

フルGPU 計算による地震波伝播シミュレーション

Full GPU simulation of seismic wave propagation

岡元 太郎¹⁾, 竹中 博士²⁾, 中村 武史³⁾, 小林 直樹⁴⁾, 青木 尊之⁵⁾

Taro Okamoto, Hiroshi Takenaka, Takeshi Nakamura and Takayuki Aoki

- 1) 東京工業大学 大学院理工学研究科 (〒 152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1)
- 2) 九州大学 大学院理学研究院 (〒 812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)
- 3) 海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクト (〒 236-0001 横浜市金沢区昭和町 3173-25)
- 4) 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 (〒 252-5210 相模原市中央区由野台 3-1-1)
- 5) 東京工業大学 学術国際情報センター (〒 152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

Key Words: CUDA, seismic wave, finite-difference, parallel computing

1 はじめに

地球・惑星の地震学では、不規則地形や流体層などの効果を考慮した地震波のシミュレーションが必要とされてきている。我々は地震波伝播シミュレーションを大規模並列 GPU を用いて高速化することを目標として、不規則地形・海底地形 (流体層)・不均質構造・非弾性減衰、の各要素を実装した差分法 (Finite Difference Time Domain: FDTD) プログラムの開発を進めてきた。研究開発には東京工業大学学術国際情報センターの TSUBAME-1.2 および TSUBAME-2.0 を利用した。GPU プログラムには NVIDIA CUDA-C、並列化には MPI をそれぞれ利用し、これまでに上記各要素に関する実装を終えている [1, 2, 3]。本発表では高速化手法、1000 基を超える大規模並列計算での実効性能例、現実的な構造モデルを用いた計算応用例を紹介する。

2 実効性能と計算例

完全弾性体版のプログラムでは、TSUBAME-2.0 によって、800 GPU までの範囲で理想的な場合に近い弱スケーリング性能が得られた [3]。また、800 GPU で約 50 TFlops、1200 GPU で約 61 TFlops (いずれも単精度) という非常に高い実効性能を達成することができた (図 1)。これらの数値はどちらも 100 億単位セルを超える非常に大規模な計算例である。なお参考値であるが、GPU 1 基によって、ホスト CPU (Xeon 2.9 GHz: 6 core×2) の 3 倍弱の性能を得ている。

図 2 には、実際の地震による地震波伝播をシミュレートした結果の可視化例を紹介する [2]。この例では南関東地域を対象として、陸海地形や内部不均質を持つ複雑な構造モデルを用いた。この計算は 130 億単位セルを超える実用的な大規模計算 (完全弾性体版) である。それでも、400 基の GPU を使うことにより 20000 ステップの計算を 2063 秒程度の実用的な時間で終わることができている。

このように、GPU を用いることによって、現実的な短波長の構造・地形モデルについて、CPU のみを使った場合よりも高速な計算が低コストでできるようになると考えられる。

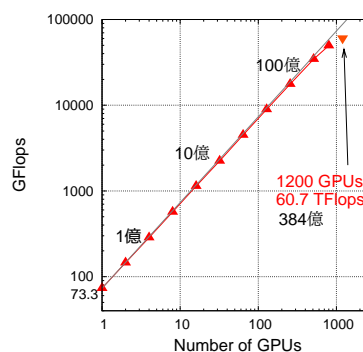


図 1 副領域サイズを $320 \times 320 \times 320$ に固定したときの、弱スケーリング性能。数値は差分法単位セルの数。

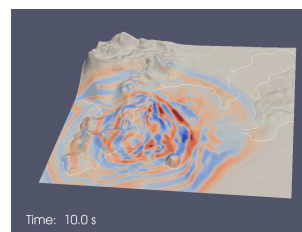


図 2 2006 年 4 月 20 日の伊豆半島近くの地震 (Mw 5.6) による地震波伝播をシミュレートして可視化したもの。

参考文献

- [1] Okamoto, T., H. Takenaka, T. Nakamura, and T. Aoki, *Earth, Planets and Space*, **62**, 939–942, 2010.
- [2] Okamoto, T., H. Takenaka, T. Nakamura, and T. Aoki, Submitted to *Proceedings of GPU Solutions to Multiscale Problems in Science and Engineering*. (書籍名は仮題)
- [3] 岡元太郎・竹中博士・中村武史・青木尊之, 地球惑星科学連合 2011 年大会, SSS023-27, 2011.