャドウマッピング

シャドウマップ上の値を d_o 、視点からの距離を z_v 、光源のサイズを w_l とする (図 1)。

2 アルゴリズム

2.1 遮蔽物の探索

原始的なシャドウマッピングによりスクリーン上の各ピクセルが影になるかを判定し、影ならば 0、そうでなければ 1 をスクリーンと同解像度のテクスチャに保存する。ぼかす大きさを決定するためには遮蔽物の光源からの距離を知る必要がある。PCSS はシャドウマップ上、SSPCSS はスクリーンスペース上で遮蔽物の探索を行っている。通常はスクリーン解像度に対して、シャドウマップの解像度の方が小さいことと、スクリーン上で探索する場合にも、視点変化による探索領域の変化を考慮する必要があるため、本稿では PCSS と同様にシャドウマップ上を探索する。探索範囲は一辺が w_{search} の正方領域であり w_{search} は次である。

$$w_{search} = w_l d_r \quad (1)$$

領域内の遮蔽物の光源からの距離の平均を d_{avg} とする。

2.2 ぼかす大きさの決定

影を真上から見た場合のスクリーンスペース上でのぼかす大きさ w_{ps} は次の式で表される [2]。

Real time generating method for soft shadow by area light.

[†] Zhongxiang Zheng

^{††} Suguru SAITO

Faculty of Engineering, Tokyo institute of technology ([†])
Graduate School of Information Science & Engineering,
Tokyo institute of technology (^{††})

$$w_{ps} = \frac{w_p d_{screen}}{z_v} \quad (2)$$

$$d_{screen} = \frac{1}{2 \tan(\frac{fov}{2})}, w_{penumbra} = \frac{d_r - d_{oavg}}{d_{oavg}} w_l$$

ここで fov は視野角である (図 2)。

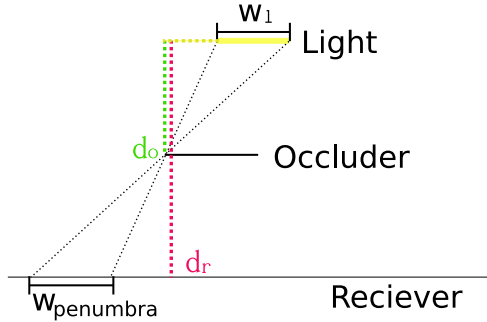


図 2: 光源、遮蔽物、投影面が平行時のぼかす大きさ [1]

2.3 法線の考慮

視点から見た影の投影面の法線を $N_S = (n_x, n_y, n_z)^t$ 、スクリーン面の法線ベクトルを $(0, 0, 1)^t$ とする。 N_S は正規化されているものとする。 $N_{XY} = (n_x, n_y, 0)^t$ 、 $N'_{XY} = N_{XY} / \|N_{XY}\|$ 、 N_S と $(0, 0, 1)^t$ のなす角を θ とする。これらより法線を考慮した x, y 軸のぼかす大きさ w_{px}, w_{py} を得ることができる (図 3)。ここで w_{px}, w_{py} はそれぞれガウスぼかしの短軸と長軸の長さになる。またガウスブローの軸の傾きを m とする。

$$\cos \theta = N_S \cdot (0, 0, 1)^t \quad (3)$$

$$w_{px} = w_{ps} \cos \theta, w_{py} = w_{ps} \quad (4)$$

$$m = n_y / n_x \quad (5)$$

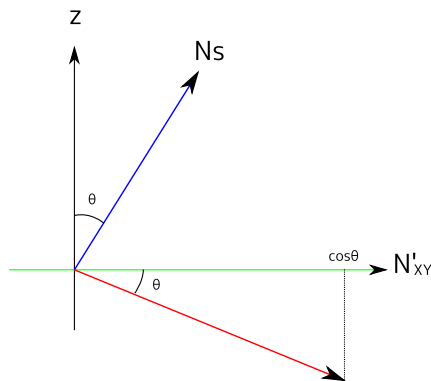


図 3: 法線と軸の関係

2.4 ガウスぼかし

ガウスぼかしには視点からのデプスに依存したガウスぼかしを使用する。各ピクセルで楕円形状が異なるガウスぼかしは2パスの一次元畳み込みによって厳密には計算できないが、分離フィルタを用いても十分によい結果を得ることが可能であり、十分な速度を得るために本稿では分離フィルタを用いる。

通常の分離ガウスぼかしでは、 x, y 軸について分離を行うが、本手法では傾き m を使い、 $y = mx, y = -x/m$ を軸としてぼかしを行う。ぼかしの範囲はそれぞれ w_{px}, w_{py} である。最後にぼかした影とシーンを合成することで最終的な結果を得る。

3 結果

従来手法では影を斜めから見た場合、真上から見た場合とぼけ具合が変化しないため必要以上に影がぼける。またぼけた影の形も不自然なものになってしまう。提案手法では影のぼけ方に不自然さが無い。

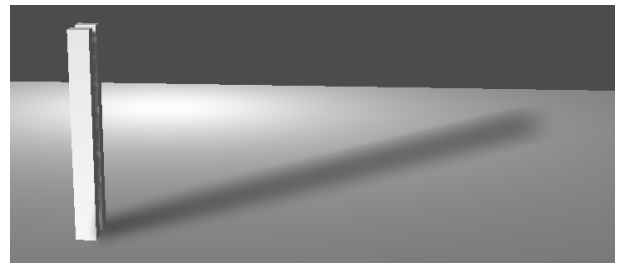


図 4: 提案手法

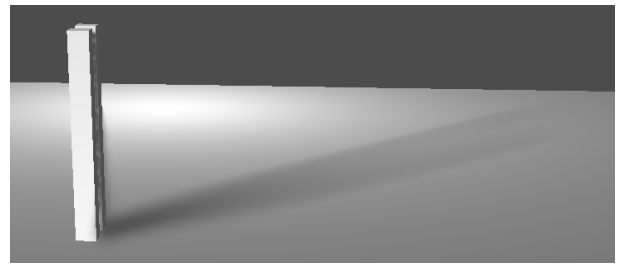


図 5: 従来手法

4 まとめ

法線を考慮した結果、斜めから見た場合でも感覚的に正しく、視点変化によって変化しないソフトシャドウを生成することができた。今後の課題としてガウスぼかしの分離したことでどれほど影響が出るのかを調べる予定である。

参考文献

- [1] FERNANDO, R. 2005. Percentage-closer soft shadows. In ACM SIGGRAPH 2005 Sketches, 35.
- [2] MAHDI, M. 2010. Screen-space Percentage-Closer Soft Shadows. In ACM SIGGRAPH 2010 Posters.