

## 2016年熊本地震の前震(M6.5)の特性化震源モデル

港湾空港技術研究所 正会員 ○野津 厚

**1. はじめに** 2016年4月14日21時26分ごろ熊本県を震源としてM6.5の地震が発生し益城町に震度7の揺れをもたらした。この地震をここでは前震と呼ぶ。益城町では前震の時点ですでに大きな被害が生じていたことが報告されており<sup>1)</sup>、港湾でも軽微な地盤変状が生じている。本研究では、震源周辺で強震記録の得られていない場所での地震動を推定することなどを主な目的として、特性化震源モデルを作成した。

### 2. 波形インバージョンによるすべりの時空間分布

まず、経験的グリーン関数を用いた波形インバージョンにより前震の破壊過程を推定した。インバージョンで仮定した断層面の位置を図-1に示す。断層面は、気象庁による前震の震源(北緯33.742°、東経130.808°、深さ11km)を含むように設定した。推定に用いた観測点やデータ処理の方法、解析手順などは基本的に本震を対象とした解析<sup>2)</sup>と同様である。詳しくは文献3)を参照されたい。

図-2にインバージョンの結果として得られた最大すべり速度の分布を示す(北西側から見た図を示している)。★は気象庁発表の震源(破壊開始点)を示す。インバージョンの結果によると、破壊開始点付近と、破壊開始点より3kmほど北東側の浅い位置に最大すべり速度の大きい箇所(アスペリティ)があったと推定される。これらのアスペリティの破壊により震源近傍の益城町(図-1のKMMH16など)に震度7の地震動がもたらされたと考えられる。

### 3. 特性化震源モデルの作成

波形インバージョンにより得られた震源モデルは、インバージョンに用いた周波数帯域での地震動は高精度で再現できるが、高周波側での地震動の再現性は急速に低下する場合がある。また、波形インバージョンにより得られた震源モデルは、波形インバージョンに使用した特定の中小地震に対して最適化されており、震源近傍での地震動の事後推定のための他の中小地震を用いようとする、震源モデル自体を修正する必要があり、煩雑である。そこで、ここでは、地震動の事

後推定に利用しやすい特性化震源モデルを、波形インバージョンの結果をもとに構築することを試みた。

着目した地点は図-1に示す7地点である。設定され

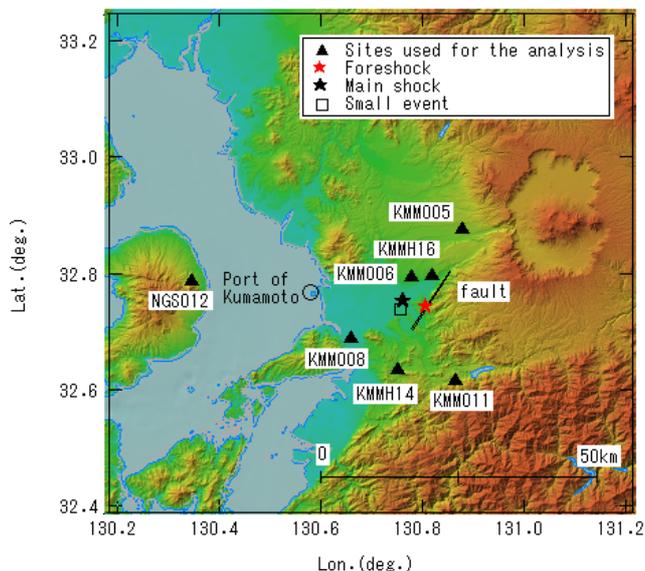


図-1 震源断層と解析対象地点の位置関係。★は前震の震央(気象庁)、★は本震の震央(気象庁)、□は位相特性の評価に用いた中小地震の震央(気象庁)、▲は解析対象地点をそれぞれ示す。

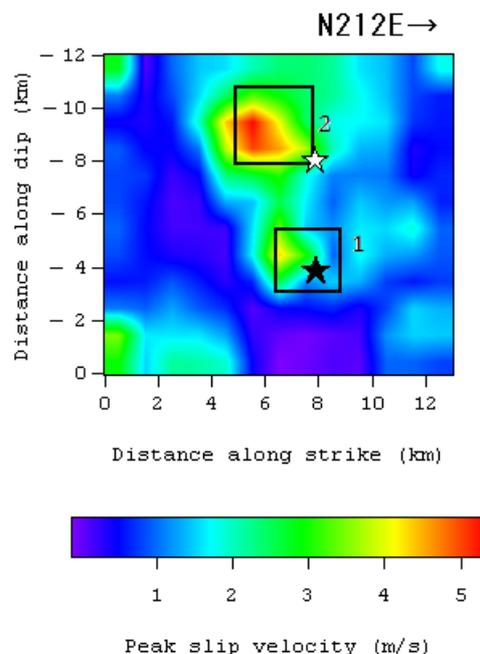


図-2 2016年熊本地震の前震の特性化震源モデル

キーワード 2016年熊本地震, 前震, 震源モデル, アスペリティ

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所 Tel:046-844-5058

た特性化震源モデルの熊本港 (図-1) への適用性を確認するため、震源から見て熊本港と同一の方位に存在する NGS012 (K-NET 島原) を解析対象に加えた。波形の計算には経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法<sup>4)5)6)</sup>を用いた。サイト増幅特性は既往の研究<sup>7)8)</sup>で評価されているものを用いた。位相特性の評価にはすべての地点で4月15日0:50の地震(M4.2;震央を図-1に示す)を用いた。なお、地震動を計算するにあたり、KMM008では多重非線形効果を考慮する方法<sup>9)</sup>を用いた。その際必要となるパラメタのうち、 $v_1$ についてはサイト増幅特性のピーク周波数と観測スペクトルのピーク周波数とのずれに基づいて0.95とし、 $v_2$ については地震動の後続位相の振幅ができるだけ妥当なものとなるよう0.01とした。

4. 結果と考察

作成した特性化震源モデルを図-2に示す。波形インバージョンの結果を参考に、最大すべり速度が大きいと推定された2箇所にあスペリティ1とあスペリティ2を置いた。各あスペリティのパラメタを表-1に示す。各あスペリティの破壊は図-2に示すあスペリティ毎の破壊開始点(★または☆)から同心円状に拡大するものとした。ライズタイムについては、あスペリティの幅と破壊伝播速度から片岡他<sup>10)</sup>の式で算定される値の1.5倍とした。図-3に各地点での速度波形(0.2-2Hz)の再現結果を示す。図-4に各地点でのフーリエスペクトル(水平2成分の自乗和平方根、バンド幅0.05HzのParzenウィンドウを適用)の再現結果を示す。各地点における速度波形とフーリエスペクトルは概ね良好に再現されている。速度波形の計算結果と観測結果の差が大きいのはKMM011であった<sup>3)</sup>。この地点の計算結果の振幅が観測結果に近づくように(小さくなるように)震源モデルをチューニングすることは可能であるが、その場合、その副作用として、NGS012の振幅が過小評価となる。これは、断層面がほぼ鉛直な横ずれ断層であり、かつ、断層面から見てKMM011とNGS012がほぼ対象な方位にあるためである。KMM011とNGS012の両方の振幅を満足させることは困難であった。ここではNGS012での振幅の再現性を重視し、最終的に上述の震源モデルを設定した。

謝辞 本研究では防災科学技術研究所による地震観測記録を用いました。記して謝意を表します。

参考文献 1) Hata et al. (2016). *Seism. Res. Lett.*, 87, 1044-1049. 2) Nozu A, Nagasaka Y (2017). *Earth Planets Space*, 69, DOI

10.1186/s40623-017-0609-3. 3) 野津(2016). [http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/sourcemodel/somodel\\_2016kumamoto\\_z.html](http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/sourcemodel/somodel_2016kumamoto_z.html). 4) 古和田他(1998). 日本建築学会構造系論文集, No.514, 97-104. 5) 野津・菅野(2008). 港湾空港技術研究所資料, No.1173. 6) 野津(2009). 土木学会論文集A, 65, 808-813. 7) 野津(2007). 日本地震工学会論文集, 7, 215-234. 8) Nagasaka Y, Nozu A (2017). *Earth Planets Space*, 69, DOI: 10.1186/s40623-017-0612-8. 9) 野津・盛川(2003). 地震, 55, 361-374. 10) 片岡他(2003). 国土技術政策総合研究所研究報告, No.15.

表-1 前震の特性化震源モデルのパラメタ

	Asperity1	Asperity2
破壊開始点東経 (deg)	130.808	130.809
破壊開始点北緯 (deg)	32.742	32.742
破壊開始点深さ (km)	11.0	7.0
長さ (km) × 幅 (km)	2.5 × 2.5	3.0 × 3.0
M <sub>0</sub> (Nm)	1.50E+24	1.30E+24
相対破壊開始時刻 (s)	0.0	2.7
破壊伝播速度 (km/s)	2.8	2.8
ライズタイム (s)	0.33	0.40
分割数	5 × 5 × 5	5 × 5 × 5

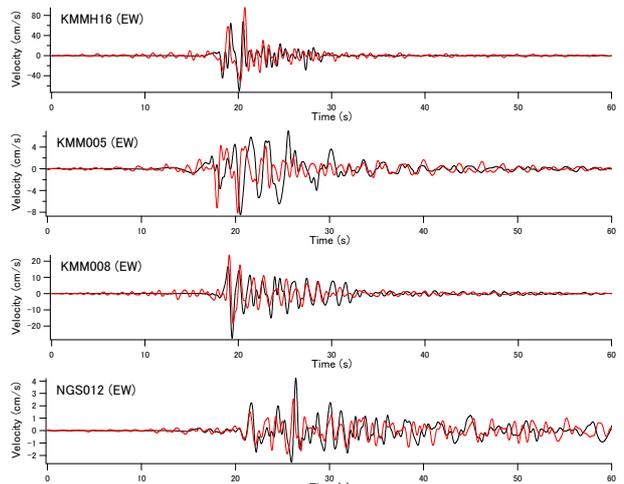


図-3 速度波形(0.2-2Hz)の計算結果(赤)と観測結果(黒)

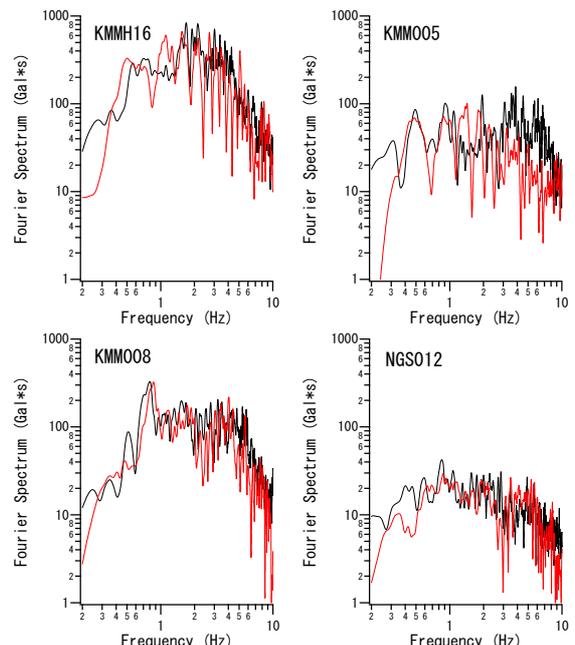


図-4 フーリエスペクトルの計算結果(赤)と観測結果(黒)