

日本海溝沈み込み帯における滑り挙動の深さ方向変化に対応した
三領域での地震活動の比較
Comparative Analysis of Seismicity across Three Depth-Dependent Slip Regimes
in the Japan Trench Subduction Zone

○伊藤悠太・西川友章・伊藤喜宏・大柳修慧・野田博之
○Yuta Ito・Tomoaki Nishikawa・Yoshihiro Ito・Shukei Ohyanagi・Hiroyuki Noda

Understanding the cause of spatial variations in seismicity is crucial for comprehending the physics governing earthquake activity. Off Iwate, in the northern Japan Trench subduction zone, the plate boundary can be divided into three distinct zones based on depth-dependent slip regimes: the slow earthquake, asperity, and stable creeping zones. We statistically compare their seismicity characteristics. Our results demonstrate that the slow earthquake zone produces significantly more aftershocks, whereas the asperity zone exhibits the lowest seismic activity. Conversely, the stable creeping zone has the highest rate of background seismicity. We interpret these distinct characteristics based on the respective broad-scale slip behaviors. Moreover, we identify a clear kink in the cumulative magnitude-frequency distribution within the stable creeping zone. Calculations of rupture arrest probability suggest a characteristic rupture size of $M 3.7$ (~ 1 km scale) in this zone. The proposed rupture arrest probability may prove useful for future studies on earthquake source physics.

1. はじめに

地震活動の特徴の空間変化の原因を明らかにすることは、地震活動を支配する物理を理解する上で重要である。日本海溝沈み込み帯の岩手沖は、プレート境界面の滑り挙動に基づいて深さ方向に、スロー地震域、アスペリティ域、クリープ域という3つの全く異なる特徴を持つ領域に明瞭に区分できる(図1)。我々はETASモデル(Ogata, 1988)と呼ばれる地震活動の統計モデルを用いて、これらの3つのプレート境界域での中小規模地震活動の特徴を定量的に評価し、比較した。

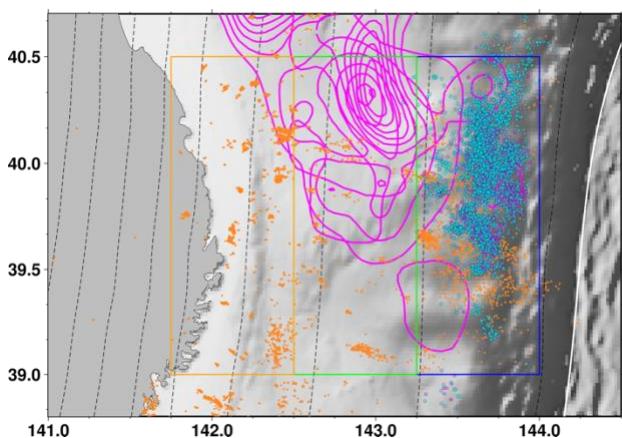


図 1. 日本海溝沈み込み帯岩手沖で観測された地震現象。テクトニック微動(Nishikawa et al.,

2023) は、その継続時間に応じて色分けされている。オレンジの点：繰り返し地震 (Igarashi, 2020)、マゼンタ(赤紫) 色の線：巨大地震のアスペリティ (Yamanaka & Kikuchi, 2004)、点線：10km 間隔の太平洋プレート上面等深線 (Kita et al., 2010)、白い実線：海溝軸 (Iwasaki et al., 2015)。青枠：スロー地震域、緑枠：アスペリティ域、オレンジ枠：クリープ域。

2. 結果・議論

各領域において地震活動の特徴的な挙動が明らかになった(図2)。スロー地震域では最も高い余震生産性が示された。これは同領域で頻繁に発生する過渡的な非地震性すべりがクラスター的な地震活動を誘発していることを示唆している。大地震が発生するアスペリティ域では、地震発生数が最も少なく、これはプレート境界面が固着していることと整合的である。一方、クリープ域では背景地震活動(定的にランダムに発生する地震活動)の発生レートが最も高かった。これは継続的な断層クリープ(定常すべり)によって、地震性パッチへの載荷速度が速いためであると解釈できる。

加えて、我々は、クリープ域での地震の規模別頻度分布は、単純な Gutenberg-Richter (GR) 則

(Gutenberg & Richter, 1944)に従っておらず、明確な折れ曲がりがあることを明らかにした。そしてその折れ曲がりを定量的に評価するために、破壊停止確率の概念と計算手法を新たに提案した。その計算の結果、クリープ域では $M 3.7$ 付近で破壊停止確率が有意に増加することが分かった。これは、クリープ域には地震破壊の特徴的なサイズ（約 1km）が存在することを示唆している。

本研究は、中小規模の地震の活動特性の空間変化を広域的なプレート境界すべり挙動と結びつけることで、地震活動を支配する物理の理解に貢献するものである。本研究で提案された破壊停止確率は、将来の震源の破壊過程の研究において有用

であると考えられる。

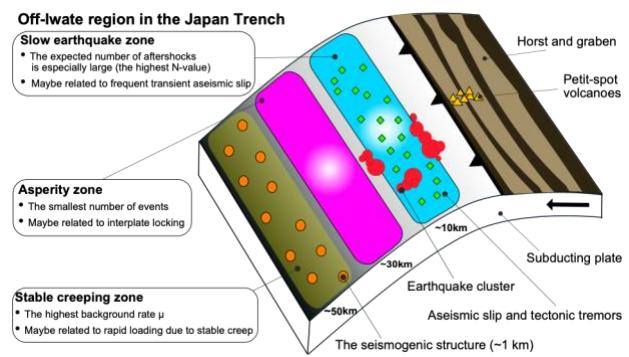


図 2. 岩手沖の地震活動の特徴の模式図。