

11-NA20

竹中博士(九州大学)

並列GPUを用いた大規模地震波伝播シミュレーション

岡元太郎(東工大)、竹中博士(九州大)、中村武史(海洋研究開発機構)、
小林直樹(宇宙科学研究所)、青木尊之(東工大)

JHPCN

研究目的

本研究では、地球科学のなかで分野横断的にサブテーマを定め、それらにGPU(Graphics Processing Unit)を用いた大規模地震波伝播シミュレーションプログラムを応用する。本年度は、これまでに開発した手法を実問題に応用するうえでの課題を抽出し、基礎的な検討・研究を行う。

並列GPU計算

本研究課題で想定している地震波伝播シミュレーションは百億格子点以上のケースも含む大規模なものとなるため、並列GPU計算によって高速化を図る。

我々はこれまでに、東京工業大学学術国際情報センターのTSUBAMEスーパーコンピュータを利用して数百基から1200基のGPUを用いたフルGPU・MPI並列計算を実行し、地震波伝播計算をGPUによって高速化できることを確認してきた(前年度課題研究他)。

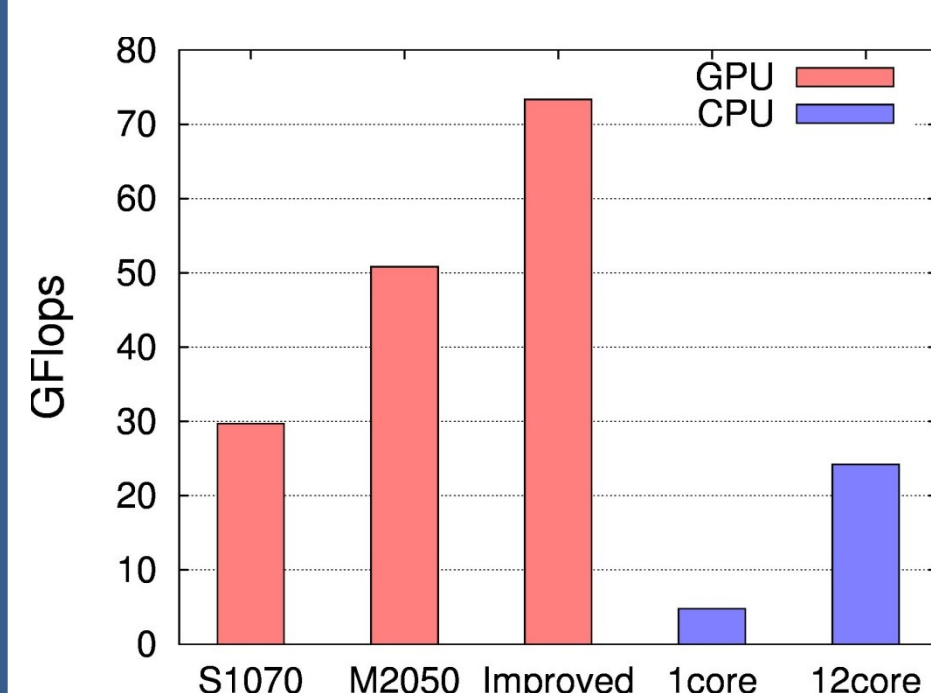


図1 並列GPU計算プログラム(非弾性減衰を含まないもの)を、1個のGPUで実行したときの性能。CPUの性能(参考値)は、非並列のFortranプログラムをOpenMPで共有メモリ並列化し、1ノードで実行して得たものである。GPUではNVIDIA CUDA-C、CPUではPGIコンパイラを利用した。

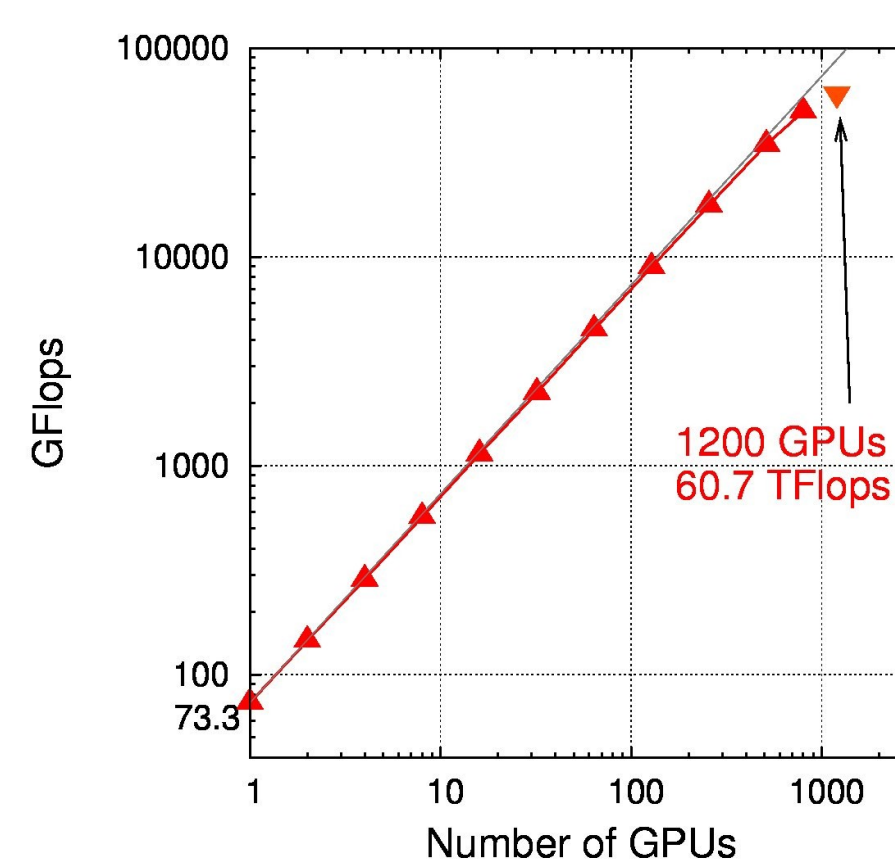


図2 フルGPU・MPI並列計算プログラムのスケーラビリティ(非弾性減衰を含まないもの)。800GPUの計算までは1ノードあたり2GPU、1200GPUの計算は1ノードあたり3GPUの条件で実行した。副領域サイズは320x320x320に固定したので、グラフは弱スケーリング性能を表す(Okamoto et al., submitted)。

サブテーマ(1)

地球内部構造の推定

1次摂動理論を用いると、構造パラメータ摂動に関する地震波波形の変化量は、震源からの波動と観測点に仮想的に置いた「震源」からの波動を干渉させたもの(積分核)に摂動量をかけて積分するで得られる。本研究では、この手法を適用して地球内部構造を逆問題形式で推定する研究を始める。

(1) 計算結果出力の効率化: 計算領域内の波動場を保存する際に各プロセスからのファイルI/Oがほぼ同時に発生する。このときの負荷を低減する手順を検討する。

(2) 積分核予備的計算: 仮定した初期構造モデルに対する積分核の予備的な計算を行い、課題検討を行う。

サブテーマ(2)

地震動に地形や海水層が及ぼす影響

地震に伴う強い揺れの性質を解明し強震動を予測することは重要な課題である。特に日本では2011年東北地方太平洋沖巨大地震のように海域で発生する地震が多い。そのため、地震波の伝播経路に海域を考慮することが必須となる。また、日本列島は多くの島嶼部を有するが、現状の強震動予測では陸上地形・海底地形や海が存在が考慮されておらず、島嶼部における強震動の研究は立ち遅れているといえる。

本研究では、GPU計算によって海陸地形を考慮したシミュレーションを行うための基本課題の抽出と検討を行う。現時点では、非弾性減衰効果を加えたときの計算性能向上と、計算結果出力のオーバーヘッド低減などが課題になると考えている。

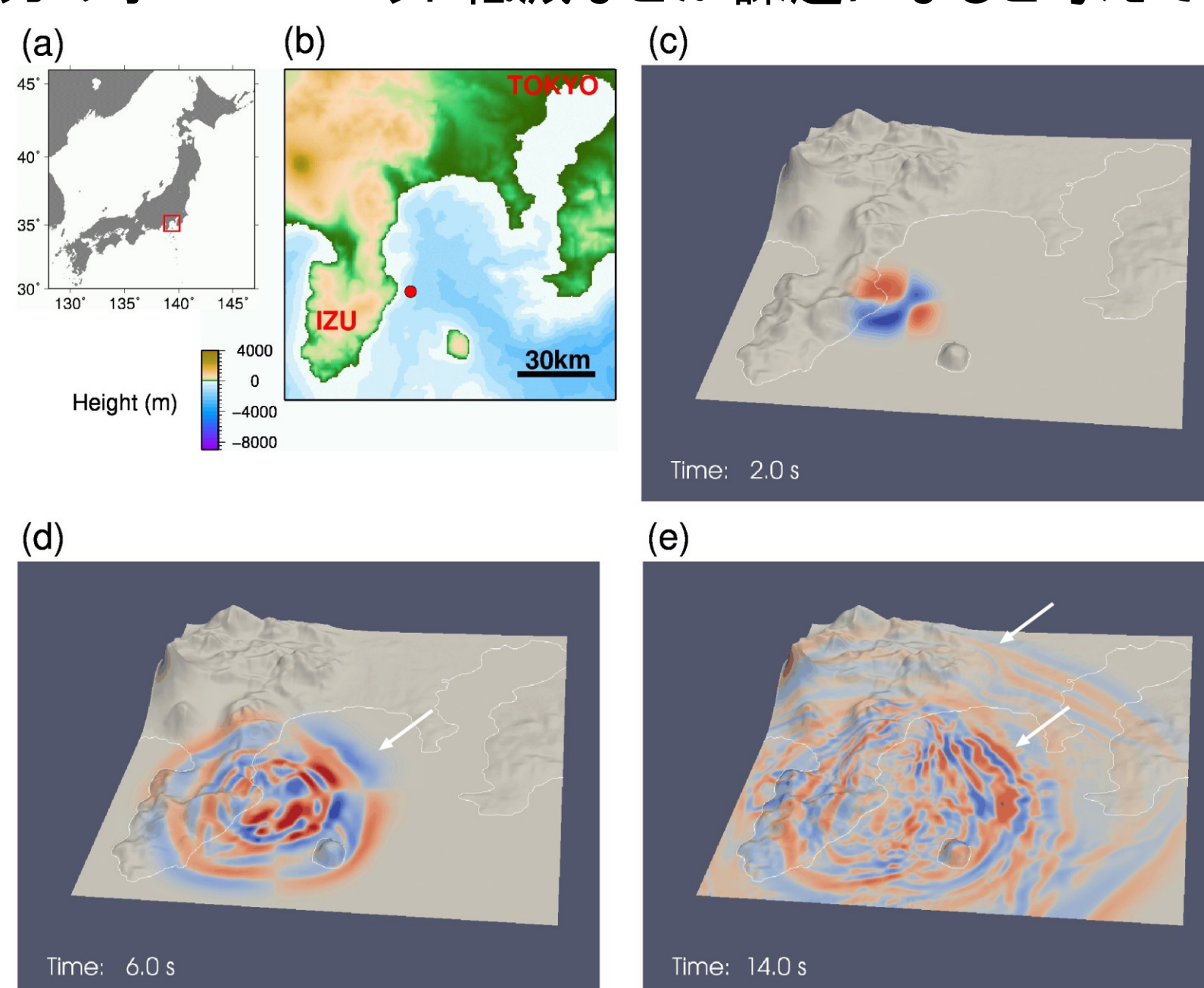


図3 海陸地形や海水層を含む地震波伝播シミュレーションの例。南関東の地形と、実際の地震(2006年4月20日、Mw 5.6)を対象とした。この例では400基のGPUを利用し、3200x3200x1280の格子点について20000ステップ(40秒間)の計算を行った。計算時間は2068秒である(Okamoto et al. submitted)。

サブテーマ(3)

月・惑星環境での地震動

月・惑星では、クレーターなどの不規則地形や地震波を強く散乱する媒質の存在が地球とは大きく異なっている。将来の月・惑星地震探査計画の一環として、そのような地球外天体での地震動についてシミュレーションによる考察を行う。

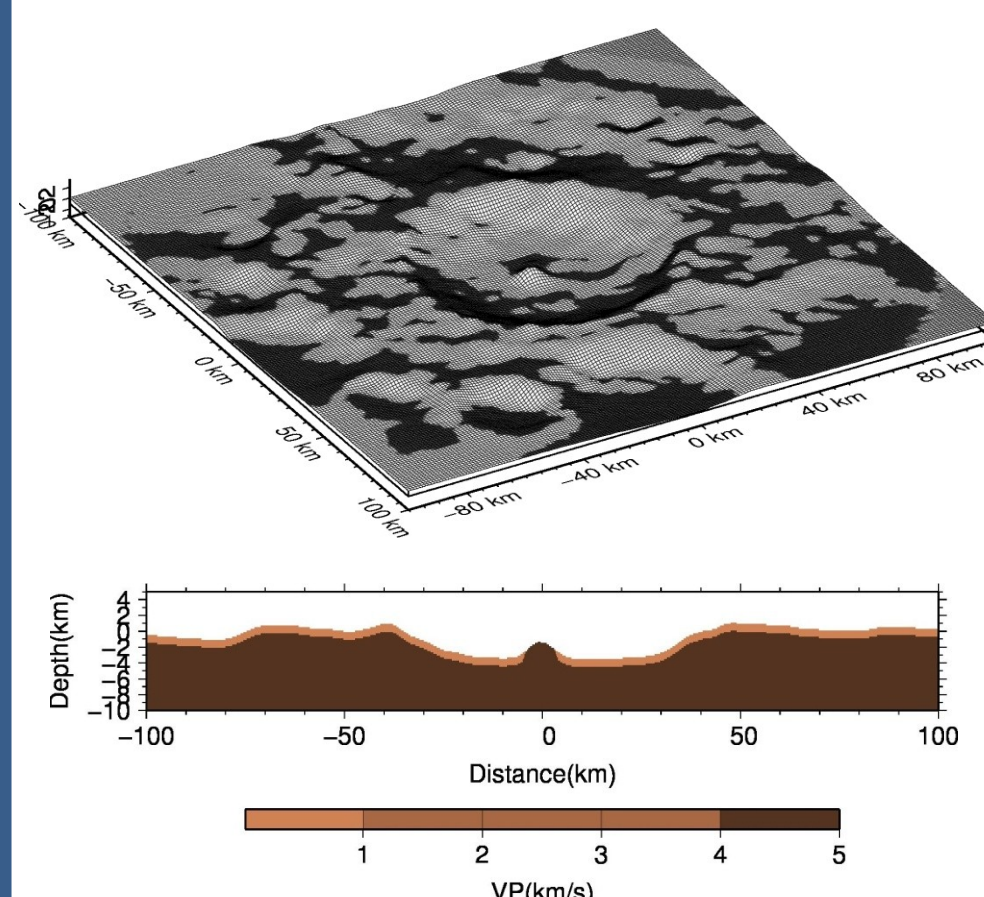


図4 月探査機「かぐや」のレーザー高度計で得られたティコ・クレーターの地形(データ出典: 宇宙航空研究開発機構)。

図5 仮定する構造の例(南北断面図)。表層を低速度の物質(レゴリスほか)で覆う。クレーター中央丘は露出させる。今後、速度分散他を追加予定である。