

# GPUを用いたポリゴンベース CGH の光波数値合成

## Numerical Synthesis of Polygon-Based CGH by Using GPU

寺口 功, 松島 恭治

Isao Teraguchi, Kyoji Matsushima

関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering Science

Kansai University

teraguchi@laser.ee.kansai-u.ac.jp

### 1 はじめに

近年, CGH(Computer-Generated Hologram)と呼ばれる技術が活発に研究されている. CGHとはコンピュータ上で仮想物体の放つ光波を計算し, 干渉縞を数値合成する手法である. この技術を用いる事で3次元物体からの光波そのものを再生するような完全な3次元動画を生成する事ができると考えられている. しかしCGHの数値合成処理には莫大な計算量が必要であるという問題点がある.

CGHの計算手法としては現在主に点光源法が用いられている. 点光源法とは仮想物体の表面に点光源を敷き詰め, その点光源からの光波をホログラム面上で重畳する事により干渉縞を得る手法である. 点光源法は単純であるため実装が容易である. しかし, 計算量が点光源数とホログラムピクセル数の積に比例するため, 大きなホログラムや大きな仮想物体では莫大な計算量になってしまう. そこで我々はポリゴン法と呼ぶ手法を提案している<sup>1</sup>. ポリゴン法とは仮想物体表面がポリゴンによって構成されていると考え, ポリゴン単位で表面の形成と伝搬計算を行う手法である. そのため, 点光源法に比べ圧倒的に計算量を削減する事が可能である. しかしながら, 回折伝搬にFFTを用い, 回折変換と呼ばれる数値処理が必要になるため, 実装が難しい問題点がある.

点光源法をGPUに実装した例はすでに多く報告されているが, ポリゴン法のGPUによる実装は知られていない. そのため, 本研究ではGPUによりポリゴン法CGHの計算時間がどの程度短縮可能かを調べた.

### 2 ポリゴン法の実装方法

本研究ではグラフィックボードにNVIDIA社の

GeForce GTX 480を使用した. GTX 480は2010年6月の時点で最新のGPUであり, CUDAコアと呼ばれる演算コアを480基搭載している.

Fig.1に, 本研究でGPUに実装したポリゴン法による物体光波計算の手順を示す. GPUでは, CPUとGPU間のデータ転送が遅く, それがボトルネックとなってしまう. そのため, 物体を構成するポリゴンの頂点座標のみをGPUに転送し, GPU上でポリゴン光波の計算を行い, 求めたポリゴン光波をGPU上のフレームバッファに積算する. この処理を全ての可視のポリゴンについて行う事で物体光波を得ている.

一つのポリゴン光波の計算は大きく7段階の処理に分かれる. はじめに, GPUのメモリ上に複素フレームバッファ(以下, 傾斜フレームバッファ)を用意し, 頂点座標データからこの傾斜フレームバッファの実部にポリゴンを描画する(処理1). 次に拡散位相と呼ばれる光波を拡散させるための位相を乗算して表面関数を生成する(処理2). 生成した表面関数に対してFFT演算を行う事でそのスペクトルを得る(処理3). このスペクトルに対し回折変換とキャリアシフトをあわせたスペクトル

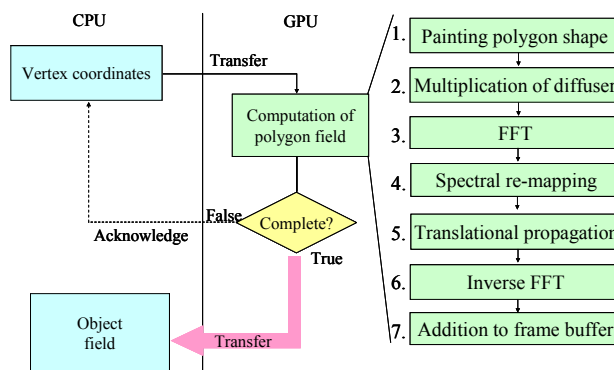


Fig.1 Procedure for computing object fields by using GPU.

Table1 Environments and parameters used for measurements of computation time.

CPU	Intel Core i7 920 (2.66 GHz)
Memory	PC3-12800 2 GB × 3 (6 GB)
GPU	NVIDIA GeForce GTX 480
OS	Windows7 professional x64
Pixel pitch	10 $\mu\text{m}$ × 10 $\mu\text{m}$
Number of pixels	1024 × 1024, 2048 × 2048, 4096 × 4096
Wavelength	632.8 nm

再マッピング処理を行う事で, ホログラムに平行なスペクトルが得られる(処理4). なお, 再マッピング処理においてスペクトルのサンプリング格子が歪むため, 補間処理が必要である. ポリゴン法はこの補間処理に計算時間の大きな割合を消費する. そのため, 本研究ではGPUのテクスチャメモリに再マッピング前のスペクトルを転送し, GPUにハードウェアとして実装されているバイリニア補間を用いる事で計算時間の短縮を行っている.

再マッピング後のスペクトルは, ホログラムと平行な平面上でのスペクトルとなっているが, 平面の奥行き位置がポリゴン毎に異なるため, フーリエ空間で短距離の並進回折伝搬処理を行い(処理5), 逆フーリエ変換(処理6)を行う事で, ポリゴン光波を得ている. これを物体光波全体のフレームバッファに積算する.

### 3 計算時間の測定

GPUに実装したポリゴン法の計算時間を測定した. 測定に用いた環境とパラメータをTable 1に示す. 比較用のCPUとしてCore i7を用い, Hyper-Threading機能をオフにして4コアで計算した. 物体モデルとしては112ポリゴンの球と12ポリゴンの立方体を用いた. これらの物体のサイズはホログラムサイズの80%とし, その前面のポリゴンのみを計算している.

### 4 計算時間の測定結果とまとめ

Fig.2とFig.3に計算速度の比較結果を示す. Fig.2より, 球モデルではホログラムサイズが1024×1024の場合は僅かにGPUよりCPUより遅くなってしまうがそれ以外のケースではGPUの計算時間が短い事がわかった. 一方, 立方体の場合では圧倒的にGPUの計算時間が短いことがわかる. この物体モデルによる計算時間の差はポリゴン数の差に起因すると考えられる. 球のよう

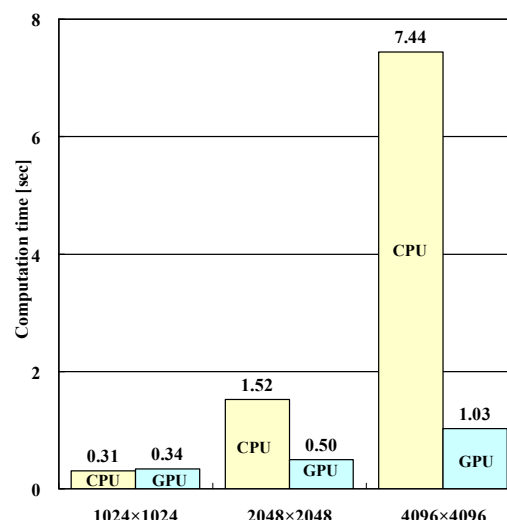


Fig.2 Computation time measured in the sphere object.

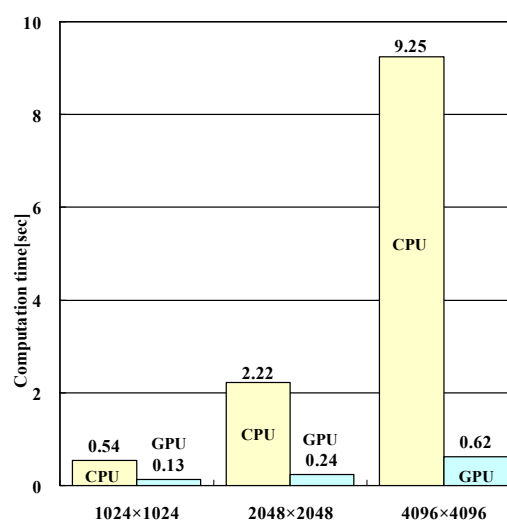


Fig.3 Computation time measured in the cube object.

な小さなポリゴンによって構成される物体の場合, 現状ではポリゴン毎の並列処理を行っていないためGPUの性能を生かしきれていないと考えられる.

なお, GeForce GTX 295に比べ, GTX 480ではGPUによる高速化の効果がかなり高いことがわかった<sup>2</sup>. これはポリゴン法の計算過程が点光源法に比べて複雑であることから, よりGPGPU向きのアーキテクチャになったと言われるFermiコア世代のGPUがポリゴン法には有効であるためと考えられる.

### 参考文献

- 1) K. Matsushima: "Computer-generated holograms for three-dimensional surface objects with shade and texture", *Appl. Opt.* **44**, 4607(2005).
- 2) 寺口 功, 松島 恭治: "GPUを用いたポリゴン法計算機合成ホログラムの計算", 3次元画像コンファレンス 2010 講演論文集(印刷中).