

強震波形記録を用いて推定された平成28年（2016年）熊本地震の震源過程

Source rupture process of the 2016 Kumamoto earthquake derived from strong motion data

*久保 久彦¹、鈴木 亘¹、青井 真¹、関口 春子²*Hisahiko Kubo¹, Wataru Suzuki¹, Shin Aoi¹, Haruko Sekiguchi²

1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.京都大学防災研究所

1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

2016年4月14日21時26分に発生した地震（M 6.5、気象庁）および16日1時25分に発生した地震（M 7.3、気象庁）を含む一連の平成28年（2016年）熊本地震は熊本県・大分県を中心にその地震動による大きな被害を引き起こした。本研究では上述のM 6.5とM 7.3の二つの地震を対象として強震波形記録を用いた震源過程解析を行い、それらの断層破壊過程を調べた。

震源過程解析手法にはマルチタイムウィンドウ線型波形インバージョン法（Olson and Apsel, 1982; Hartzell and Heaton, 1983）に基づく手法を用いた。M 6.5の地震の断層面に関してはF-netのモーメントテンソル逆解析の結果から走向212度、傾斜89度と設定し、走向方向の長さは22km、傾斜方向の幅は12kmとした。M 7.3の地震の断層面には走向方向の長さ56km、傾斜方向の幅24kmの矩形断層を仮定した。M 7.3の地震の断層面の走向はF-netのモーメントテンソル逆解析の結果から226度とし、傾斜は地震後の地震活動の分布及び地表地震断層の分布、InSARやGNSSで捉えられた静的変位を参考に65度とした。それぞれの断層面は2km×2kmの小断層を用いて離散化した。各小断層でのすべり時間関数は、0.8秒幅のスムーズランプ関数を0.4秒ずらして、M 6.5の地震では5個、M 7.3の地震では13個並べることによって表現した。第一タイムウィンドウのトリガー速度は残差の合い具合から、M 6.5の地震では2.4 km/s、M 7.3の地震では2.8km/sとした。破壊開始点の位置に関してはYano et al. (2016)がDD法で再決定した震源位置を参照した。

記録として、M 6.5の地震の解析ではK-NET・KiK-net・F-netの計16観測点での、S波到達1秒前から最大10秒間の速度波形記録（周期1.0–10秒、10 Hzサンプリング）を、M 7.3の地震の解析ではK-NET・KiK-net・F-netの計27観測点での、S波到達1秒前から前震では30秒間の速度波形記録（周期1.0–20秒、5 Hzサンプリング）を用いた。

Green関数は、一次元地下構造モデルを仮定し、離散化波数積分法（Bouchon, 1981）と反射・透過係数行列法（Kennett and Kerry, 1979）により点震源の波形を計算した。地下構造モデルは、藤原・他（2009）による三次元地下構造モデルの各観測点直下の情報を用いて観測点ごとに構築した。KiK-net観測点については速度検層の情報も利用した。また、Green関数の計算時に25個の点震源（走向方向、傾斜方向それぞれ5列）を小断層内に分布させることによって小断層内部の破壊伝播の効果を付加した。

各小断層の各タイムウィンドウでのすべり量を、観測波形と合成波形の差を最小とするように、最小二乗法を用いて求めた。不等式拘束条件をつけた最小二乗法（Lawson and Hanson, 1974）を用いて、各小断層でのすべり方向の変化を、中心すべり角の±45度に収めた。中心すべり角は、それぞれのF-netメカニズム解のすべり角を参照して、M 6.5の地震では-164度、M 7.3の地震では-142度とした。また時空間的に近接するすべりを平滑化する拘束条件（Sekiguchi et al. 2000）を付加した。拘束条件の重みは赤池ベイズ情報量基準（Akaike 1980）に基づいて決定した。

推定されたM 6.5の地震の震源モデルにおける最大すべり量は0.7m、断層面全体での地震モーメントは 1.8×10^{18} Nm (Mw 6.1) である。破壊開始点付近とその北北東の浅い領域に大きなすべりが推定された。各領域の破壊はそれぞれ地震発生から1-3秒後と3-4秒後に生じている。

推定されたM 7.3の地震の震源モデルにおける最大すべり量は4.6m、断層面全体での地震モーメントは 5.3×10^{19} Nm (Mw 7.1) である。すべりの大きい領域は震央の北東10 kmから30 km程度の領域に広がり、阿蘇山付近にまで及ぶ。浅い領域のすべりは地表踏査で確認された地表地震断層と整合的である。また、すべりの大きな領域と地震後の地震活動の領域は相補的である。主たる破壊は地震発生から5-15秒後に生じており、全体の破壊は約20秒で収束する。

キーワード：2016年熊本地震、震源過程、強震動

Keywords: The 2016 Kumamoto earthquake, Source process, Strong ground motion