

GPU 支援ライブラリを用いた準リアルタイム 波動光学シミュレーション Near-Real time Wave-Optical Simulation by GPU-Assisted Library

○寺口 功, 松島 恭治

○Isao Teraguchi and Matsushima Kyoji

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, Kansai University

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

A GPU-assisted C++ programming library for wave-optical simulation, named CudaWaveField library (CWFL) is presented. The CWFL is designed for close cooperation with WaveField library (WFL) used for the same purpose but designed for simulation using multi-core CPUs. The CWFL make it possible to execute numerical propagation even faster than that executed only by the WFL. Moreover, we developed WaveField graphics library (WFGL) that allows us to view the temporal development of simulated wave-fields in real-time. These libraries make it easy to produce Windows application software in wave-optics.

1. はじめに

GPU を汎用計算に応用し, 計算時間の短縮を図るアプローチは現在広く用いられている. これは波動光学においても例外ではなく, 我々も昨年発表した Wave Field Tools¹⁾を拡張し, 波動光学的計算を GPU 支援するライブラリ CudaWaveField を開発し, 報告している²⁾. CudaWaveField は WaveField が持つ様々な関数の中でも, 計算負荷が高く時間がかかる処理を高速に処理する事に特化しており, 計算機合成ホログラム (CGH)の合成やデジタルホログラフィ (DH)の再生計算等のシミュレーションに不可欠な, FFT やシフテッド角スペクトル伝搬法, シフテッドフレネル伝搬法, 回転変換等の様々な波動光学的計算を高速に行う事を可能にする. しかし, このバージョンの CudaWaveField は旧バージョンの CUDA に対応しており, 複数の GPU による並列処理が出来ない等の幾つかの問題を抱えていた. そこで本研究では, CudaWaveField を改良してマルチ GPU に対応し, より高い性能を発揮する事を目指した. また, 計算は高速に行えても, その結果を画像ファイルとして出力しなければ見る事が出来ず, パラメータを変化しながらリアルタイムに光波の変化を見る事は難しいという問題があった. そこで本研究では更に, WaveField および CudaWaveField に対応し, 光波複素振幅分布を可視化して計算結果を簡単かつリアルタイムに表示する事を可能とする拡張ライブラリ WaveField Graphics Library を開発した. これらのライブラリの特徴は,

- ◆ 光波シミュレーションに関する広汎な関数を実装した WaveField ライブラリとのシームレスな連携
- ◆ 煩雑な GPU 処理をカプセル化し, GPU の利用を単純化
- ◆ シミュレーションの計算時間の大半を占める伝搬計算等が CPU 処理の WaveField に比べて高速
- ◆ マルチ GPU 対応
- ◆ DirectX/OpenGL を用いているため, GUI アプリケーションとの親和性が高い

等がある. 以下, CudaWaveField ライブラリおよび WaveField Graphics Library の構成, 機能および性能について報告する.

2. ライブラリの構成

波動光学的計算に用いるツール群を WaveField Tools と呼んでいる. WaveField Tools の構成を Fig.1 に示す. 破線の範囲が本研究で付加した部分である. 今回, 改良された CudaWaveField Lib. は WaveField Lib. と Compute Capability 2.0 以上の GPU および, CUDA4.0 に

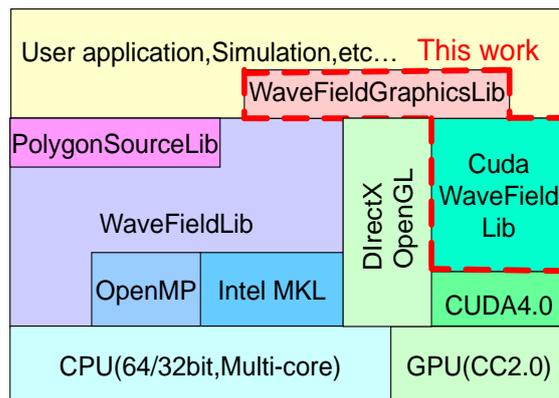


Fig.2 The architecture of WaveField Tools.

Table 1 Specifications of the computer used to measure performance of the library.

OS	Windows7 x64 professional
CPU	Core i7 970 @3.2GHz
Memory	24GB DDR3
GPU 0	GeForce GTX580
GPU 1	Tesla C2070

よって構成される。ここで、WaveField Graphics Lib.は WaveField や CudaWaveField が処理している複素振幅分布オブジェクトを可視化し、DirectX や OpenGL を通して画面に直接表示する機能を提供している。

3. 改良型 CudaWaveField の性能

FFT の計算時間と、代表的な伝搬計算法として帯域制限角スペクトル法³⁾の計算時間を測定した結果を Fig.2 に示す。また、使用した計算機の仕様を Table 1 に示す。ここで、WaveField は CPU の論理 8 コアを全て並列に使用した。また、CudaWaveField は 2 種類の GPU において測定を行った。なお、サンプリング数の単位は 1K = 1024 点である。

(A)から、8K × 8K サイズの FFT で WaveField が 678ms, CudaWaveField で GTX580 を用いた場合が 56ms, C2070 を用いた場合が 84ms となっており、CPU の論理 8 コアをフルに使用しても、GPU は約 10 倍高速であることがわかる。(B)の帯域制限角スペクトル法でもほぼ同じ結果となっている。

(C)は 100 回の FFT を WaveField (8 コア並列)で行った場合、CudaWaveField を用いて GPU 0 のみで処理した場合、GPU 0 と GPU 1 の両方を用いて並列的に処理した場合について測定を行った結果である。この結果から、8K × 8K では CPU が 68 秒であるのに対し、GTX580 のみを使用した場合が 5.69 秒となり、GTX580 と C2070 を両方稼働させた場合は 4.20 秒となった。これより GPU を複数備えたマシンでは、GPU を並列駆動すると性能が向上できる事がわかる。しかし、規模が大きくなる程その効果が小さくなっている。これは異なる GPU を用いた事が原因であると考えられる。すなわち、C2070 のほうが GTX580 より処理能力が低いため、C2070 がボトルネックとなって効率が落ちているものと推測される。

4. おわりに

GPU 支援波動光学計算ライブラリ CudaWaveField の改良を行った。また、計算結果をリアルタイムで表示し、グラフィカルなアプリケーションの作成を容易にする WaveField Graphics Library を開発した。本ライブラリや、ベースとなった WaveField ライブラリ、また CGH のための Polygon Source Library 等は下記サイトにて配布している。

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

文献

- 1) 松島: OPJ2010 予稿集, 9aC2(2010).
- 2) 寺口: 第 5 回新画像システム・情報フォトニクス研究討論会講演予稿集, 34-35(2011).
- 3) K. Matsushima, et al.: Opt. Express **17**, 19662-19673(2009).

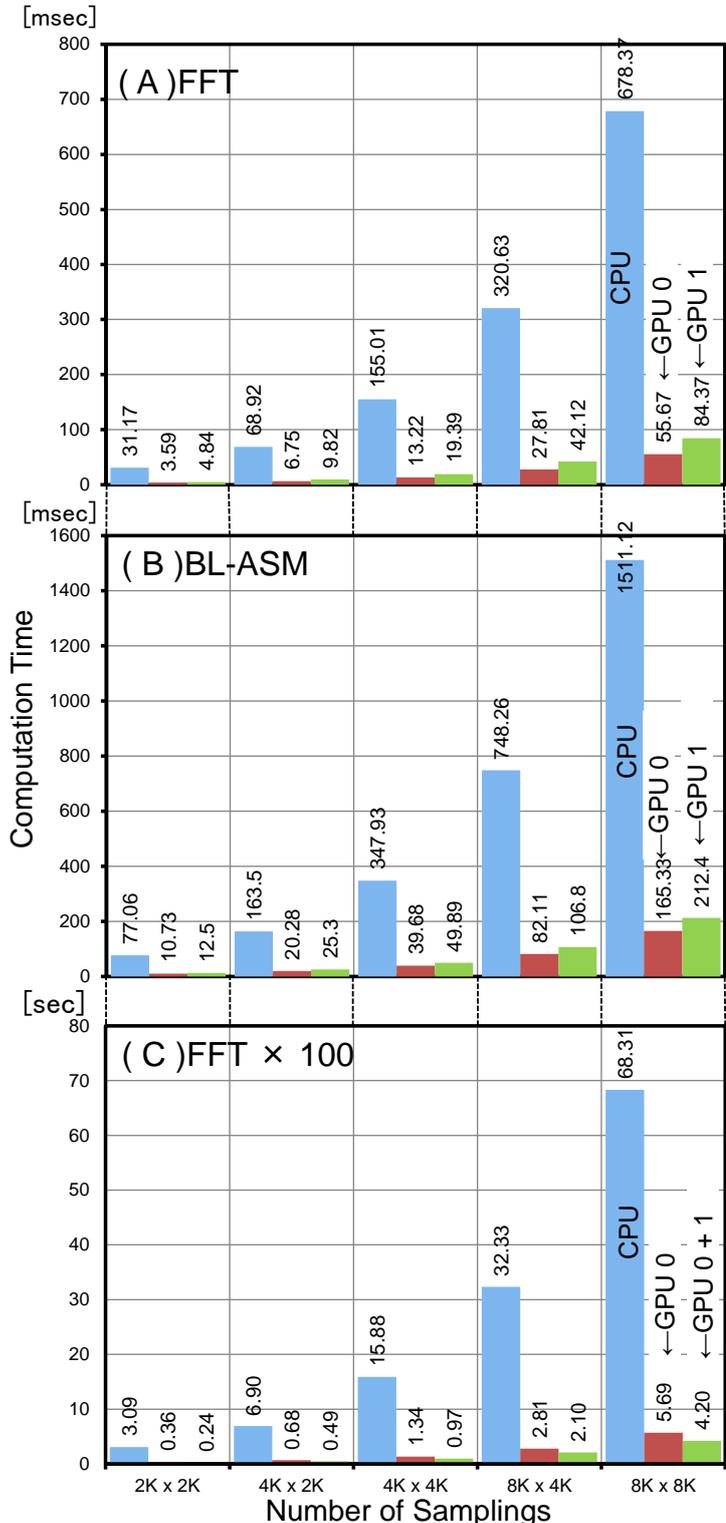


Fig.2 Measured computation time of several methods implemented in the CudaWaveField library.