

TSUBAME 共同利用 平成 29 年度 学術利用 成果報告書

利用課題名 GPGPU による長周期地震動シミュレーション
英文: Long-period ground motion simulation using GPGPU藤原 広行
Hiroyuki Fujiwara国立研究開発法人 防災科学技術研究所
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience
URL: <http://www.bosai.go.jp/>

本課題では、南海トラフで発生する海溝型巨大地震を対象として、3次元差分法を用いた大規模地震波伝播シミュレーションにより長周期地震動の検討を行った。具体的には、震源パラメータの不確実性や破壊不均質性を考慮して112ケースの震源モデルを設定し、関東から九州までを計算対象領域とし、申請者らがTSUBAMEのGPU環境に対応させた地震動シミュレータGMSによる地震波伝播シミュレーションを実施し、それらの結果をもとに震源モデルの不確実性や不均質性を考慮した長周期地震動評価を行った。

We simulated long-period ground motion of Nankai-Trough megathrust earthquakes by the 3-D FDM of the Ground Motion Simulator (GMS) adapted to GPU on TSUBAME. We used 112 cases of seismic source model which have different source parameters such like hypocenter and asperity and simulated long-period ground motion for vast area from Kanto to Kyushu. These simulation results enable us to estimate long-period ground motions by considering uncertainties of source model on long period ground motions.

Keywords: 長周期地震動、3次元差分法、GMS、南海トラフ地震

背景と目的

大地震の際に超高層ビルや石油タンクなどの長大構造物が長周期地震動による被害を受けることが知られている。2011年東北地方太平洋沖地震の際に、大阪平野内の超高層ビルが長周期地震動による被害を受けた事例は、震源から遠く離れた平野や盆地においても、複雑な地下構造の影響によって増幅された長周期地震動が、構造物に被害を及ぼし得ることを示している。3次元差分法などの数値シミュレーションにより複雑な地下構造が長周期地震動に及ぼす影響を評価することが可能だが、長周期地震動の予測のためには、地下構造の情報に加え、震源からの地震波の励起特性（震源モデル）に関する情報も必要となる。

巨大地震の震源モデルを事前に予測することが極めて困難なことは、2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震からも明らかであり、長周期地震動の予測では、さまざまな可能性を考慮して多数の震源モデルを設定し、各震源モデルに対する予測に加え、予測結果がどの程度のばらつきを持つかを定量

的に評価することが重要となる。そのためには計算コストの高い大規模シミュレーションを多数行う必要がある。

そこで、本課題では、TSUBAMEのGPU環境を利用して、多数回の大規模地震波伝播シミュレーションにもとづいた長周期地震動のハザード評価を行う。

概要

南海トラフで発生する海溝型巨大地震を対象として、震源パラメータの不確実性や破壊不均質性を考慮して112ケースの震源モデルを設定し、関東から九州までを計算対象領域とし、3次元差分法を用いた大規模地震波伝播シミュレーションにより長周期地震動の検討を行った。シミュレーションには申請者らがTSUBAMEのGPU環境に対応させた地震動シミュレータGMSを使用した。

本検討で対象とした震源モデルは、地震調査研究推進本部の長期評価 (https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai_2.pdf) で例示された15の震源域のうち、マグニチュード8程度に相当する5つの震源域 (図

1) に対応するもので、それぞれ破壊開始点やアスペリティの配置を変えた計 112 モデルを設定した。

地下構造モデルは防災科学技術研究所で作成している全国の 3 次元地下構造モデルにプレート構造を付与したものをを用いた。南北 660km、東西 950km、深さ 100km までの領域を水平方向 140m、深さ報告 100m (深さ 8km 以深ではその 3 倍の大きさ) の格子でモデル化した。格子数は約 36.8 億である。

地震波伝播シミュレーションでは、地下構造モデルを水平方向に 6×8 に分割し、それぞれの部分領域に 1 つの GPU を割り付けて計算処理を行っている。計算結果は、GMS の 1D Dump 機能を利用し、地動速度の 1 成分を 1 ファイルとして東西、南北、上下の 3 成分について出力している。1 ファイルには、陸域に約 2km 間隔で設定した約 5 万観測点の毎タイムステップ (全部で 103200 ステップ=430 秒) の地動速度値が記録されており、1 ファイルで約 90GB である。震源モデルの大きさにもよるが、TSUBAME3.0 の 48GPU (12 ノード) を使用した実行時間は、2.1~2.5 時間であり、90%以上は 2.2 時間以下であった。

結果および考察

出力された 1D Dump ファイルに対して、フィルタ、ダウンサンプリングのポスト処理を行い、各ケースについて速度応答スペクトルの空間分布を求め、さらに、結果を統計処理し、5 つの震源域に対する平均の速度応答スペクトル (周期 3 秒、7 秒) の空間分布を求めた (図 1)。

震源域が主として西側に位置している AS010、TS010 では、震源域に近い太平洋側の紀伊半島南部や四国南部で揺れが大きくなるとともに、震源から

離れた大阪平野や濃尾平野でも局所的に揺れが大きい。震源域が主として東側に位置する SF010、S0010 では震源域に近い御前崎周辺での揺れが大きくなっていると同時に、震源域から離れた地域としては、大阪平野、濃尾平野に加え関東平野でも揺れが大きく、特に震源域が駿河湾まで広がる SF010 では 100cm/s を超える領域も現れている。震源域が浅い A0100 では SF010 に近い分布を示しており、更に日本海側でも揺れの大きな地域が見られ、震源が浅いために長周期地震動に寄与する表面波が効果的に励起されたためと考えられる。震源モデルの不確かさを考慮した計算結果から、長周期地震動が大きい領域が関東平野などの平野・盆地部に概ね限定されており、長周期地震動評価において地下構造の影響を適切に評価することの重要性を示している。

まとめ、今後の課題

TSUBAME の GPU 環境を用いて、南海トラフの海溝型巨大地震を対象とした 112 ケースの震源モデルに対する長周期地震動シミュレーションを行い、震源モデルの違いによるばらつきを含んだ長周期地震動評価を行った。

今後は、本研究で行った検討を他の地域で想定されている巨大地震に対して適用していくと同時に、本課題で設定した多数の震源モデルが長周期地震動のばらつきを評価する上で十分な母集団となっているかについて検討することが重要な課題である。また、シミュレーションによって得られる膨大な計算結果から、防災、減災に有用な情報を抽出し、効果的に可視化する手法を開発することも今後の重要な課題である。

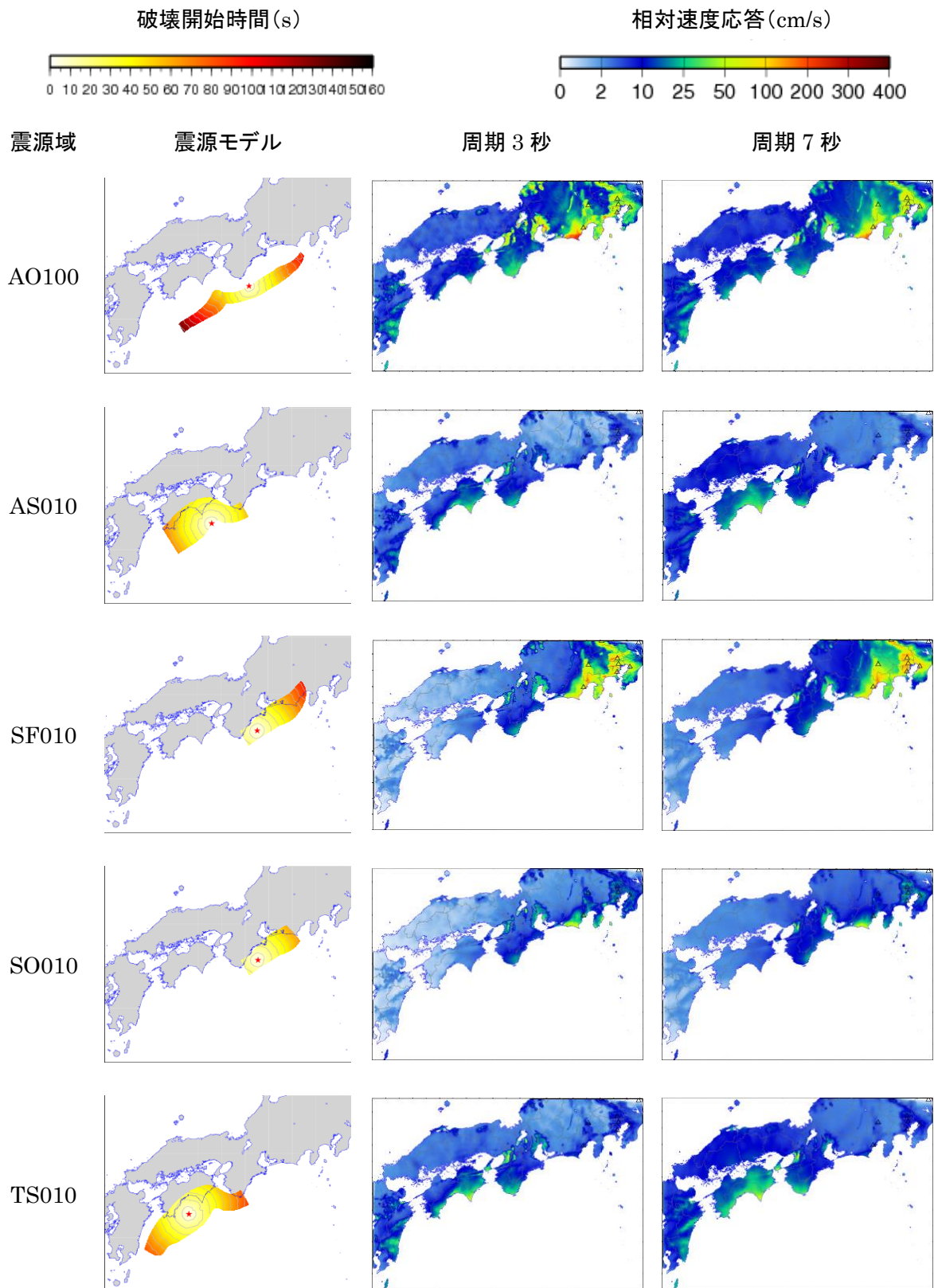


図 1 5つの震源域の断層面（左列）と、速度応答値（減衰 5%）の平均値空間分布（中列：周期 3 秒、右列：周期 7 秒）。