

## 課題：全地球弾性応答シミュレーション

課題責任者：坪井 誠司（海洋研究開発機構 地球情報基盤センター）

### 課題目的：

地震波形インバージョン解析による地球内部三次元構造推定のために、グローバルスケールの三次元速度構造を考慮した高解像度波動伝播シミュレーションを行う。波動伝播シミュレーション手法としては、内部構造インバー

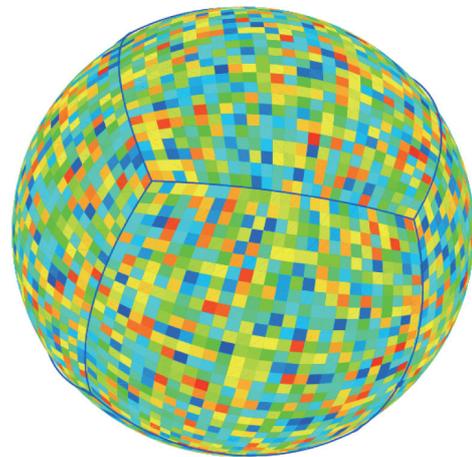
ジョンと直接結びつく DSM 法と、現時点で地球シミュレータにより到達しうる理論地震波形の精度を検証するためにスペクトル要素法との、二つの数値計算手法を用いる。

### 今年度得られた成果：

2011 年東北地方太平洋沖地震の初期破壊について異なる精度で理論波形計算を行った。用いた震源破壊過程モデルは、Tsuboi and Nakamura (2013) によるもので、震源過程解析は Nakamura et al (2010) により、IRIS 広帯域地震観測点の記録を用いて得られたものである。得られた解は、Mw9.1、断層のサイズ：460 km × 240 km、深さ：24 km、破壊継続時間：約 150 s、最大すべり量：49.0m である。地球シミュレータによるスペクトル要素法を用いた理論地震波形計算では、3 次元マントルトモグラフィーモデルとしては S 波トモグラフィーモデル S20RTS の P 波モデル P12 (Ritsema et al., 1999) を用いている。

計算は地球シミュレータの 127 ノード (1014CPU) を用い、精度は周期 5 秒である。理論地震波形の 20 分を計算するために約 6 時間の計算時間を必要とする。地球シミュレータにより計算した精度 5 秒の理論地震波形を、京コンピュータを用いて精度約 1 秒の精度で計算した理論波形と比較した。京コンピュータの 82,134 ノード (657,072 コア) を用いた計算では、現実的な 3 次元地球モデルに対して、周期約 1.2 秒の精度で理論地震波形計算を行うこと

が可能となっている。この場合の総格子点数は約 6652 億個であり、スペクトル要素数は約 99 億個、また約 1.8 兆自由度であり、地表における格子点の平均間隔は 0.67 km である。計算性能は、約 1.24PFLOPS となりピーク性能比 11.84%、ストロングスケーリング 99.54% である。理論地震波形の 7 分間を計算するために約 6 時間の計算時間が必要のため、現時点では震央距離が 10 度程度の観測点しか計算できていない。理論地震波形を観測と比較した結果、理論地震波形の精度が向上すると観測との一致も改善しており、この震源モデルは周期 1 秒程度の分解能まで堪えられることが分かった。また、計算した理論波形は初期破壊過程を比較的良くモデル化していることも分かった。



### 課題内容：

高精度な有限要素法の一つであるスペクトル要素法により、現実的な三次元地球内部構造モデルに対して、実体波の周期である 3.5 秒の精度を持つ理論地震波形記録を計算し、地球内部構造モデルおよび地震の震源過程についてシミュレーションを実施する。

右図は 507 ノードのシミュレーションで用いたメッシュの例 (6X26X26=4056 個の MPI プロセスを使用)

### 今年度の成果：

2011 年東北地方太平洋沖地震の震源過程モデルを用いて松代地震観測点における観測波形をシミュレーションした結果を、京コンピュータを用いて周期 1.2 秒の精度で計算した結果と比較した (右図)。黒線は観測波形、赤線は京コンピュータを用いた理論波形、緑線は ES2 を用いて計算した理論波形。シミュレーション用いた震源モデルは、この地震の初期破壊過程を比較的良くモデル化できることが分かった。

