

不均一応力分布による非地震性エピソディックすべりの発生

Episodic Aseismic Slip Events as Incomplete Nucleation of Seismic Slip due to Heterogeneous Stress Distribution

*加藤 尚之¹

*Naoyuki KATO¹

1. 東京大学地震研究所

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

速度・状態依存則を用いた数値シミュレーションにより、様々な非地震性すべりの発生や複雑な地震サイクルの説明が可能になっている。Wu and Chen (2014)は、断層面上の速度弱化域 ($a-b < 0$) において摩擦特性が一様であっても、速度弱化域の一部が破壊されるような小地震が発生することを示した。これは、速度弱化域全体を破壊するような大地震発生後には速度弱化域のせん断応力がほぼ動摩擦応力まで一様に低下し、その後、深部の速度強化域 ($a-b > 0$) での安定すべりにより速度弱化域の最深部でせん断応力が増加するために応力の不均一性が形成され、速度弱化域の最深部のみが破壊される小地震が発生するためである。このような小地震は、摩擦パラメーターから決まる破壊核臨界長 h^* が速度弱化域の幅 W よりも十分に短い場合に実現する。さらに、Cattania (2019) は、 W/h^* が十分に大きい場合には、速度弱化域を部分破壊する様々な規模の地震が発生し、地震の規模別頻度分布がべき乗則に従うことを説明した。浅部の地震発生域と深部の安定すべり域での摩擦特性の違いによる不均一な応力分布はごく普通に生じると考えられ、非地震性すべりの発生過程にも影響する可能性がある。非地震性エピソディックすべりの発生に着目して数値シミュレーションを行った。

均質半無限弾性体中の断層を考え、摩擦は速度・状態依存摩擦則に従うとする。浅部では速度弱化を深部では速度強化の摩擦特性を仮定した。有効法線応力と摩擦パラメーターである特徴的すべり量 L は断層面上で一様であるとする。 L ($\propto h^*$) を変化させることにより、幅広い W/h^* について地震サイクルの数値シミュレーションを行った。また、摩擦パラメーター a と b の比 a/b の効果についても調べた。その結果シミュレーションで得られた地震サイクルのパターンを図に示す (Kato, 2023)。 W/h^* が100程度よりも大きいと、先行研究で示されたように、速度弱化域全体を破壊する大地震と速度弱化域の一部を破壊する小地震が発生し、複雑な地震サイクルが現れる。 W/h^* がやや小さい場合、速度弱化域全域を破壊する大地震に先行して、速度弱化域の一部での非地震性エピソディックすべりが発生する。これは、速度弱化域の最深部での応力集中により非地震性すべりが発生し破壊核が形成されかかるが、破壊先端が浅部の低応力域に入ることにより、破壊伝播が停止してしまうためである。その後、ほぼ同じ場所で再びエピソディックすべりが発生するが、速度弱化域内部のせん断応力は時間の経過により上昇しているために破壊は停止されず、破壊伝播は加速されて地震性すべりにまで発展する。 W/h^* がさらに小さくなると、速度弱化域の一部でのエピソディックすべりは発生せず、速度弱化域全域を破壊する大地震が繰り返し発生する。

スロースリップイベントは、大地震が発生する速度弱化域とその浅部または深部の速度強化域との境界域で多く発生するが、地震発生域内でのイベントも大地震発生との関連で重要である。本研究で示したように、速度弱化域内の摩擦特性が一様であっても、深部の安定すべりによるせん断応力の不均一分布により非地震性エピソディックすべりが発生する。これは途中で止められた（成功しなかった）破壊核形成過程であり、時間が経過して速度弱化域のせん断応力が増大すると再び破壊核形成過程が生じて大地震が発生する。

文献

Cattania, C. (2019). Geophys. Res. Lett., 46, doi: 10.1029/2019GL083628.

Kato, N. (2023). Bull. Seismol. Soc. Am., doi: 10.1785/0120230048.

Wu, Y., and X. Chen (2014). J. Geophys. Res. Solid Earth, 119, doi:10.1002/2013JB010779.

