

GPU 支援波動光学シミュレーションライブラリ: CudaWaveField

GPU Assisted Wave-Optical Simulation Library: CudaWaveField

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

E-mail:teraguchi@laser.ee.kansai-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 位相を含めて光波をデジタル記録するデジタルホログラフィの技術, あるいは記録した光波や合成した光波を光学再生する計算機ホログラム技術の進展に伴い, 自由空間における光伝搬をシミュレートする技術の必要性が増している. 我々はこのような波動光学シミュレーションを容易かつ高速に実行するための WaveFieldTools をすでに報告している¹⁾. WaveFieldTools はシフトドフレネル回折伝搬計算や, 回転変換, FFT 等を用いたプログラミングを容易にする WaveField ライブラリやそれらの複素振幅を扱う事の出来る GUI ツール等によって構成される波動光学シミュレーションの総合ツールキットである.

しかし, 高性能な CPU や WaveFieldTools を用いても, 光波のような膨大な量のデータを高速に処理する事は困難である. そこで, その演算能力の高さから近年科学技術計算へ応用が進んでいる GPU を容易に扱え, 豊富なメソッドを取り揃えた C++ クラスライブラリである WaveField との相互運用性が高い CudaWaveField ライブラリの開発を行った. 本報告では CudaWaveField による波動光学シミュレーションのプログラミングとその性能を報告する.

2. ライブラリの設計

CudaWaveField は, 既存の WaveField ライブラリと

シームレスに組み合わせ, GPU を用いている事自体をそれほど意識させないように設計した. WaveField ライブラリの数百におよぶメソッドはそのまま利用し, 最も計算量が必要なコアの部分のみを GPU で実行し, メモリ転送オーバーヘッドのような GPU 特有の問題がプログラマーに自然と意識されるようになっていく. 具体例として図1に示す矩形開口の軸はずれ回折計算をシフトドフレネル法²⁾で

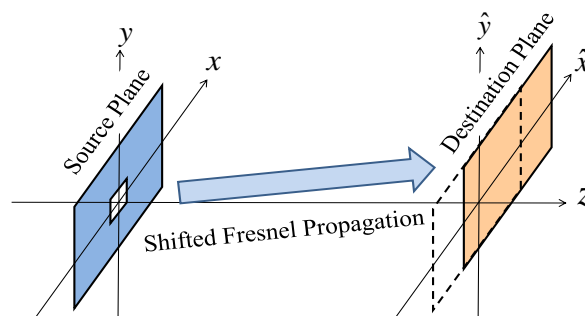


図. 1 矩形開口の軸はずれ回折計算

```

1 #include "cwfl.h"
2 using namespace wfl;
3 using namespace cwfl;
4 int main(void)
5 {
6     StartCWFL();
7     CudaWaveField rect(4096, 4096);
8     rect.SetRect(200 * rect.GetPx(),
9                 200 * rect.GetPy());
10    CudaWaveField gpuDest(4096, 4096);
11    WaveField cpuDest(4096, 4096);
12    gpuDest.SetOrigin(Point(0.01, 0, 0.3));
13    gpuDest.ShiftedFresnelProp(rect);
14    gpuDest >> cpuDest;
15    cpuDest.SaveAsWf("saveResult.wf");
16    return 0;
17 }
    
```

リスト. 2 矩形開口の軸はずれ回折計算サンプルコード

表. 1 計算に使用した PC のスペック

CPU	Intel Core i7 970 (3.20 GHz)
Memory	PC3-12800 4 GB × 6 (24 GB)
GPU	NVIDIA Tesla C2070(6GB)
OS	Windows7 professional x64
CUDA	Version 3.2

プログラムした例をリスト 1 に示す. 8 行では GPU メモリ内に 開口形状を設定し, 13 行で回折計算を実行し, 14-15 行で CPU への転送と結果の保存を行っている. このように, CudaWaveField を使用すれば, わずか 17 行程度のプログラムで GPU を用いたシミュレーションの記述が可能である.

3. 機能と性能

CudaWaveField は WaveField とは異なり, 細かな多数のメソッドを持つわけではなく, GPU で実行したほうが速い演算を中心に必要最低限のメソッドを実装し GPU に最適化している. CudaWaveField を用いた回折計算の性能を示すため, 回転変換³⁾ (図 2), シフトッドフレネル法²⁾ (図 3), シフトッド角スペクトル法⁴⁾ (図 4) の計算速度の測定を行い, CPU を用いた場合との速度比較を行った. なお 1K = 1024 である. CPU に対して, 回転変換で約 10 倍, シフトッドフレネル法で約 13.7 倍, シフトッド角スペクトル法では約 8.8 倍高速に計算できており, CudaWaveField が様々な回折計算において高い性能を発揮する事がわかる.

4. まとめ

GPU を用いた高度の波動光学シミュレーションが簡単に記述できるソフトウェアライブラリを設計し実装した. 本ライブラリは以下のサイトで配布予定である.

<http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/WaveFieldTools/>

5. 参考文献

- 1) 松島: OPJ2010, G261 (2010).
- 2) R. P. Muffoletto, et al.: Opt. Express **15**, 5631-5640 (2007).
- 3) K. Matsushima: Appl. Opt. **47**, D110-D116

(2008).

- 4) K. Matsushima: Opt. Express **18**, 18453-18463 (2010).

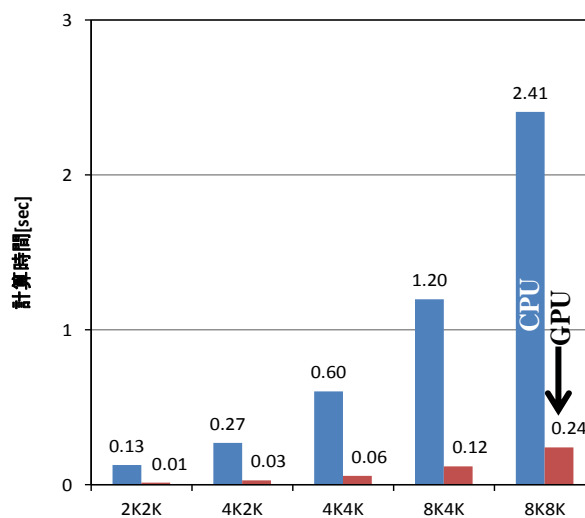


図. 2 回転変換の測定結果

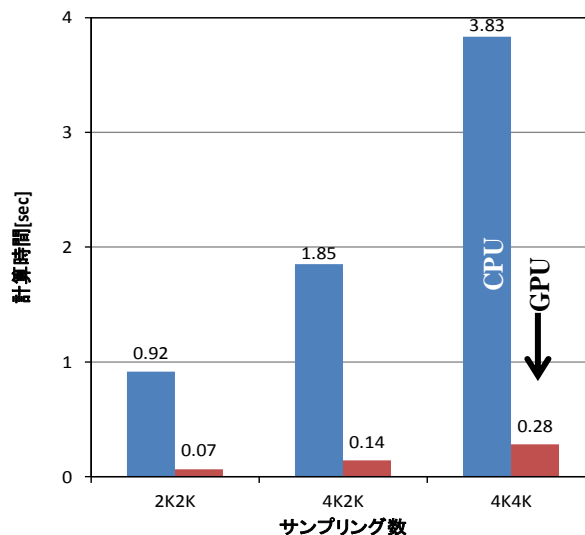


図. 3 シフトッドフレネル法の測定結果

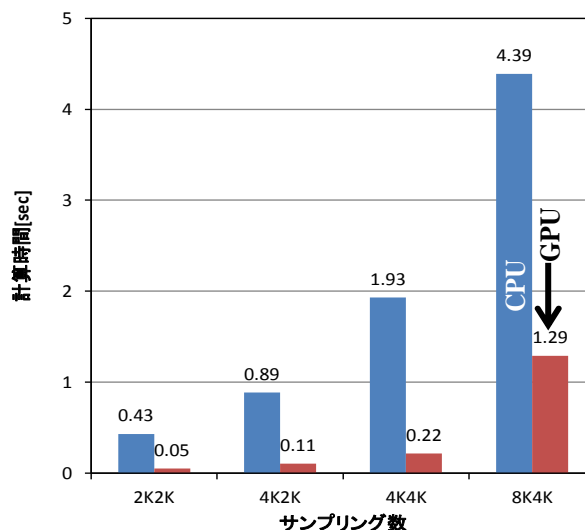


図. 4 シフトッド角スペクトル法の測定結果