

2016 年福島県沖の地震 (Mw7.0) の強震動生成域の構築

愛知工業大学 正会員 ○倉橋 奨
 地域地盤環境研究所 非会員 宮腰 研
 愛梨工業大学 非会員 入倉 孝次郎

1. 背景と目的

2016 年 11 月 22 日 5 時 59 分に福島県沖において Mj7.4 (Mw7.0) の地震 (正断層タイプ) が発生した. この地震により最大震度 5 弱が観測され, 防災科学技術研究所強震観測網 KiK-net の FKSH14 (いわき東) 観測点では最大加速度 256gal (三成分合成値) が観測された. 現在の強震動の予測手法は, 地震モーメントと強震動生成域 (Strong motion generation area: SMGA) の面積のスケーリング則や, 断層面上のすべり量分布と強震動生成域との関係性が重要なファクターとなっているが, M7 クラス以上のデータは多くなく, M7 クラスの地震のデータを蓄積することは, 強震動予測の精度向上にとって非常に重要である. 本研究では, Mj7.4 (Mw7.0) である 2016 年福島県沖の地震を対象に, 経験的グリーン関数法 (Irikura, 1986) を用いて SMGA を構築するとともに, 既往のスケーリング則との関係性を確認する.

2. 想定した断層面

本地震では, 近地強震動を用いた震源インバージョンの結果が出されている (久保ほか; 2016, 吉田ほか; 2018). 本研究では, 気象庁による DD 法を用いた震源再決定結果 (気象庁, 2016) を参考に断層面を想定した吉田ほか (2018) の震源インバージョン結果を参考に解析を行った. 吉田ほか (2018) の断層面は, 走向 50 度, 傾斜角 48 度, 断層長さ 45km, 断層幅 25km である.

3. 要素地震の検討と諸元

経験的グリーン関数法の解析に必要な要素地震を選定する. 要素地震の候補の条件として, 1) 気象庁による DD 法の震源再決定データがあること, 2) F-net による震源メカニズム解があること, 3) 断層面付近で発生していることとした. その結果, 2018 年 11 月 22 日 10 時 38 分の Mj4.7 の地震を要素地震とした.

この要素地震に対して, 断層面積と応力降下量を算出する. 断層面積と応力降下量の算出は, 次の方法を用いた. まず, 三宅ほか (1999) の手法に基づいた本震と要素地震の震源スペクトル比法から, 要素地震のコーナー周波数を算出する. 次に, 円形クラックモデルを仮定して断層面積と応力降下量を算出した.

震源スペクトル比法からコーナー周波数を算出する際に使用する観測記録は, KiK-net の地中観測点 6 観測点とし, S 波到達 1 秒前から 30 秒間の記録とした. Q 値は佐藤 (2013) の $135f^{0.65}$ とし, 対象周波数は 0.1~10Hz とした. 表 1 に要素地震の諸元を示す. 断層の一边の長さは 2.3km, 応力降下量は 2.36MPa となった.

4. 解析手法

SMGA の破壊開始点はマルチハイポセンターとし, Asano and Iwata (2013) による本震の S 波の立ち上がり時間と SMGA からの地震動の立ち上がり時間差から SMGA の破壊開始点を推定する手法により推定した. 最適な SMGA モデルの構築には, 三宅ほか (1999) による加速度エンベロープと変位波形による評価関数を適用し, この関数が最小となるものを最適モデルとした. 最適モデルを決定するためのパラメータは, 小断層の足し合わせ数, 破壊開始点, 破壊伝播速度, ライズタイム, 応力降下量比とした. 最適パラメータの探索には焼きなまし法を用い, 対象周波数は 0.1~10Hz, 対象記録は K-NET (地表) と KiK-net (地中) 観測点 14 点とした.

5. SMGA 震源モデル

図 1 に構築された SMGA 震源モデルを示す. 表 2 に SMGA 震源モデルの諸元, 図 2 にすべり量分布と SMGA との比較を示す. また, 図 3 に地震モーメントと SMGA 面積の既往のスケーリング則との比較を示す. 図 4 に観

キーワード 2016 年福島県沖の地震, 強震動生成域, 経験的グリーン関数法, 強震動予測

連絡先 〒470-0392 豊田市八草町八千草 1247 愛知工業大学 TEL 0565-48-8121

測波形と合成波形の結果の一部を示す. SMGA は本震の破壊開始点より陸側に推定され, 沖から陸方向に破壊が進行したと推定される. 図2より SMGA は, 吉田ほか(2018)によるすべり量の大きい場所とほぼ一致している. すなわち, M7 クラスの地震において SMGA とすべりの大きな領域の一致が示唆される. また, 図3の既往のスケーリング則と比較すると, SMGA の面積はばらつきの範囲内の結果であることがわかる. 以上より, 本地震は過去の地震と比較して平均的な震源像をもつ地震であった.

6. まとめ

2016 年福島県沖の地震の SMGA の構築を試みた. SMGA は1つで観測記録が再現可能であり, すべり量の大きな場所とほぼ一致した. また, 既往のスケーリング則ともほぼ一致し, 本地震は過去の地震と比較して平均的な震源像をもつ地震であったといえる.

謝辞 本研究は平成29年度原子力施設等防災対策等委託費(内陸型地震による地震動の評価手法の検討)事業のうち「特性化震源モデルの微視的パラメータの不確かさ評価手法の検討」に係わる検討業務における成果の一部である. 強震動データは防災科研強震観測網の観測データを使用いたしました. 記して感謝いたします.

表1 要素地震の諸元

	EGF
発生日 ^{※1}	16/11/22
発生時間 ^{※1}	10:38
深さ(km) ^{※1}	19.73
M_0 (Nm) ^{※2}	$1.17E+16$
M_w ^{※2}	4.7
走向(°) ^{※2}	36.227
傾斜(°) ^{※2}	44.47
すべり角(°) ^{※2}	-98;-83
基盤相当層のVs(km/s) ^{※3}	3.5
コーナー周波数(Hz)	1.0
断層長さ(km)	2.3
応力降下量(MPa)	2.36

※1:気象庁 ※2:F-net ※3:J-SHIS

表2 SMGA 震源モデルの諸元

項目	単位	
メッシュサイズ	長さ	km 16.1
	幅	km 11.5
	面積	km ² 185.15
メッシュ数	長さ方向	- 7
	幅方向	- 5
	時間方向	- 6
破壊速度	km/s	2.7
破壊開始点	長さ方向	- 5
	幅方向	- 3
応力パラメータ比	-	4.5
応力パラメータ	MPa	10.6
地震モーメント	Nm	1.11×10^{19}
ライズタイム	sec	0.84

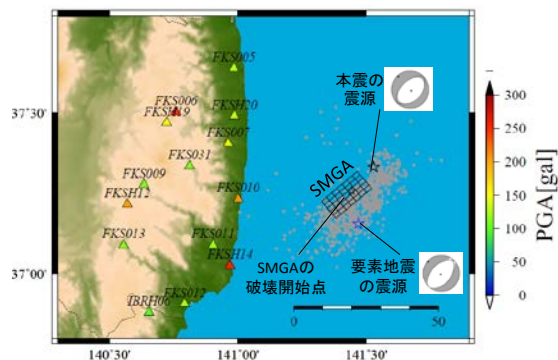


図1 SMGA 震源モデル. 三角は解析対象観測点を示す.

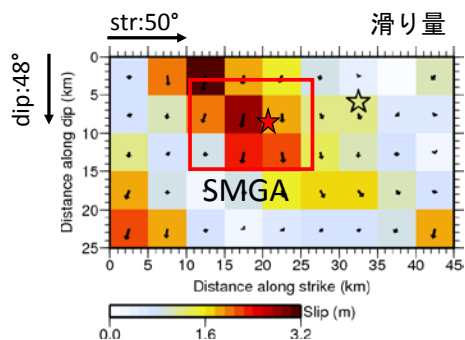


図2 吉田ほか(2018)のすべり量分布と SMGA (赤四角) との比較. 背景はすべり量分布をしめし, SMGA 内の赤星印は破壊開始点を示す.

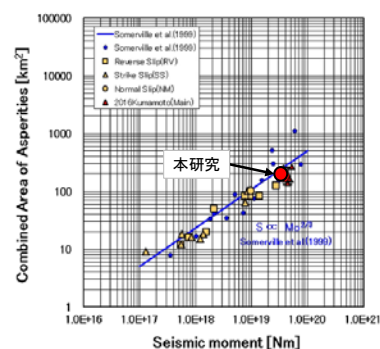


図3 本研究の SMGA 面積と既往のスケーリング則との比較(Irikura et al., 2017 に加筆). 赤丸は本研究結果を示す.

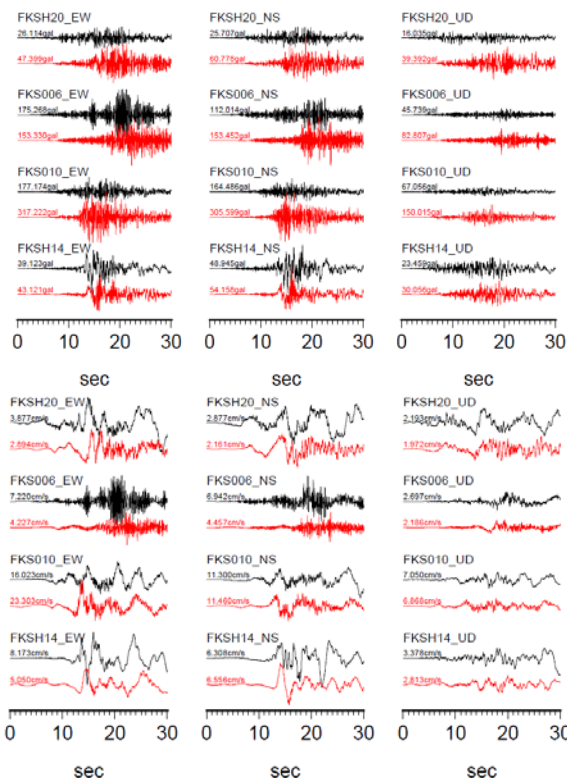


図4 観測波形(黒)と合成波形(赤)の比較(上図:加速度波形, 下図:速度波形). 周波数範囲: 0.1 ~ 10Hz であり FKS20 と FKS14 は地中記録を示す.