10-3 2015 年 11 月 14 日薩摩半島西方沖の地震に伴う地震活動による高周波エネル ギー輻射過程

High-frequency energy release from earthquakes associated with the offshore west of Satsuma peninsula Earthquake on November 14, 2015

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2015年11月14日5時51分頃,薩摩半島西方沖の深さ17km付近を震源とするM_{JMA}7.1の地震 が発生した.この地震後,震源の北北東100km以上にわたり大規模な地震活動が誘発された.本 稿では同地震発生後の地震活動の特徴と,Hi-netの連続地震波形エンベロープ解析から得られた地 震発生後10日間の4-20Hz帯域のエネルギー輻射量推定結果を報告する.

解析に先立ち,図1に示す Hi-net 観測点(三角)の速度波形記録に 4-20 Hz 帯域のバンドパスフ ィルタをかけ、3 成分波形を2 乗和して1秒ごとに平均値をとり、密度 2800 kg/m³ をかけてエネル ギー密度の次元をもつエンベロープを作成した.また、コーダ波規格化法¹⁾を用いて、N.NSMH 観 測点を基準点とするサイト増幅補正を行った.この地震波形エンベロープにエンベロープインバー ジョン解析²⁾を施し、エネルギー輻射量の時空間変化を推定した.設定したエネルギー輻射点を図 1 に赤丸で示す.エネルギー輻射点の深さは 10 km に固定した.解析に使用した各種パラメータは、 既往研究および余震記録の特徴を吟味した上で、 $V_P=6.111$ km/s、 $V_S=3.528$ km/s、散乱係数 $g_0=6 \times$ 10^3 km⁻¹、内部減衰 $Q_i^{-1}=1.6 \times 10^3$ 、速度揺らぎ強度 $\epsilon=0.092$ 、相関距離 5 km と定めた.

図2に4-20 Hz 帯域のエネルギー輻射量分布のスナップショットを気象庁一元化震源(青丸)と 合わせて示す. mainshock は本震発生から50秒後まで,その他の図は本震発生の50秒後からの1 日ごとのエネルギー輻射量分布を示す.気象庁一元化震源に基づく地震活動が最も集中するのは本 震の破壊開始点周辺から北緯31.5度付近までであるが,少数ながら北緯31.5度よりも北側にも地 震活動が広がる.4/15以降は,北緯31.3度から31.4度付近で地震活動が最も活発であり,本震の 破壊開始点付近の活動は相対的に少なくなる.エネルギー輻射量は,期間を通じて本震の破壊開始 域から31.5度付近にかけて最も強い.ただし,領域の南西端でエネルギーが集中する傾向が見ら れるのは,観測点が北東方向に偏ることによる影響の可能性が考えられる.

図3aには、4-20Hz帯域のエネルギー輻射量の推移と気象庁マグニチュードに基づくM-T図を示 す.単位時間当たりのエネルギー輻射率は静穏化に向かっているが、時折大きい余震が起こるとそ の都度一時的な活発化が見られる.10⁸J/s(図3aの赤線)以下のエネルギー輻射率が1日周期を描 いて見えるのは、観測点近傍の雑微動振幅が1日周期を示すことによる見かけのものである.した がって、この周期的な信号よりも十分大きいエネルギー輻射のみが地震からのエネルギー輻射と考 えられる.図3bには、10⁸J/s以上のエネルギー輻射率を生じた時間についてのエネルギー輻射量 の累積値の推移を、本震によるエネルギー輻射量 2.6 × 10¹⁴Jで割った値を示す.本震から10日後 の時点で、本震時の約13%のエネルギーがその後の地震活動により放出されている.そのうち約 8%は本震の23時間後に発生した M_{JMA}5.9の地震によるエネルギーである.この図から、本震に より活発かつ大規模な地震活動が引き起こされたものの、本震に匹敵するエネルギー輻射はその後 の地震により放出されていないといえる.

本稿で採用したエネルギー輻射量推定法は、実際には地震が起こっていない領域や時間にもエネ

ルギー輻射が染み出る場合がある.また,特に強い地震時にはHi-net 記録の飽和により正確なエネルギー輻射推定ができていない可能性がある.

(澤崎 郁)

参考文献

- Phillips, W., and K. Aki (1986), Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, Bull. Seism. Soc. Am., 76 (3), 627-648.
- 2) 澤崎 郁 (2016) 高周波地震波エンベロープ解析に基づく早期余震検出 エネルギー輻射位置 推定法の改善 – 日本地球惑星科学連合大会, SSS29-06

謝辞:解析には,防災科研 Hi-net の観測データ,および気象庁一元化震源を使用しました.記して感謝いたします.



第1図 気象庁一元化処理震源に基づく本震(星)と本震後10日以内に発生した地震(青丸)の震央分布.三角 および赤丸は,高周波エネルギー輻射量推定に使用したHi-net 観測点,および設定したエネルギー輻射点 の位置を示す.

Fig.1 Location of the JMA unified hypocenters of the mainshock (star) and the associated earthquakes occurring within 10 days after the mainshock (blue circles). Triangles and red circles represent the Hi-net stations and the energy release points used for the analysis of high-frequency energy release.



- 第2図 本震時と本震発生後10日間の4-20 Hz 帯域のエネルギー輻射量分布(カラースケール),および気象庁-元化震源に基づく本震(星)と本震発生後10日間に発生した地震(青丸)の震源分布.
- Fig.2 Distribution of the 4 20 Hz energy release (colored circles) and the JMA unified hypocenters for the mainshock (star) and the earthquakes occurring within 10 days after the mainshock (blue circles).



第3図(a)本震発生後10日間の4-20Hz帯域のエネルギー輻射率の推移(黒線,左縦軸),および気象庁マグニチュードに基づくM-T図(灰色丸,右縦軸).赤線は地震によるエネルギー輻射量と判断できる下限を示す.エネルギー輻射率とM_{JMA}とのスケーリングは任意である.(b)本震後のエネルギー輻射量の累積値を本震時のエネルギー輻射量 2.6×10¹⁴Jで割った値の推移.

Fig.3 (a) Time-lapse change in the 4 – 20 Hz energy release rate (black curve, left ordinate) and the M-T plot on the basis of the JMA magnitude (gray circles, right ordinates). The red line indicates the minimum threshold above which the energy is considered to be released by earthquakes. The scaling between the energy release rate and M_{JMA} is arbitrary. (b) Time-lapse change in the accumulated earthquake energy release normalized by the amount of energy release from the mainshock (2.6 × 10¹⁴J).