

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540490

研究課題名(和文) 高密度地震観測データ解析と大規模数値計算に基づくフィリピン海プレートモデルの構築

研究課題名(英文) Construction of the Philippine Sea Plate model based on high-density seismic observation data analysis and large-scale computer simulation

研究代表者

古村 孝志 (Takashi, Furumura)

東京大学・大学院情報学環・教授

研究者番号：80241404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：フィリピン海プレートの詳細な形状の理解は、近い将来の南海トラフ巨大地震の発生に備えて、プレート境界での応力蓄積過程や、大地震による強震動と津波の高精度予測のため重要な課題である。

本研究では、南海トラフ地震による強震動/津波予測の高度化を目的として、日本列島に沈み込むフィリピン海プレートの詳細な形状の推定を、1) 高密度地震観測網で記録された地震波形の詳細解析、2) 地球シミュレータを用いた地震波伝播の高精度計算、の2つの観点から研究を進めた。そして、プレートの断裂や狭窄など局所変形の特徴を正しく表現した「複雑プレートモデル」を用いて、東海・東南海・南海地震の発生に伴う強震動と津波を評価した。

研究成果の概要(英文)：Preparing for expecting future Nankai-trough earthquake the understanding of the detailed structure of the subducting Philippine Sea Plate is an important subject in the context of prediction of the stress accumulative process in a plate boundary, and mitigation of strong ground motions and tsunamis.

For understanding the effect of heterogeneous structure of the Philippine Sea Plate on the development of strong ground motions radiating from the source at the top of the plate and guiding through the plate, this study was investigated from two viewpoints of study; 1) large-scale high-density computer simulation of seismic wave propagation using the Earth Simulator supercomputer, and 2) detailed analysis of dense seismic recordings of recent earthquakes obtained by high-density network in Japan.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：地震現象

1. 研究開始当初の背景

従来、西南日本下に沈み込むフィリピン海プレートモデルとして、微小地震の震源分布を用いて作成された「スムーズなプレートモデル」(図1a)が一般的であり、これを用いた大地震の強震動や津波シミュレーションが行われてきた。ところが近年、高密度地震観測データを用いた研究(たとえば、近地・遠地地震のレシーバ関数解析や、Double-differential法に基づく精密震源決定など)から、複雑に折れ曲がり局所的に大変形した「複雑なプレートモデル」の概念が提示された(図1b; Shiomii et al., 2008)。

2. 研究の目的

フィリピン海プレートの詳細な形状の理解は、近い将来の東海・東南海・南海地震の発生に備えて、プレート境界での応力蓄積過程や、大地震による強震動と津波の高精度予測のための基礎的かつ重要な課題である。特に、プレートの局所大変形が、西南日本の地震波伝播と震度分布に与える影響の理解は、地震防災の観点からも重要となる。

本研究では、南海トラフ地震による強震動/津波予測の高度化を目的として、日本列島に沈み込むフィリピン海プレートの詳細な形状の推定を、1) 高密度地震観測網で記録された地震波形の詳細解析、2) 地球シミュレータを用いた地震波伝播の高精度計算、の2つの観点から研究を進めることとした。

プレートの断裂や狭窄など局所変形の特徴を正しく表現した「複雑プレートモデル」を用いて、東海・東南海・南海地震の発生に伴う強震動と津波を評価することを目的とした。

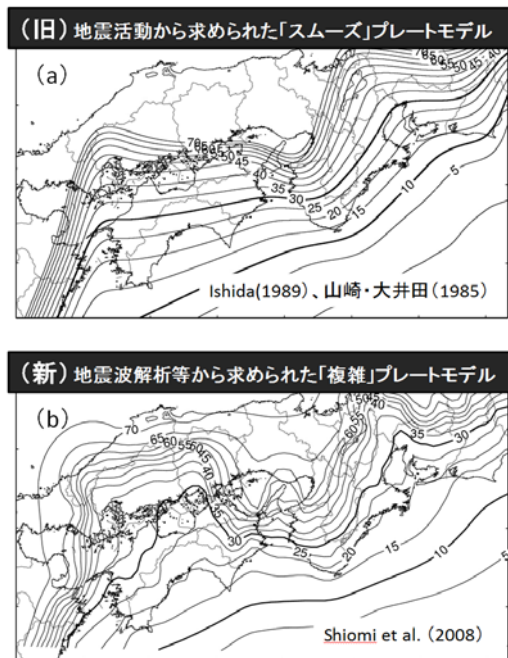


図1 フィリピン海プレート形状モデル

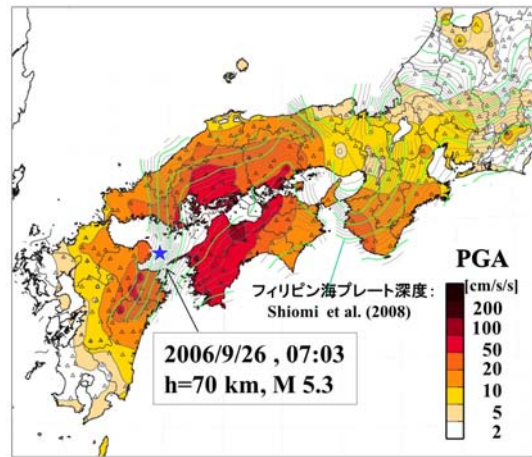


図2 プレート内地震の特異なPGA分布

3. 研究の方法

まず、高密度展開・高感度地震観測網(Hi-net)の地震波形記録を解析し、プレートの局所大変形に伴う地震波形の変化を調査した。プレート形状が急変する中国地方(山口県、広島県、岡山県)の観測点において、プレート内地震を使ってプレート内を伝わる地震波形の特徴(反射・変換波、減衰特性、周波数変化等)を精査した。

次に、複雑プレートの3次元形状をモデル化し、地震波伝播の3次元差分法シミュレーションに基づき、地震波伝播に与える影響を調査した。特に、地震波の減衰と卓越周期の変化など、強震動被害に直結する現象の再現を確認した。シミュレーション結果を3次元可視化表示し、プレート内部の地震波伝播を追跡して、不均質媒質における地震波伝播・散乱・減衰特性を確認した。

最後に、複雑プレートモデルを用いて、想定東海・東南海・南海地震の強震動と津波シミュレーションを短周期($f > 5\text{Hz}$)強震動と津波を、地球シミュレータ等の高速スパコンを用いた大規模シミュレーションに基づき評価した。

4. 研究成果

(1) 地震波伝播特性から見た、複雑プレートの影響

高密度展開・高感度地震観測網(Hi-net)の地震波形記録を解析し、プレートの局所大変形に伴う地震波形の変化を調査した。プレート形状が急変する中国地方(山口県、広島県、岡山県)において、プレート内の深部で発生した震(2006年9月26日の豊後水道の地震; $h=70\text{km}$)の最大加速度分布(PGA)を求めた。その結果、プレートの等深度線に沿って等加速度線が伸びた「異常震域」が顕著に確認され、複雑プレート形状に沿って高周波数地震動が良く伝わる現象が確認できた(図2)。PGAは、Shiomii et al. (2008)の

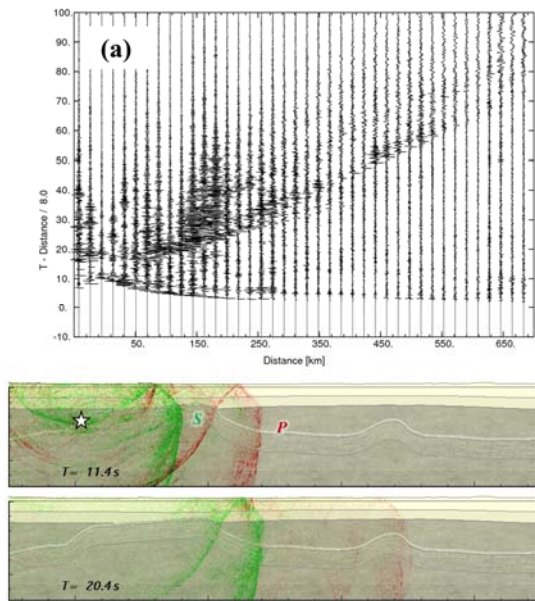


図3 地震波伝播シミュレーション（2次元）

PHP 形状が大きく変化する岡山／兵庫県境付近で急激に減衰し、いっぽう、形状変化の小さな徳島県～和歌山県では減衰が小さいなど、高周波数地震動の伝播と減衰は複雑プレートモデルの形状と良く整合することが確認できた。

(2) 二次元差分法シミュレーションによる、複雑プレートの地震波伝播の検討

次に、フィリピン海プレート形状の急変と高周波数地震動の伝播・減衰特性の関係を詳しく見るために、2次元差分法に基づく高周波数地震動の伝播シミュレーションを行った。計算では、800 km*150 km の鉛直断面を 0.2 x 0.1 km の細かい格子間隔でモデル化し、1) 従来のスムーズな PHP モデル、2) 新しい複雑な PHP モデル、3) PHP の断裂モデル、の3つを用いて、高周波数地震波の伝播特性の違いを調べた。地殻・マントル及び PHP 内部には、Furumura and Kennett (2008) に従い、高周波数地震動の散乱を支配する、ランダム速度揺らぎを与えた (図3)。

計算結果から、複雑な PHP モデルでは、プレート上面深度の急変 (40→70km) に伴い、地震波がプレートからマントルに抜け出す様子や、これに伴って PGA が急減するとともに、屈曲するプレート境界から強い S-P 変換波が発生することにより S 波震幅が小さくなるメカニズムが確認できた。この結果、新しい複雑な PHP モデルでは、震源域から離れた内陸にも大きな影響を与えることがわかり、南海トラフ地震の強震動予測における詳細なプレート形状の必要性が再確認された。なお、本シミュレーション (2次元モデル) からは、PHP 断裂が地震波に与える効果は確認できず、今後、3次元モデルを用いた検討が必要であると考えられる。

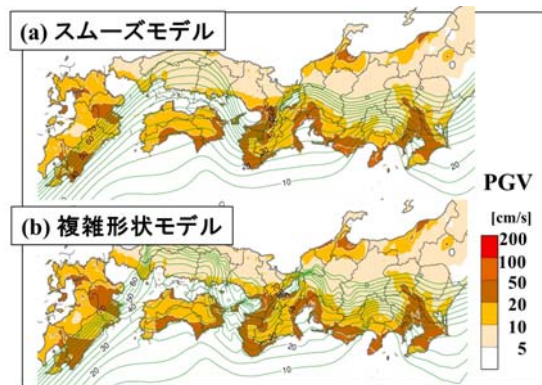
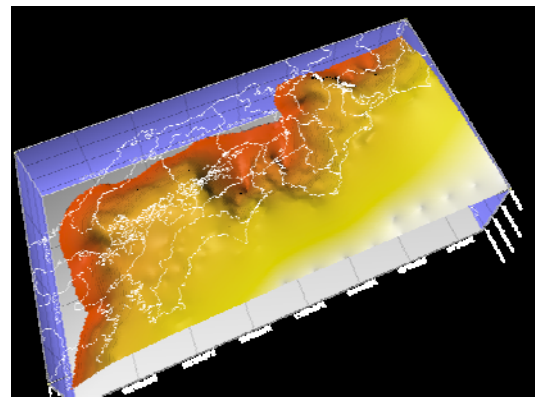


図4 シミュレーション結果の比較 (PGV)

(3) 南海トラフ巨大地震の強震動シミュレーション

複雑プレートモデルを用いて、南海トラフ巨大地震の地震波伝播・増幅 (強震動) シミュレーションを実施し、複雑なフィリピン海プレート形状が、地震波伝播と西日本の各地の強震動に与える影響を調べた。

計算では、従来のスムーズプレートモデル (図4a) と、複雑プレートモデル (図4b) を用いて行い、シミュレーション結果の比較から、地表面での地震動の強さ (最大地動速度; PGV) の違いを評価した。この結果、(a) プレートの深度変化に伴って起きる震源深さの変化に伴う PGV の変化 (間接的な影響) と、(b) プレート形状変化に伴う、地震波の伝播特性 (プレート内伝播、反射波) 特性の変化 (直接的な影響) の二つの効果が確認された。特に、後者では、プレート形状に沿って地震波が遠地まで弱まらずに伝わる現象 (異常震域) による、関東方向への強震動の増加が顕著であった。また、前者の影響として、プレートの直上の地点 (四国、紀伊半島、静岡など) では、プレート形状のわずかな変化が震源域の位置 (深さ) と強震動の距離減衰に大きく影響することがわかった。

このように、プレート形状変化が PGV に与える影響は大きく、大地震の強震動予測の高度化に向け、詳細なプレートモデルの構築と観測およびシミュレーションからそのモデルの評価と修正の重要性が再確認された。

5. 主な発表論文等
(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- Furumura, T., T.-K. Hong, and B.L.N. Kennett, Lg wave propagation in the area around Japan: Observation and simulations, *Progress in Earth and Planetary Science*, 1:10, doi:10.1186/2197-4284-1-10, 2014. 査読有
- Chen, K., B.L.N. Kennett and T. Furumura, High frequency waves guided by the subducted plates underneath Taiwan and their association with seismic intensity anomalies, *J. Geophys. Res.*, 118, 2, 665-680, 10.1002/jgrb.50071, 2013. 査読有
- Kennett, B.L.N., and T. Furumura, High-frequency Po/So guided waves in the oceanic lithosphere I — long-distance propagation, *Geophys. J. Int.*, 195, 3, 1862-1877, 10.1093/gji/ggt344, 2013. 査読有
- Takemura, S. and T. Furumura, Scattering of high-frequency P wavefield derived by dense Hi-net array observations in Japan and computer simulations for seismic wave propagations, *Geophys. J. Int.*, 193, 1, 421-436. doi: 10.1093/gji/ggs127, 2013. 査読有

[学会発表] (計4件)

- Furumura, T. and B.L.N. Kennett, High-frequency Po/So propagation in the oceanic lithosphere, IAHS IAPSO IASPEI 2013, Gothenberg, 22-26 July, 2013.
- Furumura, T., S. Padhy and T. Maeda, 2012, Detailed structure of the Philippine Sea plate subducting along the Nankai Trough, western Japan, inferred from high-frequency seismic wave analysis, AGU Fall Meeting, Sanfrancisco, 6 Dec. , 2012.
- 古村孝志・S. Padhy・前田拓人, 高周波数地震動の伝播特性から見たフィリピン海プレートの形状, 日本地震学会秋期大会, 函館, 2012年10月16日.
- Furumura, T., Reevaluation of the Nankai-trough earthquake linkage scenario and computer simulation of expected strong ground motion and tsunami, KAMAE International Workshop, Kochi, 8 Feb., 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古村孝志 (FURUMURA, Takashi)

東京大学大学院情報学環・教授
研究者番号: 80241404