

12-NA12

竹中博士 (九州大学)

海溝型巨大地震を対象とした大規模並列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)、青木尊之(東工大)



研究目的

沈み込み帯の浅い地震からの地震波を高精度かつ安定に計算するための手法の開発と改良を行い、海溝型巨大地震の大規模な地震波伝播シミュレーションに応用する。本研究ではGPU版およびCPU版の時間領域差分法 (FDTD: Finite-Difference Time Domain) を改良すること、既存の3次元構造モデルの検証と改良を進めること、海底や島嶼地域を含む日本列島域にわたる地震動の計算を海溝型巨大地震 (特に東北地方太平洋沖地震) に対して実施して観測データとの比較検討を行うことを進める。

2011年東北地方太平洋沖地震

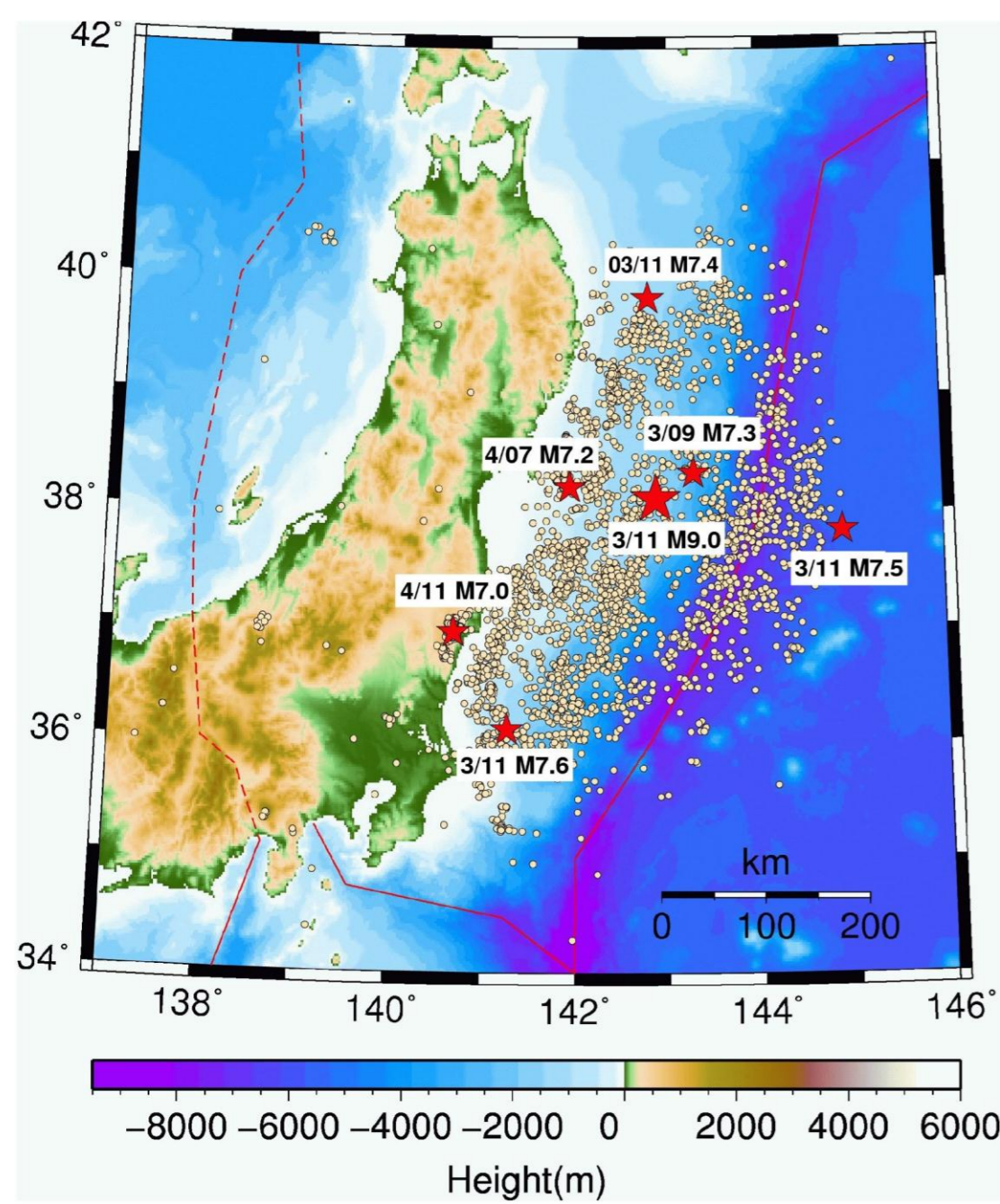


図1 東北地方太平洋沖地震 (2011年3月11日) の余震分布 (2011年3月9日から2011年4月11日、 $M_{JMA} \geq 4.0$)。マグニチュード7以上の地震の震央は星印で示した。震源域の大きさは約200km×500km程度になることがわかる。震源データは気象庁による。

東北地方太平洋沖地震は、強い地震動と巨大な津波によって東日本地域に計り知れないほどの被害をもたらした。残念ながら、この地域ではマグニチュード9に達するほどの巨大地震の発生は予測されていなかった。そのため、この地震の震源や、津波・地震動の励起を研究することが、地球科学において重要な課題となっている。我々はTSUBAMEを用いた高速・大規模地震波計算によってこの問題に取り組む。

計算システムと差分法 (FDTD)

- 東京工業大学学術国際情報センターのTSUBAME
- 東京大学情報基盤センターのPRIME HPC

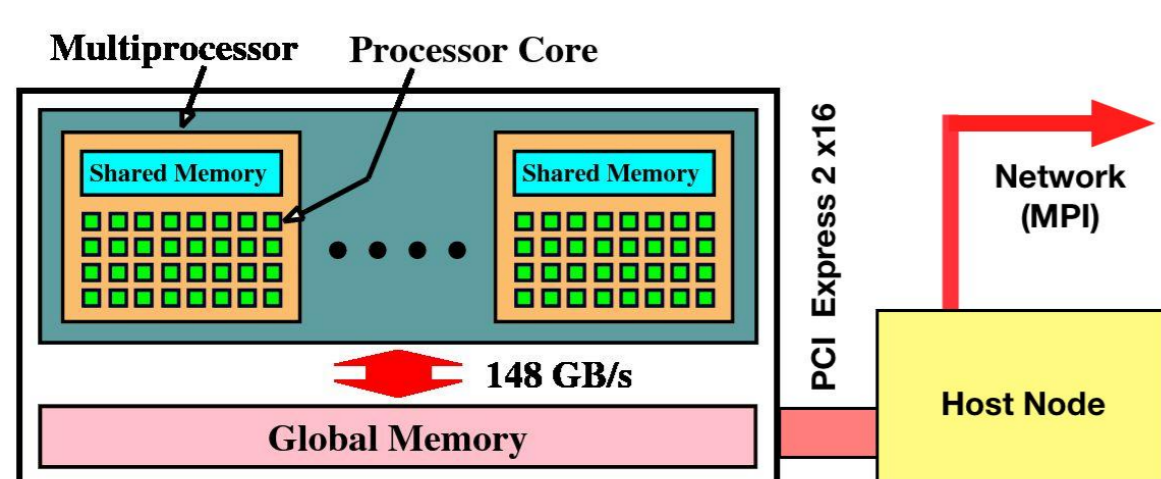


図2 本研究で利用するTSUBAMEに備えられたGPU (NVIDIA M5020) の構成の概念図。

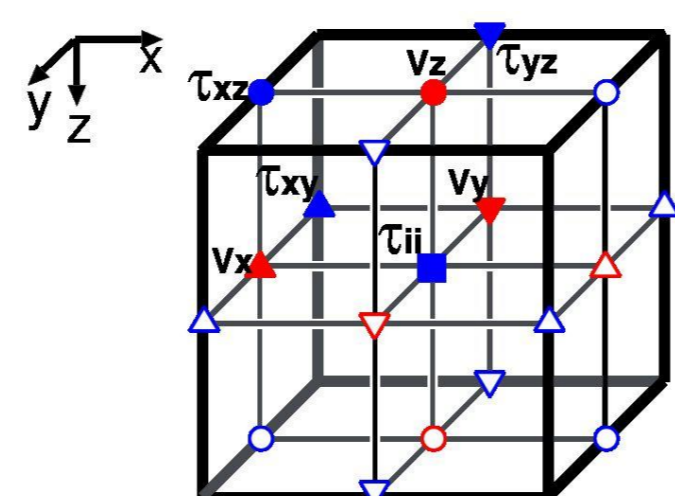


図3 食い違い格子と変数の配置。図示した格子は単位セルに相当する。

研究計画(1) 計算プログラムの改良

現行 (図4)

- 3次元分割
- MPIのみによる並列化

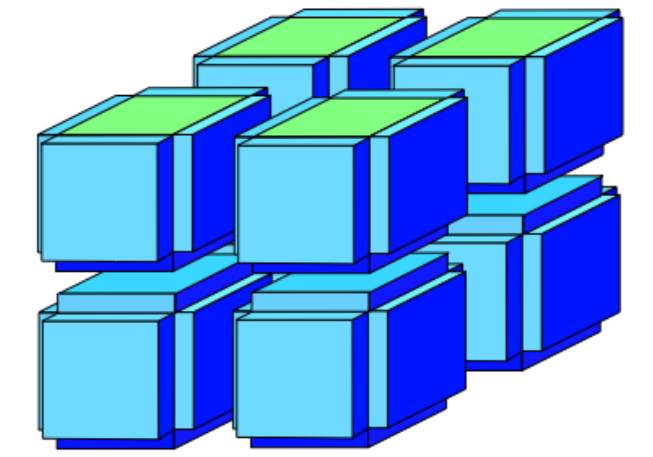
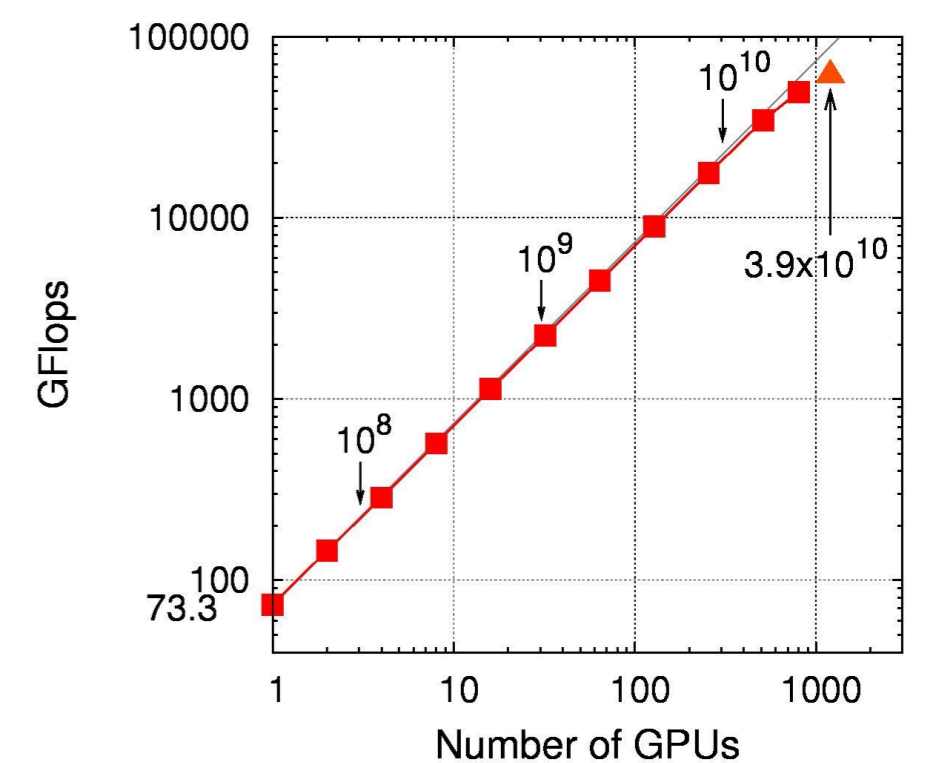


図4 3次元領域分割。青い部分が袖領域を示す。

1000GPU付近での並列性能低下 (図5) → ノード内GPU (3個) による通信増加

図5 TSUBAME-2.0 での実効性能。副領域サイズを320_320_320に固定して、全領域サイズを変えて (分割数=GPU 数を変えて) 弱スケーリング性能を測定したもの。いくつかの点での単位セル数も矢印と数値のペアで示す。



通信性能の改良 (ノード内は共有メモリ型など)

研究計画(2) 構造モデルの検証・改良

構造モデルを構成する各要素 (地形、地盤、地殻等) について、既存モデルを統合した3次元構造モデル (初期モデル) を作成する。このモデルによる理論波形と観測波形との比較により、構造モデルの検証と改良を進める。震源の複雑さを避けるために、巨大地震ではなく小地震を対象とする。

研究計画(3) 巨大地震のシミュレーション

計算地震波波形と観測波形との比較により、強震動生成のメカニズムや震源モデルの改良を行う。

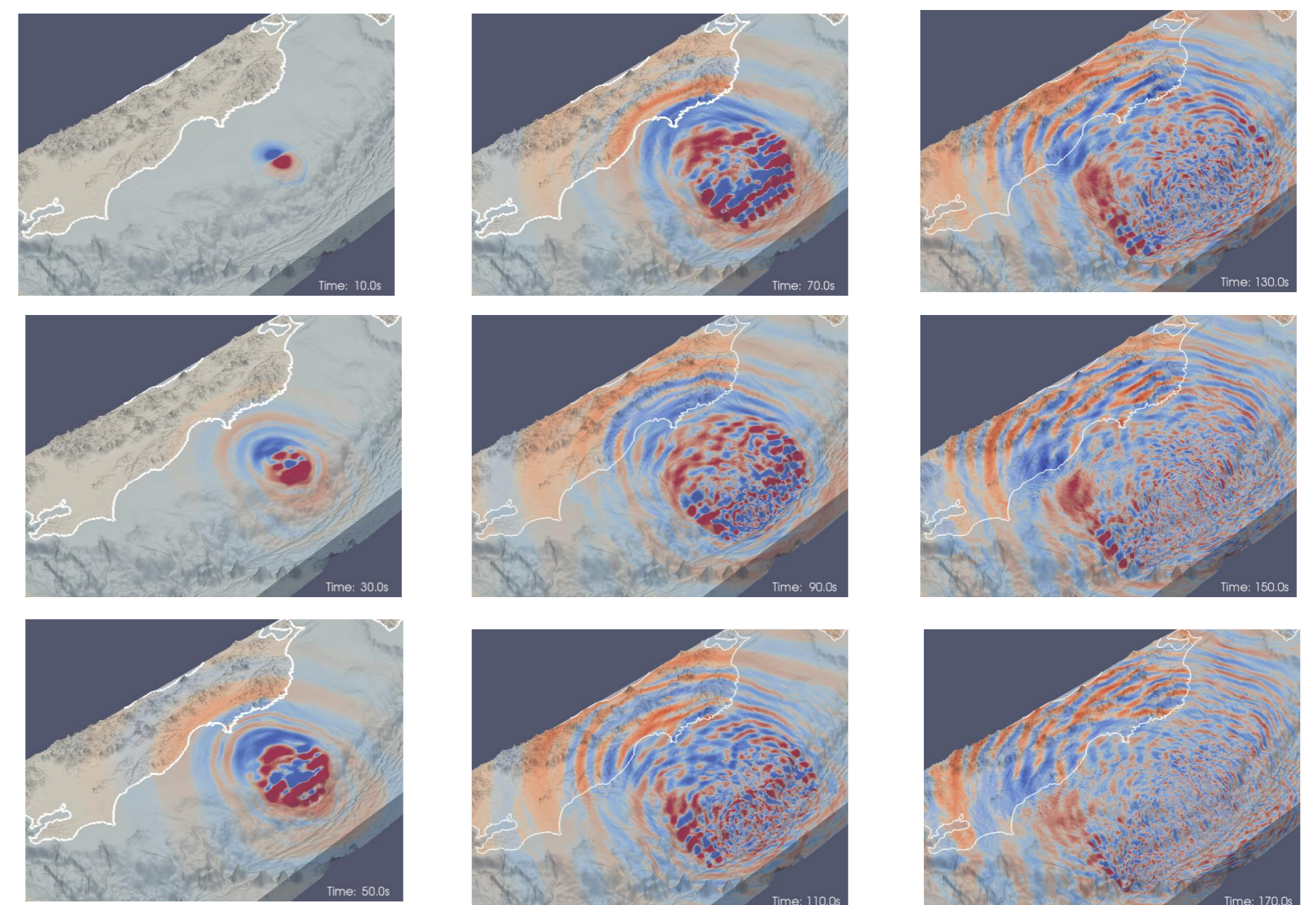


図6 暫定震源モデルおよび暫定構造モデルを用いたシミュレーションによる地震波伝播のスナップショット。地表および海底の固体側表面での鉛直地動速度を可視化したもの。赤と青は上方向、下方向への動きを示す。左上から右下にかけて、破壊開始時刻から10秒後、30秒後、50秒後、70秒後、90秒後、110秒後、130秒後、150秒後、170秒後のスナップショットを示す。この計算では TSUBAME のGPU 1000基を用いた。