

## 11 - 12 スマトラ地震の地震波形解析

### Simulation of seismic waves generated by Sumatra earthquakes

独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター 坪井誠司

Institute for Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球シミュレータを用いて、スマトラ島沖地震で発生した地震波の伝播シミュレーションを実施したので報告する。これまでの研究から地球シミュレータの 243 ノード (1944CPU) を用い、数値解法の手法としてはスペクトル要素法により 3 次元地球モデルを 54 億個の格子点に分割することで、周期 5 秒までの広帯域地震波形を現実的な 3 次元地球モデルに対して計算できることが分かっている (例えば、<sup>1)</sup>)。ここでは、マントル 3 次元地震波速度構造モデルに S20RTS、地殻構造モデルに CRUST2.0、地表及び海底の地形データに ETOPOS を用いて周期 5 秒までの理論地震波形を計算し、観測波形との比較を行った (第 1 図)。

計算を行った地震は、2004 年 12 月 26 日 Mw9.0(HRV) と 2005 年 3 月 28 日 Mw8.6(HRV) である。それぞれの地震について、震源過程は共同研究をしているカリフォルニア工科大学のグループが求めたモデルを用いた (<http://www.gps.caltech.edu/seismo/earthquakes.html>)。この震源モデルが推定するマグニチュードは 12 月 26 日の地震では、Mw=9.1 で震源断層はスマトラ島南西沖からアンダマン諸島及びニコバル諸島に伸びており、震源における破壊の継続時間は約 550 秒である。また 3 月 28 日の地震では、Mw=8.7 で震源断層は長さ約 400km、震源における破壊の継続時間は約 150 秒である

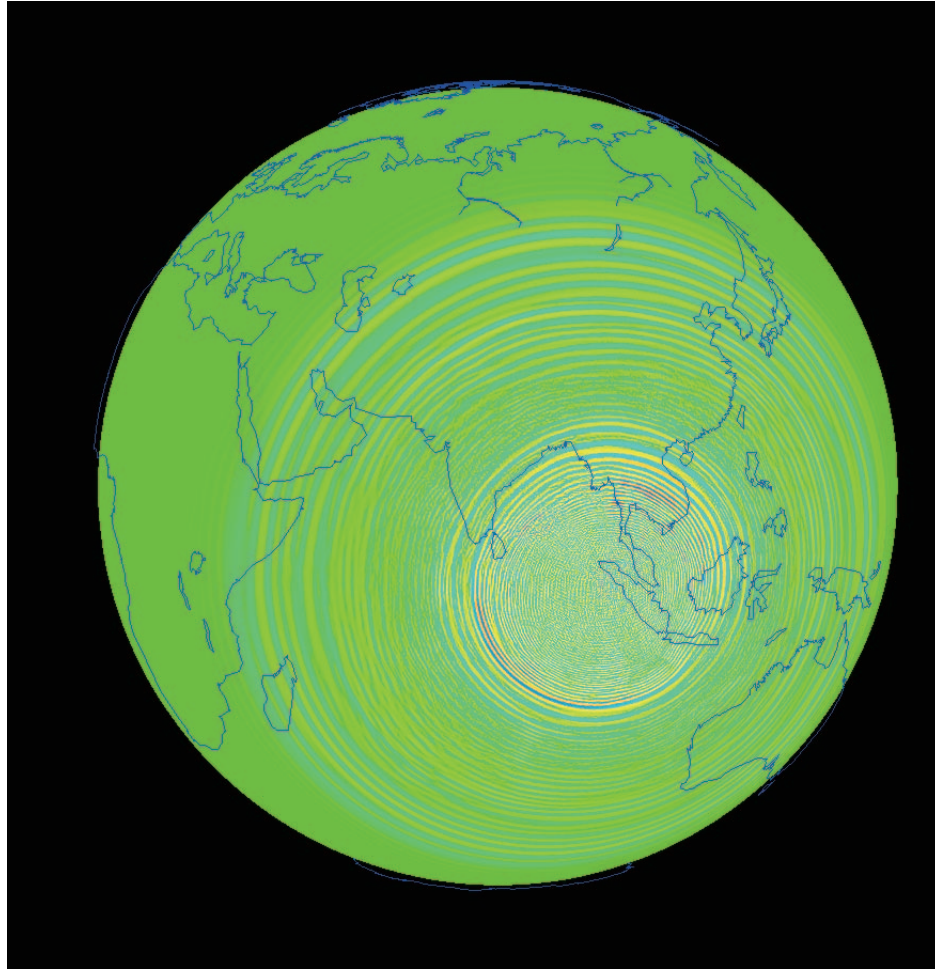
3 月 28 日の地震について理論波形を観測波形と比較すると、遠地の観測点では実体波から表面波にいたる波形はよく一致しており、この計算で用いた震源過程モデルが断層の破壊過程をよくモデル化していることが分かった。この地震では、破壊開始点は深さ 40km と深く、破壊開始後 20 ~ 30 秒後に深さ 30km で最大のすべりが生じている。このことは、津波の規模が小さかったことと対応しており、また破壊が南西方向に伝播したことはスマトラ島での地震動による被害が小さかったことと対応している。3 月 28 日の地震について理論波形と観測波形との良い一致が見られたことから、地球内部構造モデルについてはここで用いたモデルでも、現在の解像度では波形の特徴を再現するために十分であると結論できる。

次に 12 月 26 日の地震について理論波形と観測波形を比較した。この地震については最初に破壊継続時間を約 200 秒としたモデルで計算を試みていたが、この場合実体波部分では、P 波到着後 200 秒以降では一致が悪く、震源でより長い時間破壊が継続したことが明らかであった。今回新たに用いたモデルは、長周期表面波や実体波の後続波を用いて、震源断層の長さ約 1200km、破壊継続時間 550 秒としている。このモデルで計算した理論地震波形を観測と比較すると、破壊継続時間が長くなった結果として、実体波部分の一致は改善され、ほぼ観測波形を説明できることが分かった。また、震源における破壊が南から北西に進んだことを反映して、スマトラ島の方向には大振幅の地震波は伝わっておらず、スマトラ島での震度が比較的小さかったことは説明できている。この震源モデルでは震源断層はアンダマン諸島に伸びており、それに対応して特に震源から北東方向の観測点で、表面波に複数の波群が現れることが再現されている。したがって、この震源モデルが仮定したように北西部に大きなすべりを伴った震源断層が存在することはほぼ間違いない。また断層の長さは 1200km で破壊継続時間が 550 秒ということから全体の破壊過程の破壊伝播速度が 1.0km/sec 以下というようなことはないと推測される。しかし、第 2 図に示したように、より長周期の表面波で比較すると、理論波形の振幅が観測波形よりも顕著に小さいことが分かる。このことは、例えば自由振動のモードで見るとモー

メントマグニチュードが9.3となるという研究などに対応すると考えられ、特にアンダマン諸島では短周期の地震波を励起しないようなゆっくりとした断層運動が起きていたことを示唆している。

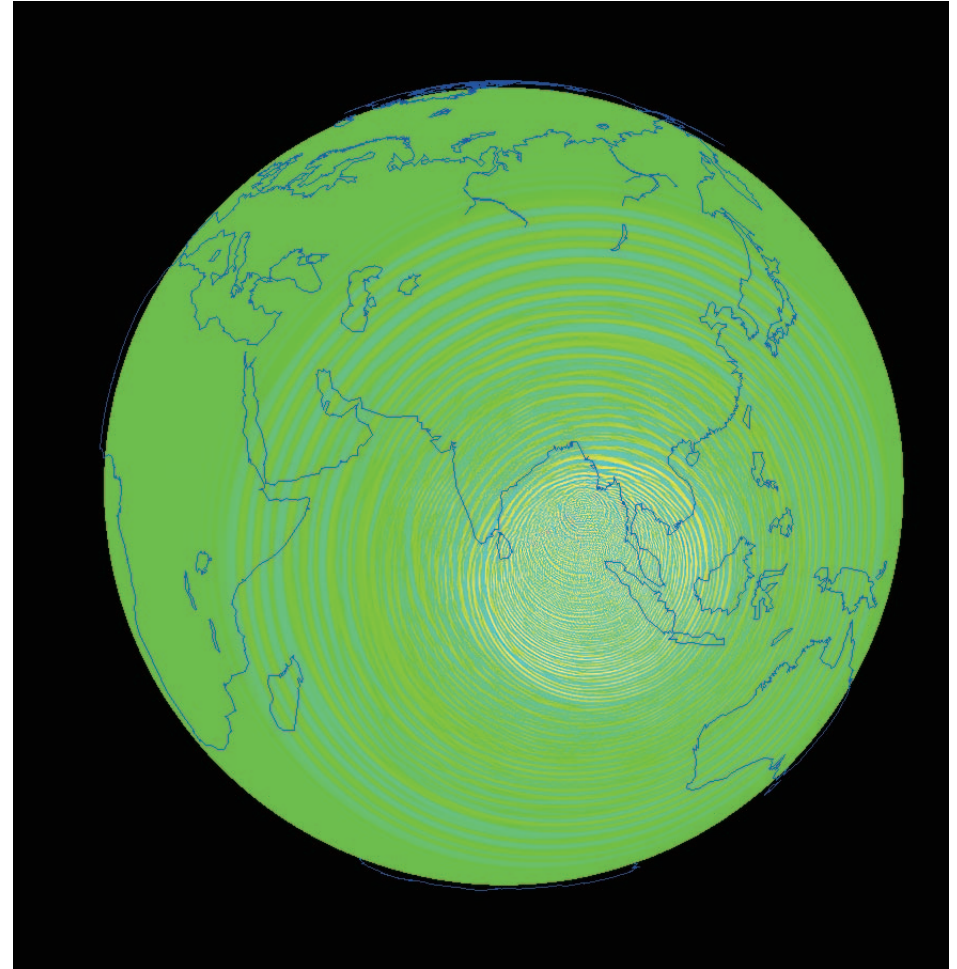
#### 参考文献

- 1) 坪井誠司, D. Komatitisch, C. Ji, J. Tromp, 地球シミュレータによるスペクトル要素法を用いた全球広帯域理論地震波伝播計算, 地震 第2輯, 321-329, 2004.



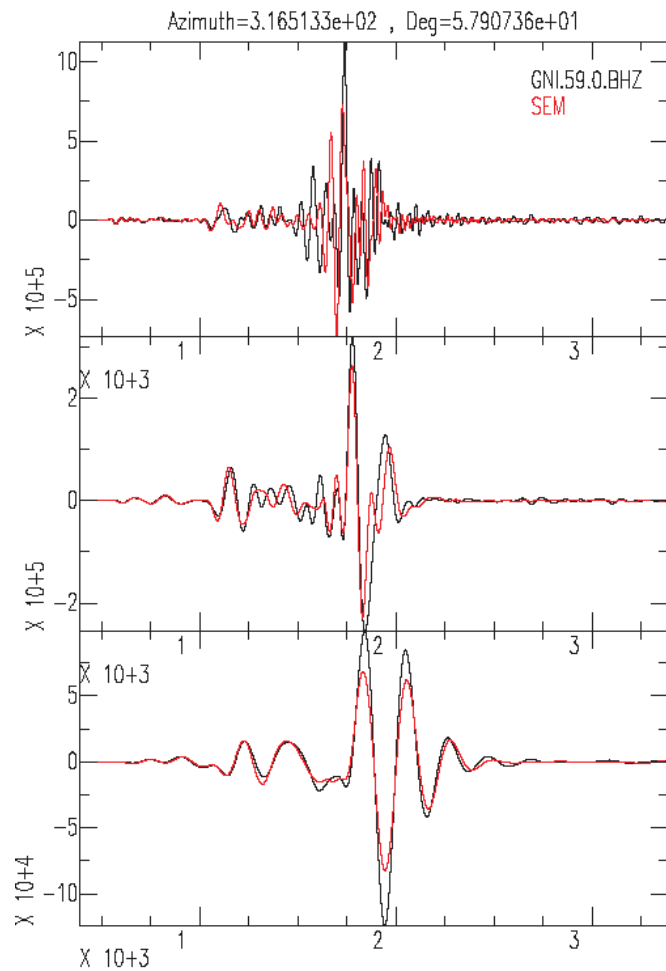
第1図(a) 2005年3月28日のスマトラ地震で励起された地震波伝播シミュレーション。発震時から10分後の地表における上下動変位振幅を上向きを赤、下向きを青で表現してある。

Fig. 1(a) Snapshot of seismic wave propagation simulated for Mar 28, 2005 Sumatra earthquake. 10 minutes after the origin time is shown for the vertical displacement at the surface of the Earth. Red indicates upward and blue indicated downward displacements respectively.



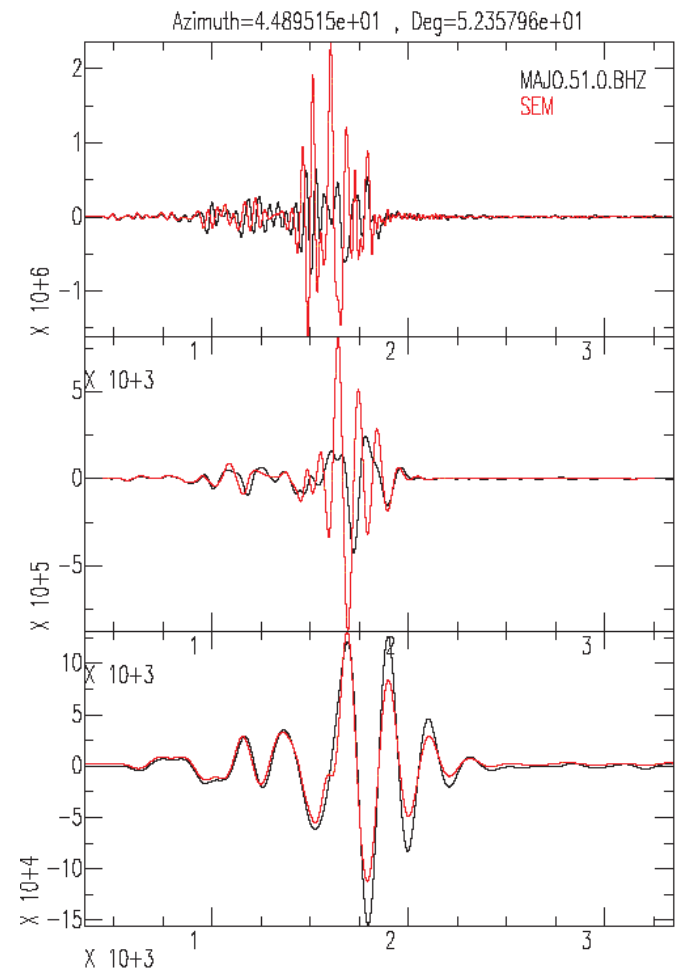
第1図(b) 2004年12月26日のスマトラ地震で励起された地震波伝播シミュレーション。発震時から10分後の地表における上下動変位振幅を上向きを赤、下向きを青で表現してある。

Fig. 1(b) Snapshot of seismic wave propagation simulated for Dec 26, 2004 Sumatra earthquake. 10 minutes after the origin time is shown for the vertical displacement at the surface of the Earth. Red indicates upward and blue indicated downward displacements respectively.



第2図(a) 2004年12月26日のスマトラ地震で励起された地震波の観測波形(黒)と理論波形(赤)の比較。アルメニアのGarni観測点で記録された上下動速度波形の1時間分を示した。波形は上から順に、0.02Hz, 0.01Hz, 0.005Hzをカットオフとしたローパスフィルターをかけてある。

Fig. 2(a) Comparison of observed seismogram (black) and synthetic seismogram (red) for Dec. 25, Sumatra earthquake. One hour seismograms of Garni station in Armenia for vertical velocity is shown. Seismograms are low-pass filtered at 0.02Hz, 0.01Hz, 0.005Hz, respectively from top to bottom.



第2図(b) 2004年12月26日のスマトラ地震で励起された地震波の観測波形(黒)と理論波形(赤)の比較。松代観測点で記録された上下動速度波形の1時間分を示した。波形は上から順に、0.02Hz, 0.01Hz, 0.005Hzをカットオフとしたローパスフィルターをかけてある。

Fig.2(b) Comparison of observed seismogram (black) and synthetic seismogram (red) for Dec. 25, Sumatra earthquake. One hour seismograms of Matsushiro station in Japan for vertical velocity is shown. Seismograms are low-pass filtered at 0.02Hz, 0.01Hz, 0.005Hz, respectively from top to bottom.