

HDS028-16

会場:302

時間:5月24日 10:15-10:30

TSUBAME2.0 による GPU を用いた大規模波動伝播シミュレーション Large-scale Wave Propagation Simulation using Multi GPU on TSUBAME2.0

青井 真^{1*}, 西沢 直樹², 青木 尊之³
Shin Aoi^{1*}, Naoki Nishizawa², Takayuki Aoki³

¹ 防災科学技術研究所, ² 日本 SGI 株式会社, ³ 東京工業大学

¹NIED, ²SGI Japan, Ltd., ³Tokyo Tech

差分法を用いた波動伝播シミュレーションは、地震ハザード予測の最も重要なツールの一つである。高精度な予測を行うためにはリアリスティックなモデルを用いた超大規模な波動伝播シミュレーションが必要となるほか、将来起こる地震の震源モデルを確定的には想定することが出来ないことに起因する予測のばらつきを評価するには非常に多数回のシミュレーションが必要であるなど、多大な計算機リソース（演算速度・メモリ容量など）が求められる。計算機が高性能化した現在においても計算機リソースがボトルネックの一つであるが、そのブレイクスルー技術として画像処理エンジンである GPU (Graphics Processing Unit) を高速な演算機として活用して数値シミュレーションなどの汎用的な計算を行う GPGPU (General Purpose Computation on GPU) が挙げられる（例えば、青井・他, 2010, 連合大会）。本研究では、プレ処理（モデル作成やパラメタ設定）からポスト処理（フィルター操作や可視化など）を効率的かつ容易に行うことを目的に開発された地震動シミュレーター GMS（青井・他, 2004, 物理探査）を GPGPU に対応させ、東工大の学術国際情報センターが所有する国内最速のスーパーコンピュータである TSUBAME2.0 を用いた大規模なマルチ GPU 環境での計算を試みた。複数の GPU を用いた並列計算を行う際は、モデルを水平二方向に分割して各 GPU に割り付け、差分演算を行う。各分割領域の接続面では隣接する領域の格子点の変数値が必要となるため、袖領域（重複領域）を設け、通信が必要な変数を MPI(Message-Passing Interface) を用いて交換する。GPU の演算速度は極めて高速であるために相対的に通信に要する時間の割合が大きくなることに加え、GPU 同士の直接の通信は出来ないために CPU を介した間接的な通信を行うことになるため、並列計算における通信のオーバーヘッドは極めて大きい。従って GPU における並列計算では、計算と同時に通信を行う「隠蔽」が重要となる。通信の隠蔽を行う際には、袖領域の計算を最初に行い内部領域を計算する間に平行して通信を行う手法がとられることが多いが、このような方法では、GPU が苦手とする不連続なメモリアクセスが生じるために効率が上がりにくい。本研究では、GMS が格子最適化手法として採用している不連続格子（Aoi&Fujiwara, 1999, BSSA）が二つの異なる格子サイズを持つ領域からなることに注目し、一方の領域を計算する間に他方の領域の通信を行うことで袖領域のみの計算を別途行う必要性を回避した。用いる GPU の数に比例してモデルのサイズ（格子数）を大きくする weak scaling による並列化効率のテスト（約 2.2 千万格子からなる単位モデルを使用）では、256GPU（モデルサイズは約 55 億格子）までほぼ並列度に比例した性能が得られた。一方、モデルサイズを 2.2 千万格子に固定した strong scaling による並列化効率のテストでは、4GPU で 3.2 倍程度の性能が出るものの、16GPU では 7.3 倍程度の性能しか出ず、急速に並列化効率が悪くなることが分かった。これは、各 GPU に割り当てられる計算の粒度が小さくなるため、相対的に通信の割合が大きくなり通信の隠蔽が破綻することに加え、各 GPU でのスレッド（GPU 上で計算処理を行う際の実行の最小単位）数が少なくなることにより効率的な計算が行えないことに起因する。通常行われるシミュレーションの時間ステップ数は数万ステップであり、モデルサイズに応じた計算機資源が確保されている場合には計算に要する時間（turn around time）は数分から数十分程度となり、過剰な並列度による更なる高速化の必要性は実用的にはほとんど無いと考えられる。なお、本研究における計算時間には結果の出力時間は含まれておらず、稠密な面的出力や三次元出力など大量な出力が必要な場合には、効率的な並列出力手法の開発が必要となる。

キーワード: GPGPU, TSUBAME2.0, 並列計算, 波動伝播シミュレーション, 差分法, 地震ハザード評価

Keywords: GPGPU, TSUBAME2.0, parallel computing, ground motion simulation, FDM, seismic hazard assessment