

2018年11月11日に発生した極めて monotonic な地震波の 東濃地震科学研究所における観測

村上理, 田中俊行, 浅井康広(東濃地震研)

1. はじめに

2018年11月11日09:30(UT)頃, 仏領マヨット島の沖合(図1)が震源と想定される, 極めて monotonic な地震波が発生した. この地震波は, 世界中の広帯域地震計で観測されているが, 東濃地震科学研究所によるいくつかの計器でも計測されたので, その観測記録を紹介する. なお, この地震波の発生メカニズムは, いまだ不明であるが, マヨット島の沖合での火山性の活動が可能性のある要因の一つに挙げられる.

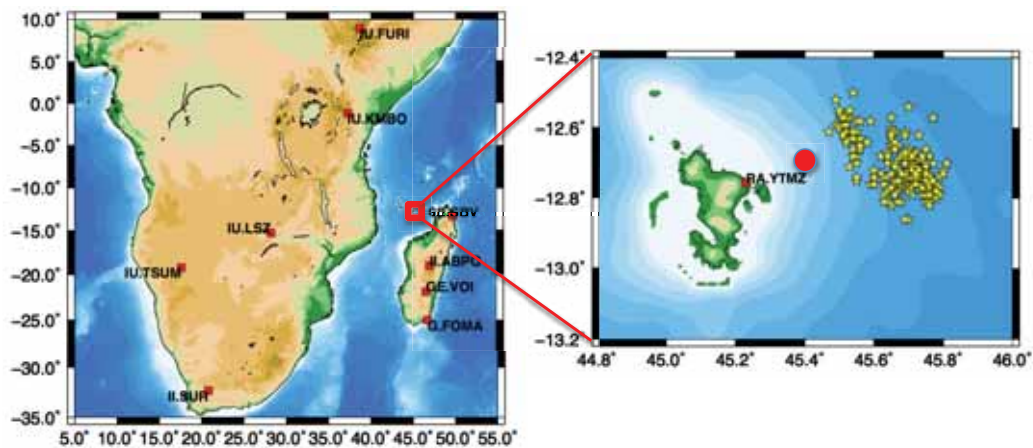


図1 左) Monotonic な波の震源と想定される領域付近の広域図. いくつかの地震観測点も示した. 右) 左図の赤の領域の拡大図. 黄色の星印は, フランス地質調査所(BRGM)により決定された2018/5/10から2018/11/27の間に発生したM4以上の通常の地震の震央を示す. 赤丸は, 今回の monotonic なイベントについて仮定した震央.

2. 東濃地震科学研究所のSTS-1地震計による観測地震波

前述のように, monotonic な波は世界中の広帯域地震計で観測されており, 瑞浪壕内に設置してある当研究所のSTS-1地震計でも観測された(図2). 図2右のスペクトルから, 極めて monotonic な成分が含まれていることが明瞭で, その周波数帯は, 0.05から0.07Hzと, 極めて狭い.

また, 当研究所が東濃地域に展開している超高密度地震観測網に設置している地震計は, その大半がMitutoyo社製のJEP-6B3であり(大久保, 2011), 0.05Hz付近には感度がないため, この monotonic な波は観測されていない.

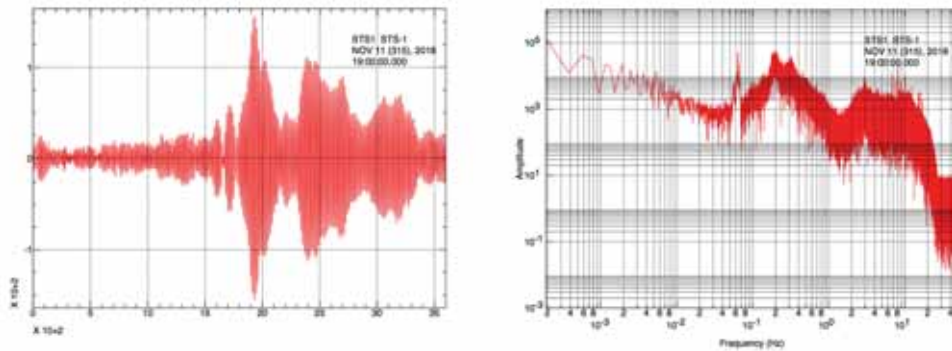


図2 左)瑞浪壕内の STS-1 地震計による 2018/11/11 の monotonic な地震動. 10:00UT (日本時間 19:00) から 3600 秒間の記録について 0.05-0.07Hz のバンドパスフィルターをかけた. 右) 10:00UT から 3600 秒間の記録のフーリエスペクトル. 0.05-0.07Hz の帯域にピークが見られる.

3. 石井式歪計による観測

東濃地震科学研究所では東濃地域に多くの石井式歪計ならびに応力計を埋設している. 鉛直成分が稼働している観測点は多くないが, 観測点 TRIES における石井式歪計鉛直成分記録のスペクトルを図 3 に示す. 図 2 右のスペクトルと比べると明らかであるが, 0.05-0.07Hz にピークは見られない. これは, 歪地震動として検出可能なレベルの振幅は放射されていなかったことを示唆している.

なお, 石井式歪計は, 立命館大学を中心とする南アフリカ金鉱山地震観測グループにより, 南アフリカの各鉱山に埋設されているが, 収録機器不調のためいずれの鉱山においても, このイベントの歪記録は収録されていない (小笠原, 2019, 私信).

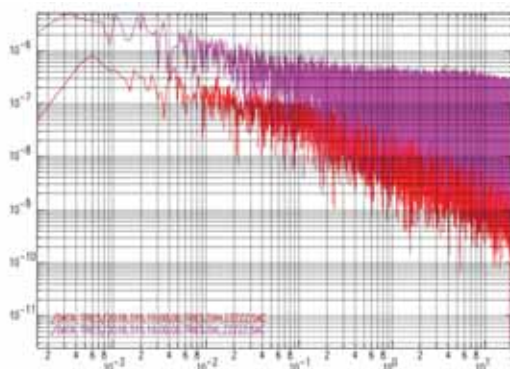


図3 観測点 TRIES における石井式歪計鉛直成分のフーリエスペクトル. 図 1 と同じ, 2018/11/11 10:00UT から 3600 秒のタイムウィンドウで計算した. 上側の桃色のスペクトルが SVL 成分のスペクトルで, 下側の赤色が SVH 成分.

4. gPhone重力計による観測記録

東濃地震科学研究所では, 瑞浪超深地層研究所の地下坑道深度 300m ステージと地表部に gPhone 重力計を 1 台ずつ設置している. これらの重力計による観測記録を図

4に示す. 当研究所の重力計により観測された記録は, いくつかの **monotonic** な波群が観測されているという点で, INU の加速度記録と比較的よく似ている. ただし, **global** な広帯域地震観測網による波形においても, 波群が複数のケースと大きな波群が1つのケースが散見され, 地域性も見られないことから, この観測波形の差異の要因については今後の課題である.

この **monotonic** な波については, 名和ほか (2019, 本報告書)により, 北海道の弟子屈町に設置した超伝導重力計によっても観測されている.

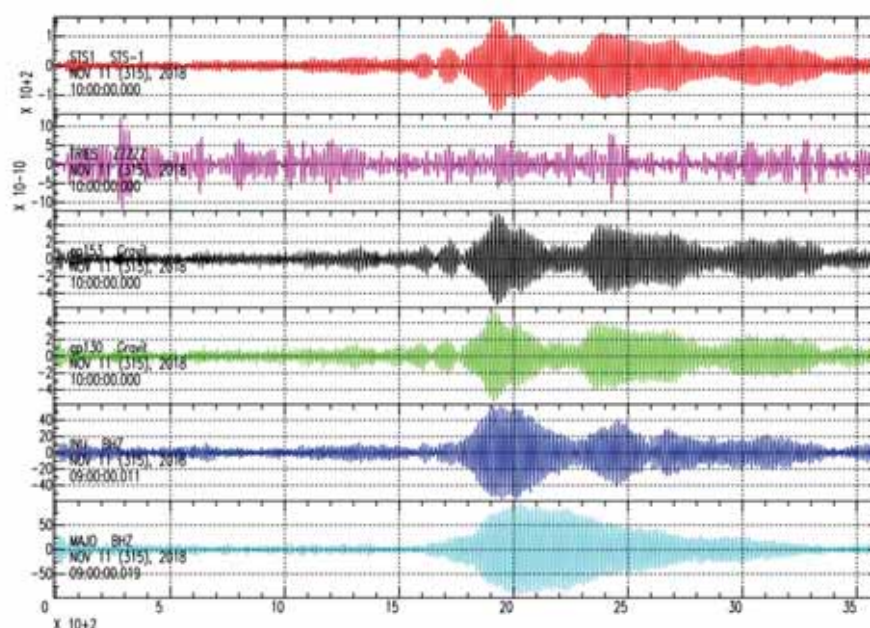


図 4 瑞浪超深地層研究所に設置した 2 台の gPhone による重力記録. 黒が地表での記録で, 緑が深度 300m ステージにおける記録. 参考のために, 犬山 (INU; 青) と松代 (MAJO; 水色) の STS 地震計による記録を一回時間微分した加速度記録も合わせて示した. さらに, 赤は当研究所の STS-1 による速度波形鉛直成分, 桃色は TRIES 観測点における歪波形鉛直成分 (SVL) も示した. いずれの波形も 0.05-0.07Hz のバンドパスフィルターをかけた波形で, 2018/11/11 10:00UT から 3600 秒間を表示している.

5. Monotonicな波を放射したイベントの規模の推定

本研究では, この **monotonic** な波の規模の推定を試みた. データには, IRIS-DMC から観測網コード IU (IRIS/USGS), II (IRIS/IDA), G (GEOSCOPE) の 3 つの地震観測網の観測点のうち, バンドパスフィルターをかけて **monotonic** な波が明瞭に観測されている 60 観測点 (図 5) の広帯域地震計の記録を使用した. この波の励起震源

メカニズムは不明であるが、観測された波は震源近傍で励起された表面波であると仮定して、Vaněk et al. (1962)による式

$$M = \log(A/T) + 1.66 \log \Delta + 3.30 \quad (20^\circ \leq \Delta \leq 160^\circ)$$

から、このイベントのマグニチュードを推定した。ここで、 A は各観測点における振幅、 T は周期、 Δ は震央距離である。簡単のため、対象とする monotonic な波の周期を 20 秒と仮定し、振幅については、20 秒前後すなわち 0.04-0.06Hz のバンドパスフィルターをかけた波形について、

09:00UT から 7200 秒間における最大振幅を用いた。震央は、マヨット島の沖合である緯度 -12.7° 、経度 45.4° と仮定した (図 1)。これにより、各観測点において、マグニチュードが推定される (図 6)。上式の適用範囲外となる $\Delta \leq 20^\circ$ の 5 点を除いた平均から、 $M=4.53 \pm 0.36$ となり、この monotonic な波を放射したイベントの規模は、およそ $M4.5$ と推定される。図 6 では、仮定した震央から震央距離ならびに方位角に対して、各観測点でのマグニチュードの推定値をプロットした。これによると、方位角

240° 付近でマグニチュードが大きく推定される傾向も見られるが、近い方位角の観測点で、他と同様な値が推定されているケースもあり、この要因は定かではない。

笠原(2018)は、当研究所が展開している石井式歪計・応力計による歪・応力地震波の観測記録を整理している。震央距離 10000km の場合、 $M7.0$ 程度であっても歪地震動の振幅はかなり小さい (0.01 micro-strain 程度) ことから、このイベントの規模が $M4.5$ 程度であれば、前述の歪計記録のスペクトルで、この monotonic な波が観測されなかったことは合理的である。

6. まとめ

2018 年 11 月 11 日に、仏領マヨット島の沖合で発生したと思われる、極めて monotonic な波が世界中で観測された。この monotonic な波は、当研究所が展開している各種の計器でも観測された。STS-1 地震計と gPhone 重力計では、monotonic な

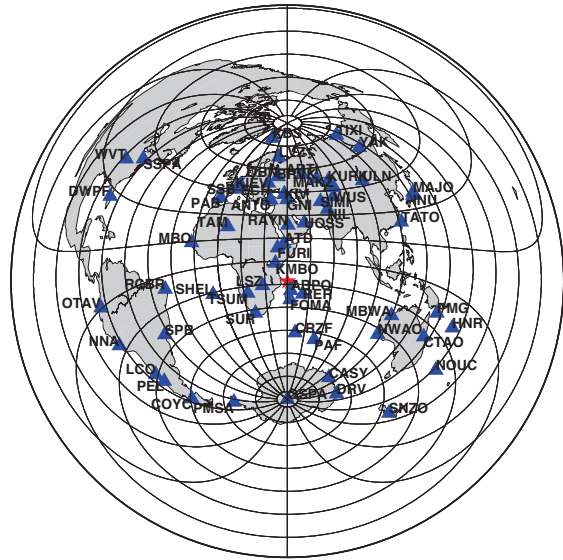


図 5 Monotonic な波のイベントの規模の推定に使用した観測点の分布。中央の赤星印は仮定した震央を表す。

波が観測されていたが、超高密度地震観測網の地震観測点ではセンサーの感度不足のために収録できなかった。また、このイベントの規模を概算したところ M4.5 程度であると推定された。東濃地域の石井式歪計でこのイベントの波が記録できなかったのは、イベントの規模が小さく、距離が遠いためであると思われる。

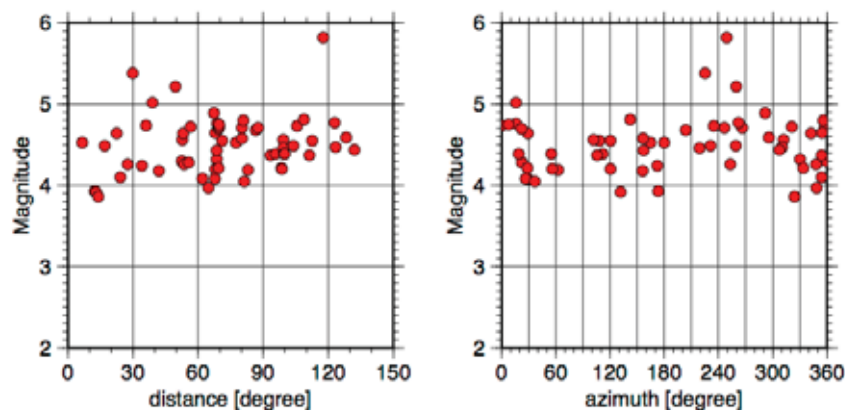


図 6 図 5 の各観測点について推定したマグニチュード。左図は、仮定した震央からの震央距離に対してプロットし、右図は、仮定した震央からの方位角に対してプロットした。

謝辞

本研究には、IRIS-DMC のデータを使用しました。

参考文献

- 笠原稔, 石井式歪計・応力計で記録される地震動と地震規模の関係 (1) 屏風山・東濃研究所 (歪) 観測点の結果, 東濃地震科学研究所報告, Seq. 40, 13-20, 2018.
- 名和一成, 岡田和見, 山口照寛, 高橋浩晃, 北海道大学弟子屈観測所の超伝導重力計で得られた地震帯域の記録例 (2018 年 11 月から 2019 年 2 月), 東濃地震科学研究所報告, Seq. 42 (本報告書), 2019.
- 大久保慎人, 東濃地域における超高密度地震観測網の IT 化, 東濃地震科学研究所報告, Seq. 27, 75-83, 2011.
- Vaněk J., Zátopek A., Kárník V., Kondorskaya N.V., Riznichenko Y.V., Savarenski E.F., Solov'ev S.L., Shebalin N.V., Standardization of magnitude scales, Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Geofizičeskaya 2:153-157 (with English translation), 1962.

