

3次元不均質地球構造での地震・津波波動伝播シミュレーション

古村 孝志（東京大学地震研究所）

課題目的：

3次元的に不均質な媒質中の地震波動伝播ならびに津波発生伝播の数値シミュレーションを実施する。陸海プレート境界地震や内陸活断層の地震に伴って放射される地震動が、不均質な地殻・上部マントルを伝播し、地殻表層部の軟弱な堆積層により強く増幅され、そして構造物に被害を引き起こす強震動が生成される一連の物理過程を、運動方程式の大規模計算により理解する。地球シミュレータによる計算結果を、日本列島ならびに海域に展開された高密度強震・津波観測データと直接比較することにより、シミュレーションモデルを検証し、地球内部構造モデルの精緻化をはかる。

今年度得られた成果：

(1) 沈み込む地殻内の短波長ランダム不均質構造の推定

関東・東海地域下に沈み込むフィリピン海プレートの地殻を伝わるトラップ波に、顕著な伝播特性の空間変化が認められる（図1）。フィリピン海プレートが急激に浅くなるC-D測線に沿って記録されるトラップ波は紡錘形の特徴を示し、測線A-Bのパルス的な波群とは大きく異なる。

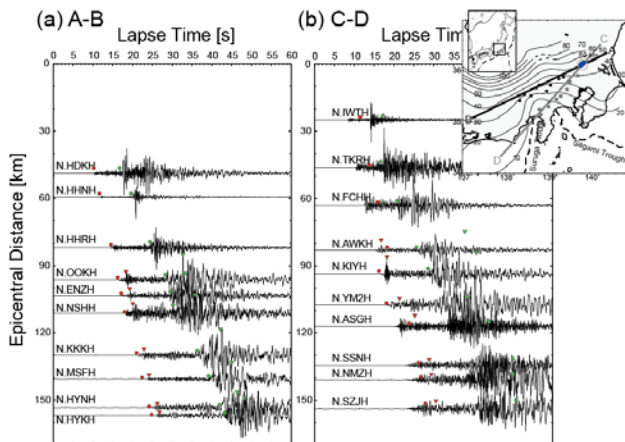


図1. 茨城県南部の深さ 59 km で発生したスラブ内地震の速度波形記録 Radial 成分、A-B 及び C-D 側線。

地球シミュレータを用いた地震動シミュレーションから、この波形の違いの原因として、40 km 以浅の沈み込む地殻内に短波長不均質性が存在し、それ以深には存在しないことで、沈み込む地殻浅部を伝播するトラップ波が地震波散乱により大きく崩れ、紡錘形の地震波形となることが明らかとなった（図2）。

また、3次元シミュレーションから、沈み込む地殻浅部の地震波散乱が地震波の伝播と減衰に大きな影響を与え、首都圏の強震動分布に影響を与えることも明らかになった。

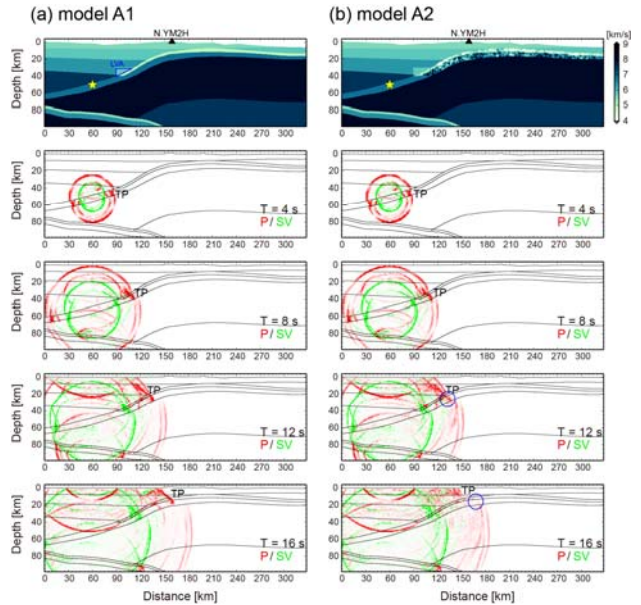


図2. 測線 C-D における地震動シミュレーション。赤色が P 波、緑色が SV 波の波動場を示している。Model A1：一様な沈み込む地殻モデル、Model A2：40 km 以浅の沈み込む地殻に短波長速度不均質を設定。

(2) 海洋性堆積物の異方性構造とアウターライズ域における応力場

北西太平洋に設置された 254 台の海底地震計で観測された常時微動を、地震波干渉法による自己相関関数に基づき、海洋堆積物内の異方性構造を推定した。地球シミュレータを用いて等方・異方性媒質を用いた 3次元地震

波動伝播シミュレーションを行い、観測された特徴は、主に海洋堆積物内の異方性構造を強く反映していることが明らかになった (図 3)。

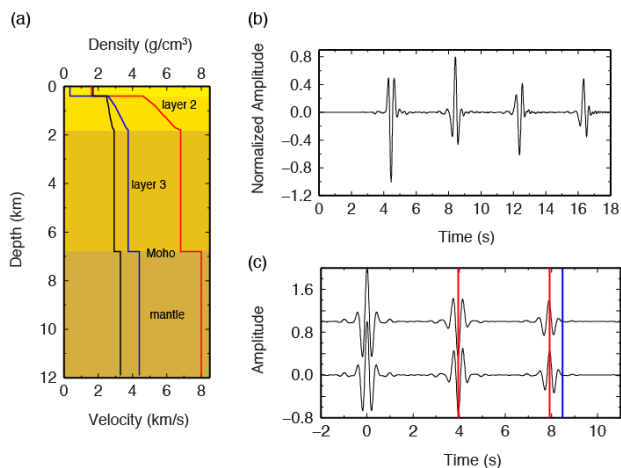


図 3. 3次元地震波動伝播シミュレーションによる、海底地震計記録の自己相関関数の再現。(a) 用いた地震波速度構造、(b) 計算波形、(c) 自己相関関数 (上段：堆積層の Q 値が 300 の場合、下段：110 の場合)。赤線は音響基盤、青線は海洋モホ面からの反射波の理論走時。

### (3) 2015 年小笠原諸島西方沖の地震 (Mw 7.9) の地震波伝播と震源位置

2015 年 5 月 30 日に小笠原諸島西方沖で Mw 7.9 の深発地震が発生し (図 4a 赤い震源球)、首都圏でも最大震度 5 弱の強い揺れを観測した。この深発地震は、通常地震活動より 100 km 以上深い場所で発生しており、沈み込む太平洋スラブ下端か、上部マントルまたは下部マントル内で発生したか議論が分かれる。

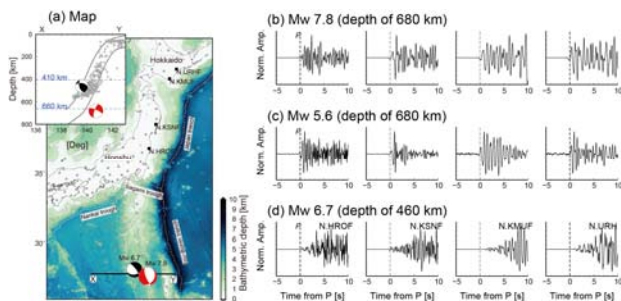


図 4. (a) 震源位置と観測点分布。(b) 小笠原諸島西方沖の地震、(c) その余震および (d) 深さ 460 km で発生した深発地震による 1-8 Hz の上下動成分の P 波波形。

地震観測網 Hi-net と F-net での地震記録を調べると、これまで深さ 400-500 km 程度で発生した深発地震と大きな違いがあり (図 4b-d)、小笠原諸島西方沖の地震とその余震が P 波初動直後に大きな振幅を持つパルス的な波形であった。

震源の位置を変えてシミュレーションを行ない波形の比較を進め、2015 年小笠原諸島西方沖の地震が太平洋スラブ下端で発生した地震であることを明らかにすることができた。

### (4) 地球シミュレータ 3 における地震波シミュレーションコードのチューニング

本年度より新たに導入された地球シミュレータ 3 (NEC SX-ACE) においても円滑な地震波シミュレーション研究を継続するため、従来コードのチューニングと性能測定を実施した。

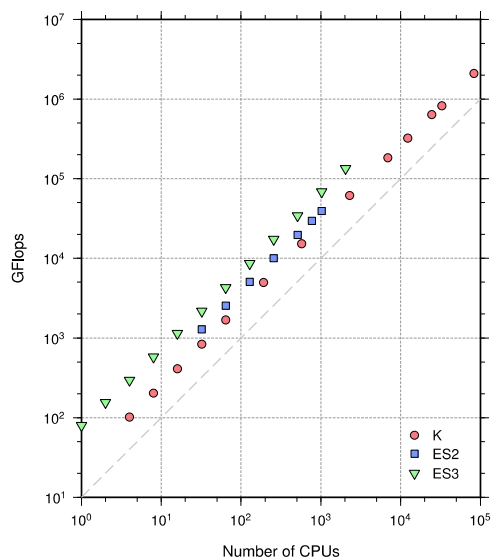


図 5. ウィークスケーリングテストの結果。緑：ES3、青：ES2、赤：京コンピュータで計測された GFLOPS 値を示す。

図 5 に地球シミュレータ 2 ならびに理化学研究所計算科学研究機構の京コンピュータとの性能比較 (ウィークスケーリングテスト) を示す。地球シミュレータ 3 は従来機に比べて CPU 単体あたりの実効性能で約 1.5 倍、京コンピュータと比べると約 2 倍の性能を持つことが明らかになった。従来機よりも単一ジョブで利用可能な CPU 数が増大し、より大規模なシミュレーションが実現可能となった。