

## 8-4 2016年4月1日三重県南東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 the offshore southeast of Mie prefecture Earthquake on April 1, 2016

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2016年4月1日11時39分頃、三重県南東沖を震源とする $M_{JMA}6.5$ の地震が発生した。本稿では同地震発生後の地震活動の特徴と、Hi-netおよびDONET強震計の連続地震波形エンベロープ解析から得られた、4-20 Hz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（赤三角）およびDONET強震観測点（青三角）の速度波形記録（DONET加速度記録を積分して速度記録に補正）に4-20 Hz帯域のバンドパスフィルタをかけ、上下動波形を2乗して1秒ごとに平均値をとり、3倍して密度 $2800 \text{ kg/m}^3$ 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<sup>1)</sup>を用いて、N.KHOH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<sup>2)</sup>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。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、 $V_p=5.0 \text{ km/s}$ 、 $V_s=2.5 \text{ km/s}$ 、散乱係数 $g_0=1.0 \times 10^{-2} \text{ km}^{-1}$ 、内部減衰 $Q_i^{-1}=1.2 \times 10^{-3}$ 、速度揺らぎ強度 $\epsilon=0.119$ 、相関距離 $5 \text{ km}$ と定めた。今回上下動成分を使用したのは、DONETの水平動記録の一部で強震時に非線形応答が観測されたことによる。ただし、上下動成分はS波の励起に乏しく、海底では水中音波として変換されるため、エネルギー輻射量の推定にはこのことに起因する誤差が含まれることに留意する必要がある。

図2に4-20 Hz帯域のエネルギー輻射量分布をJAMSTECにより決められた震源（本震：星印、本震以外：青丸）と合わせて示す。mainshockは本震発生から50秒後まで、aftershocksは本震発生の50秒後から4時間後までのエネルギー輻射量分布を表す。JAMSTEC震源はDONET記録の手動読み取り値および3次元速度構造<sup>3)</sup>を用いて決められており、決定精度は高いと考えられる。本震後の地震活動は本震の震源の北西側約10 kmに集中し、本震の震源周辺ではごくわずかの地震しか発生していない。エネルギー輻射量分布も、本震によるエネルギー輻射がグリッド全体に広がるのに対し、本震以外の地震によるエネルギー輻射は北西側のグリッドに集中する傾向を示す。ただし、エネルギー輻射量分布の空間分解能、特に深さ方向の分解能は悪く、10 km以上の誤差が伴う場合があることに留意する必要がある。4時間以内に発生した地震によるエネルギー輻射量の積算値は、本震によるエネルギー輻射量 $4.3 \times 10^{11} \text{ (J)}$ の0.1%程度である。

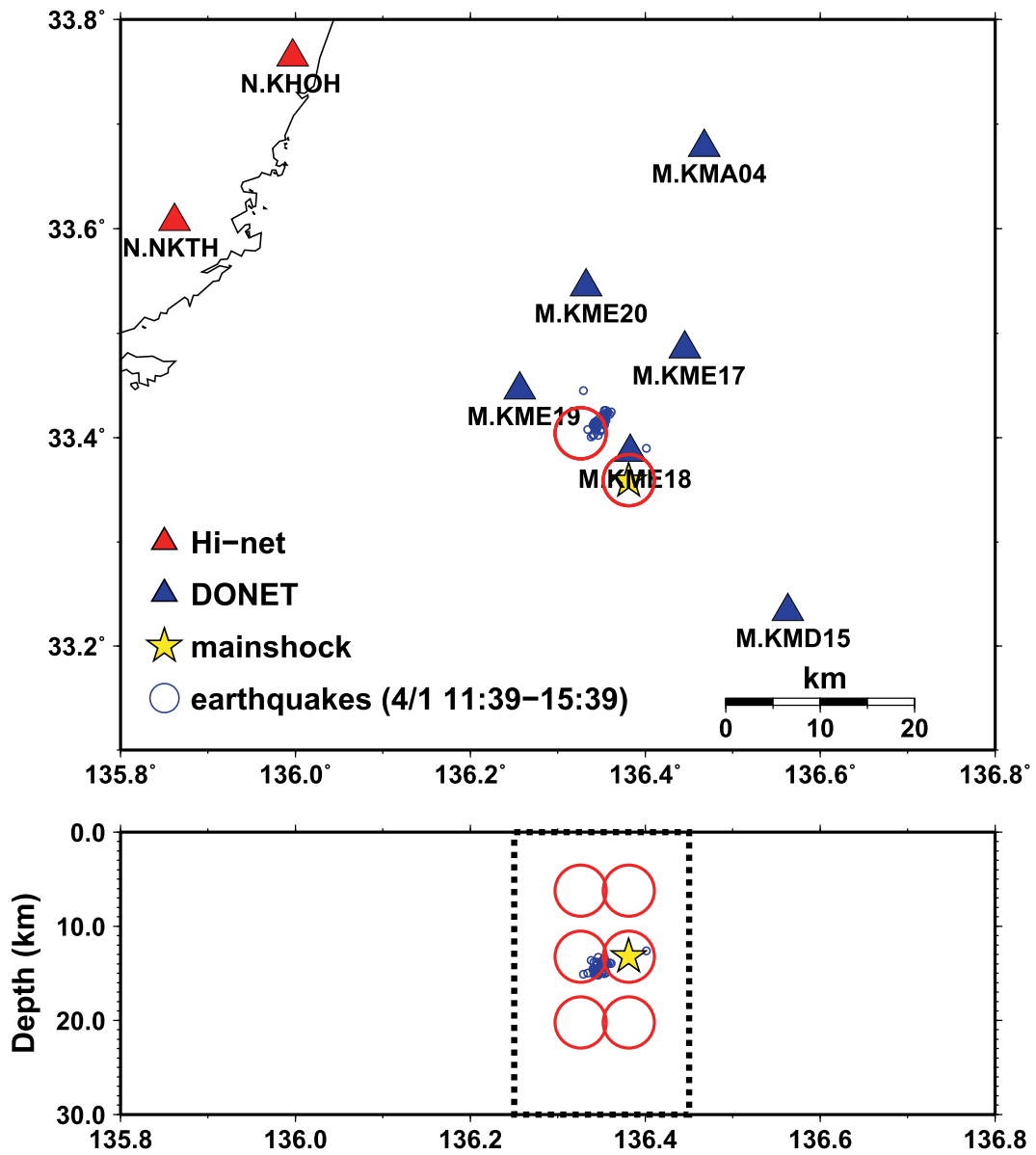
図3には、4-20 Hz帯域のエネルギー輻射量の推移と気象庁マグニチュードに基づくM-T図を示す。本震発生後1時間以内の地震活動は極めて低調であるが、これが地震カタログの欠測によるものではないことが、エンベロープ解析から確認された。1時間後以降に、最大マグニチュード3.3の地震を含むやや活発な地震活動が生じ、3時間後以降は再び活動は低調となる。この地震活動の推移は改良大森公式<sup>4)</sup>からは説明できない。

（澤崎 郁）

#### 参考文献

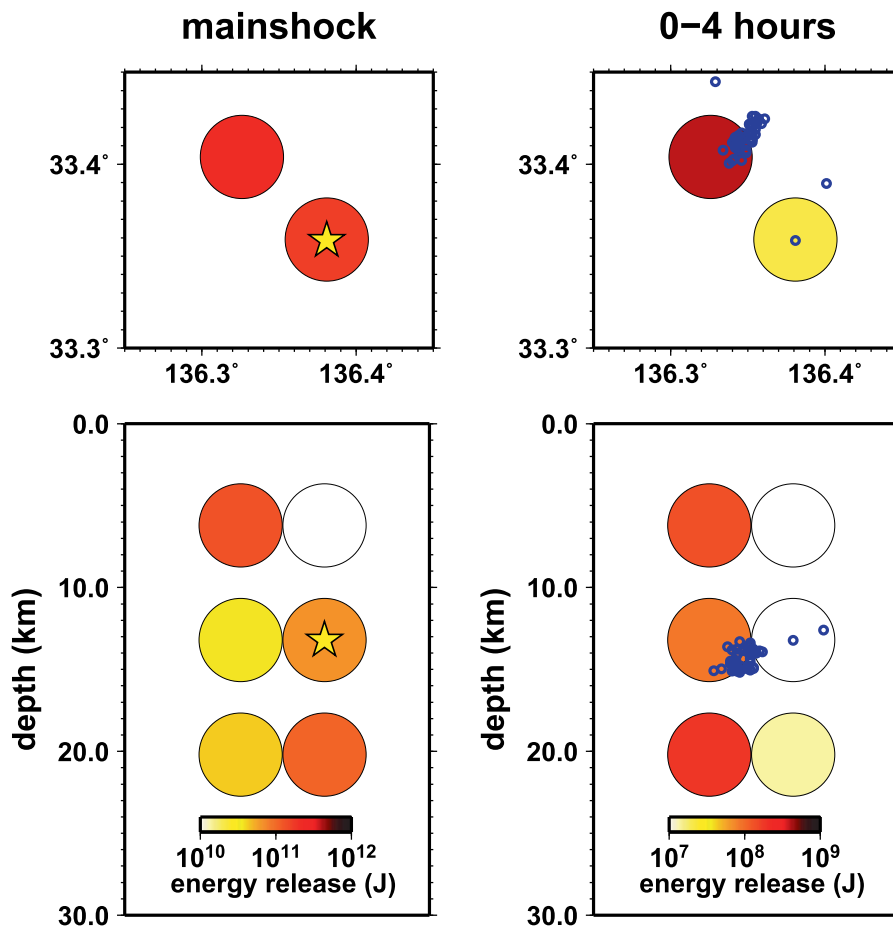
- 1) Phillips, W., and K. Aki (1986), Site amplification of coda waves from local earthquakes in central California, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 76(3), 627-648.
- 2) 澤崎 郁 (2016) 高周波地震波エンベロープ解析に基づく早期余震検出 – エネルギー輻射位置推定法の改善 – 日本地球惑星科学連合大会, SSS29-06.
- 3) Nakano, M., T. Nakamura, and Y. Kaneda (2015), Hypocenters in the Nankai trough determined by using data from both ocean-bottom and land seismic networks and a 3D velocity structure model: Implications for seismotectonic activity, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 105(3), 1594-1605.
- 4) Utsu, T. (1961), A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophysical Magazine*, 30(4).

謝辞：解析には、防災科研 Hi-net, DONET の観測データおよび気象庁一元化震源を使用しました。また、JAMSTEC の中野優氏、神谷眞一郎氏、鈴木健介氏には震源情報をご提供いただきました。記して感謝いたします。



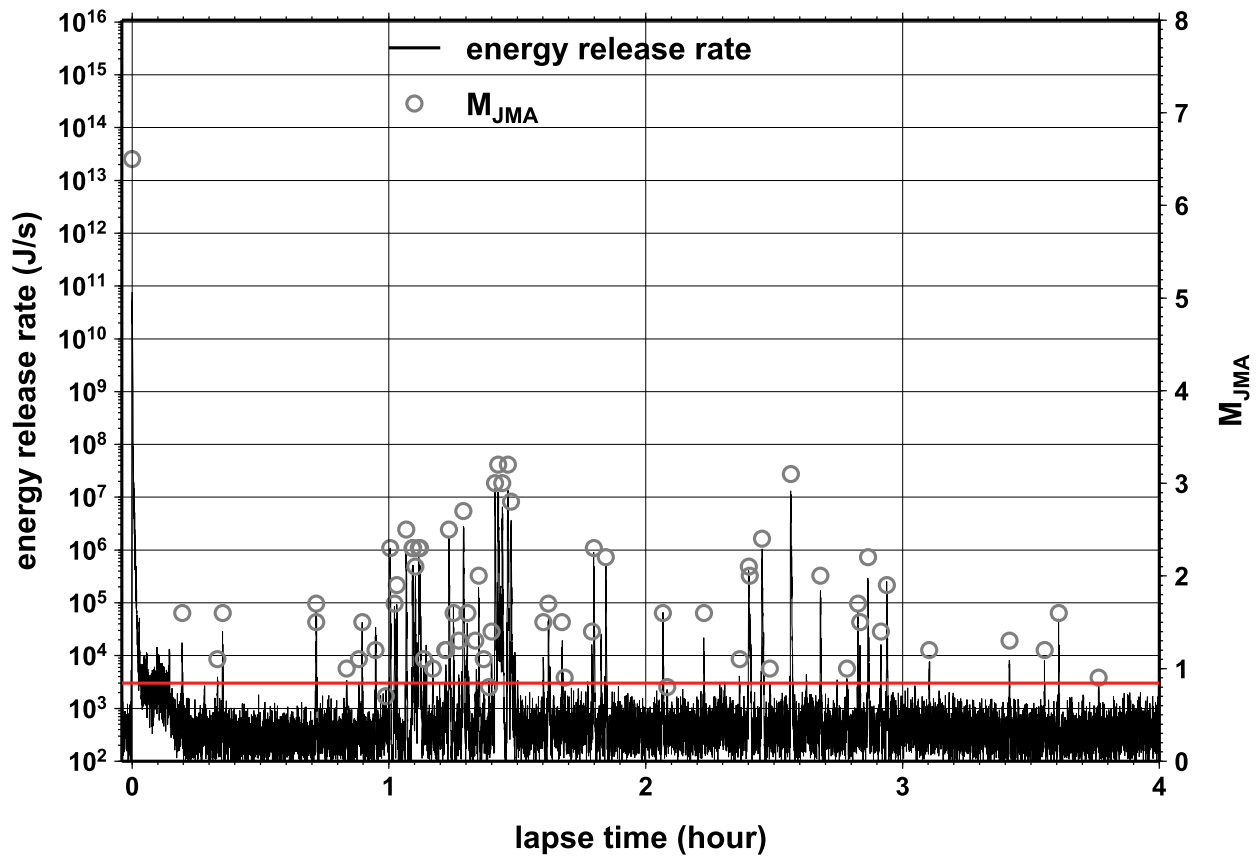
第1図 JAMSTECによる本震（星）と本震発生時から4時間以内に発生した地震（青丸）の震源分布。三角は、高周波エネルギー放射量推定に使用したHi-net（赤）、およびDONET（青）観測点を表す。赤丸は設定したエネルギー放射点の位置を示す。

Fig.1 Location of the mainshock (star) and the associated earthquakes occurring within 4 hours after the mainshock (blue circles) determined by JAMSTEC. Red and blue triangles indicate the Hi-net and DONET stations used for the analysis of high-frequency energy release, respectively. Red circles indicate the adopted energy release points.



第2図 本震時と本震発生後4時間以内の4-20Hz帯域のエネルギー輻射量分布（カラスケール），およびJAMSTECによる本震（星）と本震発生後4時間以内に発生した地震（青丸）の震源分布.

Fig.2 Distribution of 4 – 20 Hz energy release (colored circles) and the hypocenters determined by JAMSTEC for the mainshock (star) and the earthquakes occurring within 4 hours after the mainshock (blue circles).



第3図 本震発生後4時間の4-20 Hz帯域のエネルギー放射率の推移（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放射量と判断できる下限を示す．エネルギー放射率と $M_{JMA}$ とのスケールリングは任意である．

Fig.3 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.