

参照画像を用いた光線追跡法の 高速化に関する一検討

2 Z C - 7

及川 周† 山内 斉‡ 小林 広明† 中村 維男†

† 東北大学大学院情報科学研究科 ‡ 電気通信大学大学院情報システム学研究科

1 緒言

近年、建築シミュレーションなどにおいて写実的画像を用いた仮想現実空間中を移動する Walkthrough 技術が注目されている。写実的画像生成法の代表的なものに光線追跡法 [2] がある。しかし、この手法は高品質な画像を生成可能な反面、画像の生成にかかる時間が長いという欠点がある。Walkthrough の実現には、視点移動に追従できる高速な画像生成が必要なため、画像生成に時間のかかる光線追跡法を用いることは困難である。本報告では、画像生成の高速化のために、光線追跡法にイメージベースドレンダリング法 (IBR 法) [1] を適用した方式を提案し、基礎実験によりその有効性を示す。

2 参照画像を用いた光線追跡法の 高速化

光線追跡法は、画面の全ピクセルに対して光線 (レイ) を発生、追跡し、レイと物体の交差判定を行ない交点の輝度を求める。全ピクセルに対し計算コストの高い交差判定を実行し、その後、反射・屈折光についての処理も行なうため、光線追跡法は画像生成に多くの時間を必要とする。一方 IBR 法はあらかじめ用意した画像 (リファレンス画像) のデータを再利用し画像を高速生成する。光線追跡法で扱う輝度は拡散反射輝度と鏡面反射・屈折輝度に分けられる。拡散反射輝度は、観測者の視点に対して独立のため、リファレンス画像のデータの新視点画像へのアフィン変換を行う IBR 法により、拡散反射輝度を求めることができる。一方、鏡面反射・屈折輝度は観測者の視点に依存するため、光線追跡処理を必要とするが、リファレンス画像の情報を用いて初期光の交差判定を省略した、高速な光線追跡を実行できる。

3 IBR 法の実装方法

まず、通常的光線追跡法を用いて生成したリファレンス画像を用意する。これらのリファレンス画像を用いて、以下のようなステップにより構成される処理を実行する。

Step 1 リファレンス画像の各ピクセルに対してアフィン変換を行ない、新視点におけるスクリーン座標を計算する。

A Study of Acceleration of Ray-Tracing by Using Reference Images

† Shu Oikawa, Hiroaki Kobayashi, Tadao Nakamura
GSIS, Tohoku University

‡ Hitoshi Yamauchi

GSIS, University of Electro-Communications

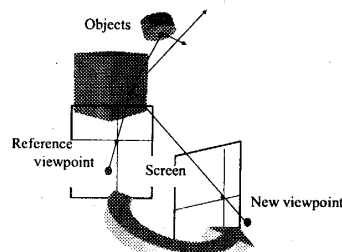


図 1: イメージベースドレンダリングの概念

Step 2 新画像の同じスクリーン座標に複数のリファレンス画像のピクセルが移動する場合、最も視点に近い交差点に対するピクセル情報を採用する。リファレンス画像のピクセルに関連づけられる情報は、拡散反射輝度、物体の交差座標、レイの反射回数の3つである。

Step 3 各ピクセルにおける利用可能な情報によりピクセルを3種類 (Type 1、Type 2、Type 3) に分類し処理を行なう。

Type 1 リファレンス画像からの情報があり、かつ反射回数が0のピクセル。反射回数が0回ということは、鏡面反射・屈折が発生せず、拡散反射光の輝度がそのままこのピクセルの輝度となることを意味する。従って、レイの追跡処理は不要である。

Type 2 リファレンス画像からの情報があり、かつ反射回数が1以上のピクセル。この場合、反射が発生しているためレイの追跡処理が必要である。ただし、物体と一次レイとの交差座標はアフィン変換により新画像のピクセルに与えられているため、一次レイに対する交差判定は不要である。

Type 3 リファレンス画像からの情報が無いピクセル。このピクセルはアフィン変換によるリファレンス画像のデータを全く持たないため、通常的光線の追跡処理を実行する。従って、計算時間の短縮は全くない。

計算時間の短縮には、Type 1、2のピクセルの割合を増やし、相対的に Type 3 のピクセルを減少させる必要がある。Type 3 のピクセルを減少させる手法として、複数のリファレンス画像を用いた IBR 法が考えられる。これは、複数の視点における Step 1、2 の計算データを保持しておくことにより実現できる。

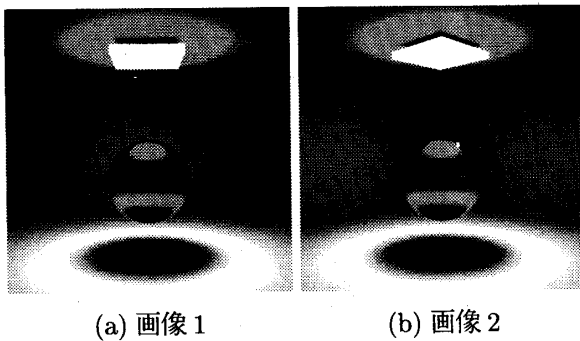


図 2: リファレンス画像



図 3: IBR 法の画像 図 4: 光線追跡法の画像

4 実験

4.1 実験環境

本実験では、IBR 法を導入した光線追跡法を SUN Ultra 1(167 MHz) 上で実行し、計算時間の計測を行った。IBR 法を導入した光線追跡法の実験方法を以下に示す。

1. リファレンス画像が 1 枚の場合と 2 枚の場合で IBR 法を適用した光線追跡法を実行し、新視点画像における 3 種類のピクセルの存在割合を求める。3 種類のピクセルとは 3 節で述べた Type 1、2、3 のことであり、存在割合は 1 画面を構成する全ピクセル数に対する各 Type のピクセル数のことを言う。各ピクセルの存在割合とそれぞれのピクセルにおける光線追跡法の実行時間より、個々のピクセルの処理に必要な時間を求める。
2. 既存の光線追跡法 (RT 法) で 1. と同じ視点の画像を生成し、画像生成時間を測定する。

図 2 は実験に用いた 2 枚のリファレンス画像、図 3 は 2 枚のリファレンス画像を用いて IBR 法を実行して得た画像、図 4 は図 3 と同視点における光線追跡法による画像である。画像サイズは全て 256×256 である。

4.2 結果と考察

表 1 に実験結果を示す。% は各 Type のピクセルの画面全体に対する存在割合、sec は各 Type に属する全ピクセルの処理にかかる時間 (秒) を示す。ま

表 1: 実験結果

	IBR(1 refs.)	IBR(2 refs.)	RT
Type 1	56.55 %	66.74 %	—
0.25 msec	3.01 sec	4.32 sec	—
Type 2	9.96 %	10.52 %	—
1.39 msec	36.26 sec	38.30 sec	—
Type 3	33.49 %	22.74 %	—
2.1 msec	171.61 sec	125.23 sec	—
sum (sec)	211.41	168.53	550.72

た、各ピクセルタイプの下に示す時間は、それぞれのタイプの 1 ピクセル当たりの処理時間 (ミリ秒) を示す。表 1 より IBR 法を適用した場合、Type 1 のピクセルは Type 3 のピクセルの 8.4 倍の速度で処理することができ、その結果光線追跡法の約 1/3 の実行時間で全画像を生成可能であった。

表 1 から、Type 3 の処理時間が支配的であることがわかる。この高速化のためには、Type 3 のピクセル数を減らすか、あるいは Type 3 の各ピクセルの処理時間を減少させることが考えられる。参照画像を複数用いる方法は、Type 3 のピクセル数を減少させることであり、1 枚の参照画像を 2 枚にした場合には、Type 3 のピクセル数の割合が 10% 近く低下していることがわかる。参照画像が 2 枚の場合には、1 枚の場合に対して約 1.3 倍の速度向上が得られている。また、Type 3 のピクセルはさらに、リファレンス画像中に見えていないピクセルと、見えてはいるが情報を得られなかったピクセルに分類することができる。後者のピクセルは、隣接しているピクセルと輝度が似ていると考えられ、隣接したピクセルの輝度を用いて補間できると考えられる。光線追跡よりも補間の方が高速に実行できると予想されるので、この補間を用いて各ピクセルの処理時間を短縮し、画像生成を高速化することが考えられる。

5 結言

本報告では、光線追跡法に IBR 法を適用することにより画像生成時間を短縮できることを実験により明らかにした。今後の課題として Type 3 のピクセルの補間方法についての考察、実験が挙げられる。

参考文献

- [1] Leonard McMillan Jr. *AN IMAGE-BASED APPROACH TO THREE-DIMENSIONAL COMPUTER GRAPHICS*. PhD thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, 1997.
- [2] John R. Wallace, Michael F. Cohen, and Donald P. Greenberg. A two-pass solution to the rendering equation: a synthesis of ray tracing and radiosity methods. *Computer Graphics (SIGGRAPH'87 Conference Proceedings)*, 21(4), July 1987.