

RT コアによるハードウェアレイトレーシングの性能評価

梶木 慎也[†] 大島 聡史[‡] 片桐 孝洋[‡] 永井 亨[‡]

名古屋大学 情報学部 コンピュータ科学科[†]

名古屋大学 情報基盤センター[‡]

1. はじめに

近年, 性能向上の著しい GPU は数値シミュレーションや機械学習など様々な分野にて演算加速装置として活用され, 高い性能を発揮している.

一方, 最近の一部の GPU は専用ハードウェアを搭載することで従来は不可能であった高速なレイトレーシング処理を可能としている. レイトレーシング処理は画像描画以外のアプリケーションにも応用できるため, 我々はそれを計算科学分野で活用することを考えている.

本研究では, GeForce RTX シリーズが備えるレイトレーシング加速ハードウェア (RT コア) のレイトレーシング性能を CPU と比較するとともに, プログラミング方法の観点から計算科学分野への応用可能性について議論を行う.

2. レイトレーシングの実装と RT コア

レイトレーシングは, より多彩な 3D 描画を行うために光線を生成, 追跡し, 物体による反射などを考慮して色彩を計算する一種のレンダリングアルゴリズムである. 3D 描画におけるレイトレーシングは計算負荷が大きいいため, 近年ではこの処理を高速化させるハードウェアを搭載した GPU が登場してきた. 中でも NVIDIA 社の GeForce RTX シリーズに搭載されたハードウェアアクセラレータは RT コアと呼ばれる.

本研究では RT コアを動作させるためにレイトレーシングを NVIDIA OptiX7 を用いて実装した. OptiX7 を用いたレイトレーシング処理の流れを図 1 に示す. 図中の矢印は処理の流れを表しており, 緑色の部分が RT コアにより処理される部分である.

本研究では単純なレイトレーシング処理プログラムを作成して RT コアの性能を評価した.

具体的には図 2 をもとに条件を以下のように設定してレイトレーシングの性能を評価した.

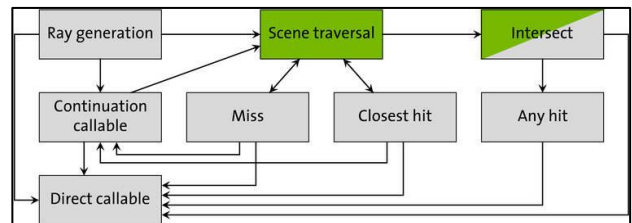


図 1 OptiX を用いたレイトレーシングの図
出典: NVIDIA 「NVIDIA OptiX7. 2」

<https://raytracing->

docs.nvidia.com/optix7/guide/index.html

1. 光源の座標を原点(0,0,0)とする
2. スクリーンを四隅が(2,1,-1), (2,-1,-1), (-2,1,-1), (-2,-1,-1)となるように設置する
3. 半径0.5, 中心(0,0,-1)の球を設置する.
4. 光線の方向はスクリーンに向かう方向とする.
5. 光線と物体との衝突判定のみを行う

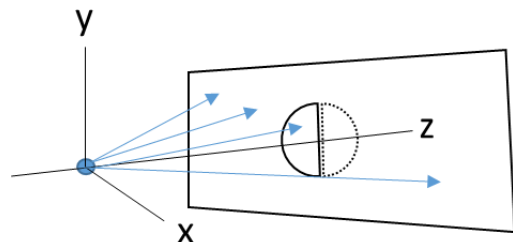


図 2 レイトレーシングのイメージ図

3. 性能評価

ここでは, 前節で紹介した条件のレイトレーシングを対象として, RT コア搭載の GPU で実行した場合の性能と CPU で実行した場合の性能を比較する. CPU による性能についてはスレッド並列化を行ったものも比較対象とする. スレッド並列化についてはレイ投射部に対して OpenMP のループスケジューリングによるスレッド並列化を施した.

3.1 評価環境

本実験で使用した評価環境は以下のとおりで

Performance evaluation of hardware raytracing by RT core
[†] Shinya Hashinoki, Department of Computer science, School of Informatics, Nagoya University
[‡] Satoshi Ohshima, Takahiro Katagiri, Toru Nagai, Information Technology Center, Nagoya University

表 1 レイトレーシングの実行時間とレイ 投射性能

(200,100)	GPU	スレッド並列	逐次実行	レイ 投射性能
実行時間[s]	0.000121	0.00694	0.0241	0.16G/s
(2000,1000)	GPU	スレッド並列	逐次実行	レイ 投射性能
実行時間[s]	0.000420	0.274	2.39	4.8G/s
(20000,10000)	GPU	スレッド並列	逐次実行	レイ 投射性能
実行時間[s]	0.0257	26.6	235	7.8G/s
(40000,20000)	GPU	スレッド並列	逐次実行	レイ 投射性能
実行時間[s]	0.0982	82.7	—	8.1G/s

ある.

- ▶CPU: AMD Ryzen 7 3700X 8-core Processor
 - ▶コア数(スレッド数): 8(16)
 - ▶周波数: 3.6GHz
 - ▶理論演算性能: 546GFlops
 - ▶メモリ容量: 16.0GB
 - ▶メモリ帯域幅: 47.7GB/sec
 - ▶コンパイラ: Visual Studio 2019 Visual C++
- ▶GPU: NVIDIA GeForce RTX 2080 super
 - ▶CUDA コア数:3072
 - ▶RT コア数: 48
 - ▶周波数: 1.65GHz (boost 1.81GHz)
 - ▶メモリ容量: 8GB GDDR6
 - ▶メモリ帯域幅: 496GB/sec
 - ▶理論演算性能: 10[~]13TFlops
 - ▶CPU-GPU 間接続: PCI Express Gen4 x16 レーン
 - ▶コンパイラ: NVIDIA nvcc (cuda11.1)

3.2 問題条件

前節にて説明した通りの条件で測定する。
 (x, y)=(100, 200), (1000, 2000), (10000, 20000), (20000, 40000) とレイ 投射数をそれぞれ変更してそれぞれ測定するものとする。

3.3 実験条件

スレッドの並列数は (x, y)=(200, 100) の時は 8 スレッド, それ以外の時は 16 スレッドで測定する。ループ並列化スケジューリングの詳細としては OpenMP の補助指定文 `schedule(dynamic, 1)` による最適化を施す。
 また (x, y)=(40000, 20000) のレイ 投射数での逐次実行は計算負荷が膨大なため計測しない。

3.4 結果

ここでは, GPU でのレイトレーシング実装と CPU での実装とを比較して評価を行う。

表 1 に実験結果を示す。表 1 を見ると, 同レイ

投射数では GPU 実装のほうが, CPU の逐次実装よりも約 200-10000 倍, スレッド並列化したものと比べても約 30-1000 倍高速であることがわかる。また, レイ 投射数が多くなるほど計算負荷が大きくなるため GPU 実装と CPU スレッド並列実装で実行時間差が約 0.007 秒から約 80 秒と大きくなる。また, レイ 投射数が多くなるほど GPU 実装で性能を発揮していることが分かった。

4. おわりに

本稿では, レイトレーシングをハードウェアアクセラレータが性能を発揮できるような条件で GPU と CPU でそれぞれ実装した。

性能評価の結果, レイ 投射数が大きくなるほど, NVIDIA が発表している GeForce RTX 2080 super のレイ 投射性能 8G/s[1] に近づくことからハードウェアが性能を発揮していると考えられる。

今後は, ハードウェアの加速効果をより詳細に測定するために GPU を用いて RT コアを用いない実装と比較してみたいと考える。また OptiX を使用して任意のオブジェクトの生成, パラメータの追加, 衝突の際の挙動変更によるボリュームサンプリングによって輻射輸送計算が実装可能と考える。そこで輻射輸送計算について RT コアを用いての実装したものと他のハードウェアを用いて実装したものととの性能差を比較することでレイトレーシングのハードウェア加速を計算科学分野に対しての適用することの妥当性について議論を進めていきたいと考える。

参考文献

- [1] NVIDIA 「GeForce RTX 2080 SUPER グラフィックスカード」 <<https://www.nvidia.com/ja-jp/geforce/graphics-cards/rtx-2080-super/>> (最終閲覧日 2020 年 12 月 17 日)