

広帯域強震動シミュレーションに基づく 2018 年北海道胆振東部地震の震源モデル
 A source model of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake to simulate
 broadband strong motions

○永井夏織・浅野公之・岩田知孝

○Kaori NAGAI, Kimiyuki ASANO, Tomotaka IWATA

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquake (Mw 6.6) occurred on September 6, 2018. The hypocenter depth is 37 km (Japan Meteorological Agency) that is relatively deep among inland crustal earthquakes in Japan. In the near-source area, more than two clear wave packets were observed in velocity waveforms succeeding the initial S-wave onset from the hypocenter. We estimated two SMGAs including SMGA1 of 7.2 km × 7.2 km and SMGA2 of 5.4 km × 5.4 km by the empirical Green's function method using the strong ground motion data (0.3–10 Hz). Comparing the estimated SMGAs with the slip distribution from kinematic source inversion studies using low-frequency waveforms, the SMGAs lies on the large slip area. We also discuss the site nonlinear effect using the estimated SMGAs.

1. はじめに

2018年9月6日3時8分に、 M_{JMA} 6.7の北海道胆振東部地震が発生した。気象庁による震源の深さは約37 kmで、日本国内での通常の内陸地殻内地震より深いところで発生している。この地震の震源域は石狩低地東縁断層帯と日高主衝上断層の間に位置し、この領域は日高主衝上断層における東北日本弧と千島前弧の衝突により、地殻が通常より厚くなっている (e.g., Iwasaki *et al.*, 2019; Kita *et al.*, 2012)。

この地震の震源近傍の広帯域速度記録には、2ないし3個の孤立的で明瞭な波群が見られる。これらの波群は震源起因と考えられる。強震記録等を使った震源インバージョンでは、理論的にグリーン関数を計算するため比較的low周波数(約0.5 Hz以下)が解析対象となっているため、この周波数帯域では、波群は孤立的ではなくなる (Asano and Iwata, 2019; Kobayashi *et al.*, 2019)。本研究では経験的グリーン関数法 (Irikura, 1986; 入倉・他, 1997) による広帯域強震動シミュレーションを行い、この地震の震源モデルを推定した。周波数帯域は0.3–10 Hzとした。経験的グリーン関数法を用いて推定される、断層面上で強震動を生成した領域は強震動生成領域 (SMGA) と呼ばれる (Miyake *et al.*, 2003)。

2. 震源モデルの推定

本震波形の特徴として、破壊開始点からのS波に少し遅れて主なS波が到着していることと、主なS波にはいくつかの孤立した波群が見られることが挙げられる。したがって、破壊開始点から離れた複数のSMGAの存在を仮定した。

まず観測波形に見られる1つ目の波群S1の立ち上がりを読み取り、S1に対応すると仮定したSMGA1の破壊開始点の位置と震源時からの相対時刻を推定した。SMGAの破壊開始点の推定にはAsano and Iwata (2012)の方法を用い、破壊開始点を探索する断層面はAsano and Iwata (2019)を参考にした。S1は震央より約10 km南西の気象庁震度計47004で最も早く到着していたことから、走向10°、傾斜70°の震央より南の面上を探索した。それによって得た破壊開始点を用い、経験的グリーン関数法により波形を合成しSMGA1の震源パラメータをグリッド・サーチした。推定したSMGA1だけのモデルによる合成波形では再現できていない、観測波形に見られる波群をS2とした。S2の到着は震央より約17 km北西の強震観測網K-NET HKD128で早いことから、SMGA1の破壊開始点より北に位置する、走向355°、傾斜70°の震源を含む面上を探索した。SMGA1の破壊開始点の推定には10観測点、SMGA2の破壊開始点の推定には6観測点を用いた。

経験的グリーン関数として記録を使用する小地震には、2018年11月14日19時7分に発生した

M_{JMA} 4.7 の地震を選んだ。波形の合成に必要な大地震と小地震のスケーリングパラメータ N と応力降下量の比 C は、震源モデルの推定に用いる基盤強震観測網 KiK-net 5 観測点における観測震源スペクトル比の対数平均値から、三宅・他 (1999) の Source spectral ratio fitting method を用いて求めた。

推定した震源モデルは、SMGA1 が震源時の 7.2 秒後に破壊開始、破壊開始点は震源より約 5.7 km 南西、震源より約 10 km 浅く、SMGA1 の大きさは 7.2 km×7.2 km、応力降下量 33 MPa と求められた。SMGA2 は震源時の 12.9 秒後に破壊開始、破壊開始点は震源より約 5.6 km 南西、震源より約 13 km 浅く、SMGA2 の大きさは 5.4 km×5.4 km、応力降下量 18 MPa と求められた。SMGA1 において破壊は深部から浅部の方向に進展し、SMGA2 においては南から北に進展した。

3. 震源インバージョン結果との比較

推定した震源モデルを震源インバージョン結果と比較したところ、SMGA1 と SMGA2 はおおよそすべりが大きい領域と重なり、破壊のタイミングも一致した、SMGA とすべりが大きい領域が重なる領域では、震源インバージョンで解析対象とし

ている周波数帯域も含む広帯域の強震動が生成されたと考えられる。以上のことから、観測波形に見られた複数の孤立した波群は、すべりが大きい領域の内部にある、より短波長の不均質構造によって生成されたと考える。

4. 強震動シミュレーションと地盤の非線形応答

この地震で深刻な被害が生じた鶴川の通りの 1 ブロック南に位置する HKD126 では、地盤の非線形応答が指摘されている (Takai *et al.*, 2019)。地盤の非線形応答の特徴については、翠川 (1993) にまとめられているように、強震時に弱震時と比べて卓越周波数が低下することや、高周波数での増幅率の低下が挙げられている。本研究で推定した震源モデルを使って線形な重ね合わせ手法である経験的グリーン関数法により広範囲の観測点における波形を合成した。遠方の観測点や、地盤が硬質な観測点では観測波形がよく再現されたことからモデルの妥当性を確認した。震源近傍の地盤が軟弱な観測点では、合成波形が観測波形を過大評価したことや、振幅スペクトルを比較して観測波形のほうが合成波形より卓越周波数が低いことから地盤の非線形応答の可能性を指摘できる。