19p-C1-18

GPGPU 用 FFT ライブラリによる PSTD 法の高速化

Accelerated Computing of pseudospectral time-domain method with CUFFT Libraries

阪府大工，°水谷 彰夫，菊田 久雄

Osaka Prefecture Univ.　°Akio Mizutani, Hisao Kikuta

E-mail: mizutani@me.osakafu-u.ac.jp

疑似スペクトル時間領域（pseudospectral time domain; PSTD）法[1]は，マクスウェル方程式の空間微分を高速フーリエ変換(FFT)によって解く方法である．これは時間領域差分（finite difference time-domain; FDTD）法[2]の中心差分に比べ高精度であるため，セルサイズを FDTD 法のように最小波長の 1/20 程度と細かくする必要が無く，理論的にはナイキスト周波数と等しい，すなわち波長の 1/2 以下のセルサイズで近似可能な解析手法である．そのため，メモリの利用効率が高く，数 mm の導波路長を持つ長周期グレーティングなどの大規模問題への解析[3]に利用されている．我々は，PSTD 法を皮膚などの生体組織からの散乱光問題[4]へ利用することを考えている．しかし，PSTD 法はモデルの次元に関わらず，1 次元フーリエ変換と逆変換を微分方向に対して計算領域にわたって複数回行うため，FDTD 法の単純な差分と比べると計算負荷が高い．そこで近年，FDTD においても注目を集めている GPU に注目し，GPGPU の FFT ライブラリ[5]による PSTD 法の高速化について検討した．

まず，原理確認のための簡単なモデルとして，電界成分が z 軸方向のみの TE 波 2 次元 PSTD モデルを作成した．四方に PML 吸収境界条件を設けることで無限領域として扱う．x,y 方向のセルサイズΔはともに波長の 1/5 とした．時間ステップは PSTD 法のクーラン条件を満たすように$\Delta/(4c)$とした．図 1 に示す電界分布より，伝搬光も PML も正常に作動していることが分かる．

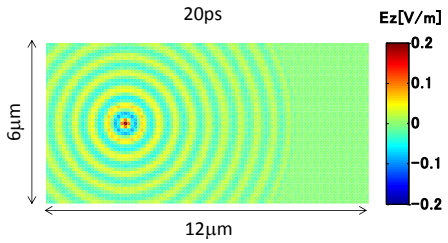

Fig. 1 Snapshot of Electric field distribution calculated with 2D-PSTD for TE wave with PML boundary.

次に，解析領域を変えたときの CPU と GPU による PSTD 法の計算時間を図 2 に示す．CPU には Core i7-3770K 3.5GHz を，GPU には NVIDIA の GTX TITAN を用い，CPU 用ライブラリには Intel の MKL11.0，GPU 用ライブラリには CUDA5.0 付属の CUFFT を用いた．両者の計算値は一致し，計算時間は，解析領域が 50*50 セルと小さいときは CPU のほうが短いが，解析領域が大きくなると GPU のほうが短くなり，解析領域が 1000*1000 セルのとき GPU 計算は CPU の約 3.2 倍速くなった．GPGPU-FFT ライブラリを用いることで，簡単に PSTD 法の計算の高速化ができることを示せた．

参考文献

[1] Q. Lin and G. Zhao,"Advances in PSTD Techniques," in *Computational Electromagnetics: the Finite-Difference Time Domain Method* (Artech House, 2005), pp. 847-882.

[2] K. S. Yee, *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, **14**, 302-307 (1966).

[3]岡村康行：PSTD 法による電磁界解析と光導波路への応用，レーザー研究，36，2008 年 10 月，解説・総説．

[4]岡村悠紀他：RCWA 法による散乱確率密度関数の算出とモンテカルロ散乱シミュレーションへの応用,OPJ 2012, 23aC1

[5] https://developer.nvidia.com/cuFFT

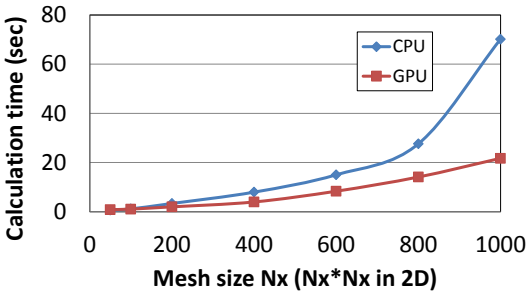

Fig. 2 Comparison of calculation time between GPU and CPU with respect to mesh size Nx for 2D-PSTD.

© 2014 年　応用物理学会