

## 全球地震波伝播シミュレーション

坪井 誠司 (海洋研究開発機構 地球情報基盤センター)

### 1. 2015 年小笠原諸島西方沖深発地震

2015 年 5 月 30 日に小笠原諸島西方沖を震源とする深発地震が発生した。この地震は震源の深さが 678km と極めて深く、これまで観測された深発地震の中でも最深の地震の一つとなっている。さらに、この地震の震源はこれまでの地震活動とは離れた場所で起きており、沈み込む太平洋プレートの境界か、あるいはマントル内で起きているかは議論となっている。ここでは、この震源過程モデルを遠地実体波解析により求め、スペクトル要素法を用いて計算した全球広帯域理論地震波形との比較を試みた。遠地観測点における pP 波の比較から震源の深さは USGS による約 678km により説明出来ることが分かった。

### 2. 震源過程モデル

震源過程モデルは Nakamura et al. (2010)にしたがって、複数の点震源を断層上に配置してモデル化した。震源過程は、IRIS で公開されている観測データのうち、明瞭な立ち上がりをもつ P 波および SH 波を用いて、遠地実体波の波形インバージョン (Kikuchi and Kanamori 2003) によって推定した。震源の深さは PDE による 677.6km を使い、GCMT 解の二つの節面それぞれですべり量分布を求めた。インバージョンの結果は、それぞれの節面を断層面と仮定した場合のどちらでもモーメントマグニチュードは約 7.8 と推定された。理論波形計算は、高角傾斜の断層面 (高角モデル) と低角傾斜の断層面 (低角モデル) のそれぞれに対して行った。図 1 には低角モデルの震源過程解を示した。二つのモデルとも断層面上での破壊の広がりはおおよそ 20km と小さく、最大滑り量は 12m、破壊速度は 4.25km/s である。波形の残差は低角モデルの方が小さく、震源過程解析からは水平の断層面で破壊が生じたことが示唆されるが、残差の差異は有意ではなく、どちらの断層面で破壊が起きたかを定めることは困難である。

### 3. 理論地震波形記録

理論波形計算にはスペクトル要素法を用いた SPECFEM3D GLOBE (V6) を使用し、地球シミュレータで効率よく計算ができるように改良した。ここでは地球シミュレータの 7776 コア (1944 ノード) を用いて flat MPI により計算した。この計算の場合、モデルの精度を表すパラメータである NEX は 1152 で、計算の精度は周期 3.8 秒である。地球内部構造モデルは PREM 等方モデルを使用し、楕円体形状および減衰を考慮している。1944 ノードで測定したベクトル化率は 99%、486 ノードで同規模の計算をした場合との比較により並列化率は 99.99% となった。1944 ノードでは、周期 3.8 秒の精度の理論地震波形 20 分を約 5 時間で計算することが出来、ピーク性能比は約 19% である。

図 2 には、震央距離 83.7 度の KONO 広帯域地震観測点における 3 成分観測波形と、低角モデルと高角モデルを用いて計算した理論地震波形との比較を示した。KONO 観測点では震源の深さが 678km の場合、P 波の到着後 140 後に pP 波が到着すると推定されるが、pP 波の理論波形と観測波形との一致は良く、震源の深さは約 678km とすることで観測を良く説明出来ることが分かった。一方、高角モデルと低角モデルの理論波形に大きな差異はなく、観測波形との一致の違いからどちらの断層面で破壊が起きたかを決定することは難しいことが分かった。

図 3 には、タイの CHTO 観測点における 3 成分観測波形と、低角モデルと高角モデルを用いて計算した理論地震波形との比較を示した。図 3(a) は周期 8 秒でのローパスフィルター、図 3(b) は周期 50 秒のローパスフィルターを適用したものである。これらの結果からは、周期 50 秒以上の帯域では、断層面の違いによる理論波形の差異は小さく、断層面を決定するには周期 1 秒程度までの短周期の精度を持つ理論地震波形記録が必要となることが分かった。

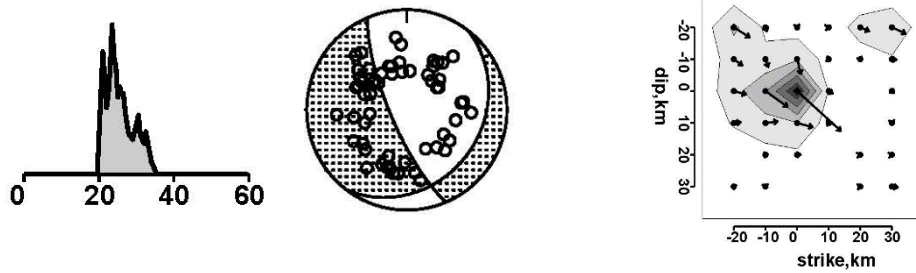


図 1. 2015 年小笠原深発地震の震源過程モデル。左から、震源時間関数、結果の発震機構解と観測点分布、および低角傾斜断層面上の滑り分布

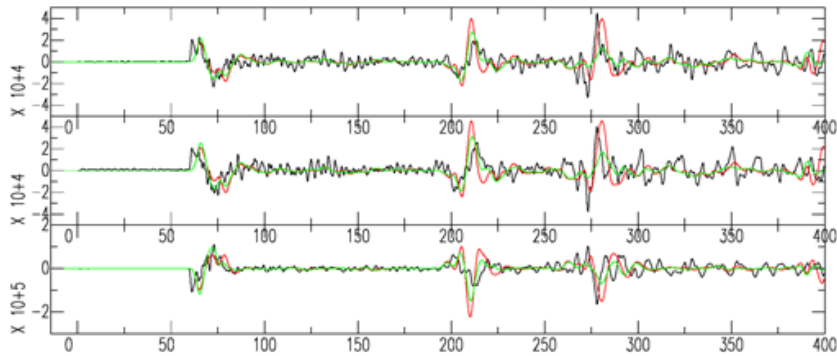


図 2. KONO の観測波形と理論波形の比較。上から EW、NS、および Z 成分の 400 秒間の速度記録を示す。8 秒の low pass filter を適用した。黒線が観測波形で赤線が低角モデル、緑線が高角モデルの理論波形を示す。

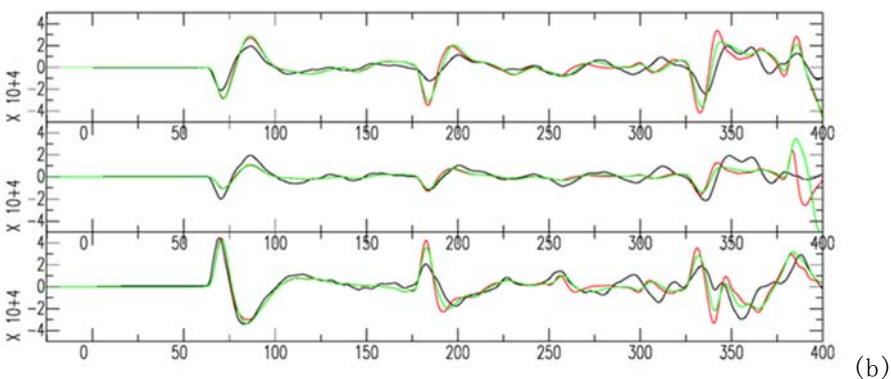
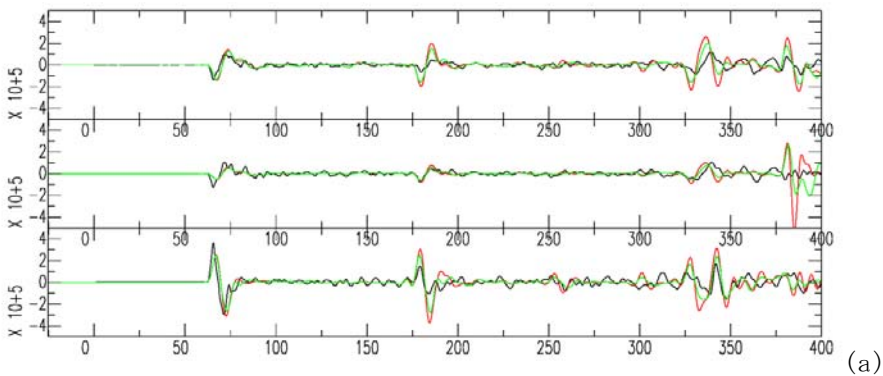


図 3. CHT0 の観測波形と理論波形の比較。上から EW、NS、および Z 成分の 400 秒間の速度記録を示す。黒線が観測波形で赤線が低角モデル、緑線が高角モデルの理論波形を示す。(a) 8 秒の low pass filter を適用。(b) 50 秒の low pass filter を適用。