

## 3次元不均質場での波動伝播と強震動シミュレーション

### Numerical simulation of seismic waves and strong motions in 3D heterogeneous media

# 古村 孝志[1]

# Takashi Furumura[1]

[1] 東大地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

#### 1. はじめに

2002年3月に完成した「地球シミュレータ」(JAMSTEC 横浜研究所)は、現在、世界最速(40Tflops)を誇る超並列スーパーコンピュータである。これにより日本列島を伝播する短周期地震動の計算環境が大きく前進した。同時に、防災科学技術研究所の高密度地震観測網(K-NET, KiK-net, 1600点以上)の整備によって、日本列島の地震動の伝播の様子を直接見ることが可能になった。過去の被害地震の地震動と強震動生成メカニズムを理解し、そして将来発生が予想されるシナリオ地震の強震動を評価するためには、この高密度強震観測と大規模計算機シミュレーションが重要な鍵を握っている。ここでは、2000年鳥取県西部地震(Mj7.3)と1993年釧路沖地震(Mj7.8)の観測とシミュレーションの比較をもとに、大規模地震動シミュレーションの現状と、強震動予測に向けた今後の課題について考察する。

#### 2. 地球シミュレータによる大規模計算

地球シミュレータは、8CPUの共有メモリ型ノードを640台結合した、共有/分散メモリ型の並列ベクトル計算機である。地震動シミュレーションでは、3次元モデルを複数領域に水平分割し、これを各ノードに割り当て並列計算を行う。このとき水平方向の波動計算(微分演算)には高次(16~32次精度)FDMが、また領域が分断する鉛直方向には4次精度のFDMが用いられる。ノード内では8つのCPUを用いた自動並列・ベクトル計算が行われ、ノード間ではMPI通信により隣接ノードと波動場の交換が行われる。演算の精度を水平/鉛直方向で揃えるために、鉛直方向の格子間隔を水平格子の半分の大きさに設定されている。また、表層地盤から上部マントルを扱う大規模計算では、モデルの上部の格子間隔を細かく、そして下部を粗い格子で離散化した「マルチグリッド」モデルを利用する。格子間隔の異なる二つの領域の波動場は、フーリエ変換を用いて高精度に補完される。

#### 3. 2000年鳥取県西部地震の強震動

鳥取県西部地震はK-NETとKiK-netが整備されて以来、最初のM7クラスの内地地震であり、西南日本の521観測点で良好な地動加速度が記録された。観測記録を空間補間して作成した波動伝播のアニメーションから、浅い横ずれ断層から大振幅のLove波とLg波が生成され、西南日本をそれぞれ2.7km/sと3.5km/sの速度で伝播する様子をよく見ることができる。また、Love波が大阪平野や濃尾平野の表層地盤で強く増幅され、数十秒以上にわたって揺れが継続する様子も確認できる。次に、観測された地震動を再現するために、西南日本の819km\*409km\*168kmの領域を800m/400mの格子間隔で離散化し、波動計算を行った。地震発生から2分間の波動伝播計算は、地球シミュレータの16ノード(128CPU)を用いた並列計算により30分で完了した。計算で求められた波動伝播のアニメーションは、観測で見られたLove波やLg波の伝播特性を良く説明している。また堆積平野での地動増幅と長い継続時間もよく再現されている。このことから、西南日本の地下構造モデルとそれを用いた大規模な波動伝播シミュレーションの有効性が確認できた。

#### 4. 1993年釧路沖地震と異常震域

北海道周辺の深いプレート地震では、北海道 東北 関東にかけての広い範囲で震度が大きくなる「異常震域」現象が起きることが知られており、高密度強震観測によりその地震動特性が詳細に明らかになった。異常震域の生成は、東北日本に沈み込む太平洋プレートが高速度(High-V)かつ低減衰(High-Q)であるために、遠地まで地震動がよく伝わるためである。このことを確認するために、1993年釧路沖地震の波動伝播シミュレーションを行った。異常震域では周波数1Hz以上の高周波数の地震動が卓越し、低周波数の地震動には伝播異常は見られない。そこで、北海道 東北の1024km\*512km\*250kmの範囲を500m/250mの細かな格子間隔で離散化し、3Hzまでの高周波地震動の波動伝播を評価した。波動伝播のアニメーションから、地震波がHigh-Qプレートを良く伝播し、逆に火山フロントより背弧側ではLow-Qのマントルウエッジで急激に減衰する様子が確認できる。計算から得られた震度分布は、釧路沖地震の震度をよく再現している。

#### 5. 高精度シミュレーションに向けて

これまで地震動シミュレーションの最大周波数は、計算機の演算能力により制限されていた。しかし、計算環境が大幅に進化した現在では、計算限界は物理モデルにある。地震動シミュレーションの高精度化には、高分解能

の地下構造（特に表層地盤構造）モデルの整備と、高周波数の放射を正しく評価する広帯域震源モデルの構築が急務である。