

日本海溝の岩手沖におけるテクトニック微動に伴う地震活動の活発化の定量化 Quantification of Fast-Earthquake Activation Following Tectonic Tremors in the Iwate-Oki Region of the Japan Trench

○伊藤悠太・西川友章・伊藤喜宏・大柳修慧

○Yuta ITO, Tomoaki NISHIKAWA, Yoshihiro ITO, Shukei OHYANAGI

Understanding the relationship between fast and slow earthquakes is a crucial topic in seismology. A fast-earthquake activation phenomenon following slow earthquakes, specifically shallow tectonic tremors, has been reported in the Japan Trench subduction zone (e.g., Obana et al., 2021; Nishikawa et al., 2023). In this study, we investigated the relationship between tectonic tremors and earthquake clusters in more details. We implemented the envelope correlation method (Obara, 2002) based on Ide (2010) and detected tectonic tremors from August 15, 2016 to August 31, 2023. Using the Japan Meteorological Agency catalog for the same period as the tremor detections, we extracted earthquake clusters by applying the space-time epidemic-type aftershock-sequence model (Zhuang et al., 2002; Nishikawa & Ide, 2017). We then examined the temporal relationship between tremor and earthquake clusters and the correlation between the number of events comprising tremor bursts and earthquake clusters. As a result, we found that earthquake clusters tend to occur following tremors rather than preceding them; however, there is no correlation between the number of precursory tremors and the number of earthquakes.

1. はじめに

通常の地震とスロー地震の活動の関連性の解明は地震学の重要なテーマの一つである。スロー地震、特にテクトニック微動のバーストに伴って地震活動が活発化する現象(群発的な活動)が、日本海溝沈み込み帯で確認されている(Obana et al., 2021; Nishikawa et al., 2023)。上記の観測から地震と微動の連動した活動が示唆され、定量化の余地がある。このような現象の理解とモデル化は、地震活動の予測精度向上に不可欠である。特に、日本海溝沈み込み帯北部の岩手県沖では、微動と地震活動が活発であり、上述の現象もしばしば確認されている(Nishikawa et al., 2023)。そこで、本研究ではこの地域における地震と微動の時空間的な特徴を詳細に調査した。

2. 手法

まず、本研究では Ide (2010) を基に、エンベロープ相関法(Obara, 2002)のコードを作成し、2016 年 8 月 15 日から 2023 年 8 月 31 日までの期間で、日本海溝沈み込み帯北部(岩手県沖)において浅部テクトニック微動の検出と震源決定を行った。日本海溝海底地震津波観測網 S-net の 14 観測点を使用した。

次に、テクトニック微動と地震クラスターの時空間的な関係を調べた。地震のカタログには、微動の検出期間と同期間の気象庁一元化震源カタログを用いた。マグニチュードが 2 以上の地震を使用した。時空間 ETAS モデル(Zhuang et al., 2002)を用いたクラスタリング(Nishikawa & Ide, 2017)により、余震である確率が高い地震を抽出し、それらを地震クラスターと定義した。そして、微動と地震クラスターの時間的關係、微動バーストと地震クラスターを構成するイベント数の関係を調べた。

3. 結果

テクトニック微動と地震の震央分布を図 1 に、時空間分布を図 2 に示した。図 1 では、微動の震源分布は浅部で群発的に発生し、パッチ状に現れることが判明した。図 2 では、微動活動と同時期に活発化した地震活動が複数確認された。そこで、時空間 ETAS モデルを用いたクラスタリングにより地震クラスターを抽出し、微動活動と地震クラスターの関係を調べた。それらの結果を図 3 と図 4 に示した。図 3 では、地震クラスターの発生日に対する微動の発生日を調べた。その結果、地震クラスターの前後を比

較すると、地震クラスターの前に発生する微動がやや多いことがわかった（地震クラスター前 1441 個、地震クラスター後 1150 個）。図 4 では、地震クラスターを構成する地震数と、それに先行する微動の個数を比較したが、両者に明確な相関は確認できなかった。

4. 議論・結論

通常の前震-本震-余震活動では、前震よりも余震の発生数が多い傾向がある。しかし、岩手県沖における微動と地震クラスターの関係では、地震クラスターの後よりも、地震クラスターの前に微動の発生数が多かった（図 3）。これは、微動と地震クラスターの関係が、通常の前震-本震-余震活動とは異なるメカニズムで発生していることを示唆する。言い換えれば、地震クラスターの「余震」（地震クラスターによって誘発された断

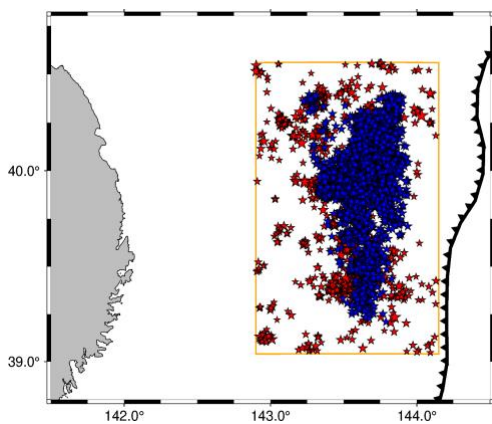


図 1. テクトニック微動と地震の震央分布。微動は青い星、地震は赤い星で示されている。オレンジ色の枠は、本研究の解析で使用した気象庁一元化震源カタログの範囲を示す。

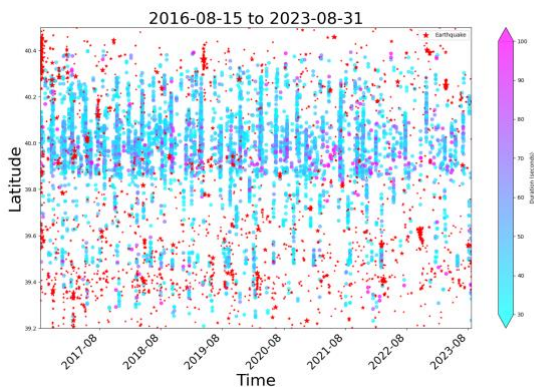


図 2. テクトニック微動と地震の時空間分布。微動は継続時間に応じて色付けされている。赤い星は M2 以上の地震を示す。

層滑り現象）として微動が発生しているとは考えづらい。一方で、微動バーストの「余震」として地震クラスターが発生している可能性は否定できない。

さらに、別の可能性として、地震、微動以外の第三の現象が、関与していることが考えられる。例えば、スロースリップがその候補である。スロー地震発生域においてスロースリップと微動が発生し、その後、地震クラスターを誘発すると考えれば、本研究の観測結果を説明できる。地震クラスターを構成する地震数と先行する微動数に明確な相関が確認されなかったこと（図 4）も微動によって地震が直接誘発されるのではなく、第三の現象に誘発されているという仮説と調和的である。

今後の地震活動のモデル化においては、本研究の観測事実と矛盾しない定式化が必要である。

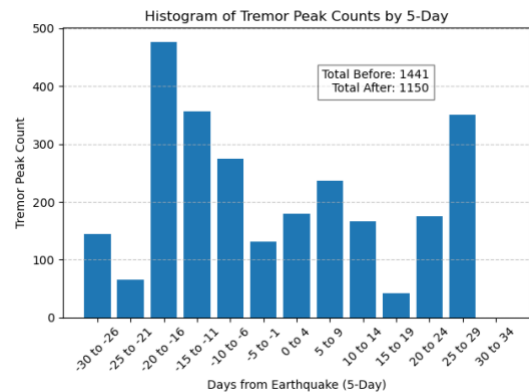


図 3. 地震クラスターの発生日に対する微動の発生日のヒストグラム。地震クラスターの活動期間中の地震の発生数が最も多かった日を 0 日として、前後 30 日の微動の個数を、すべての地震クラスターに対して足し上げた。

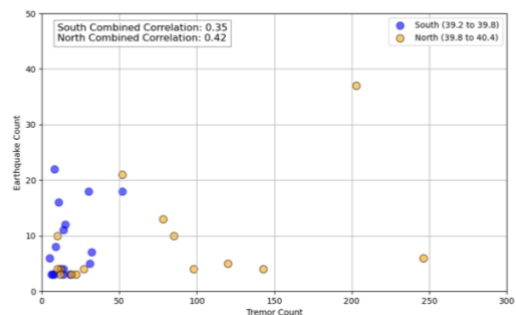


図 4. 地震クラスターを構成する地震の個数と地震クラスター前 30 日間の微動の個数の比較。青い丸は北緯 39.2 度から 39.8 度の地震クラスターに対応し、オレンジ色の丸は北緯 39.8 度から 40.4 度の地震クラスターに対応する。