

パッチ状不均質を含む断層の巨視的な変形-応力関係に関する数値摩擦実験  
 Numerical friction experiments on a macroscopic stress-deformation relation  
 of a rate-and-state fault with patchy heterogeneity

○野田 博之・堀 高峰

○Hiroyuki NODA, Takane HORI

The fault constitutive law, which relates histories of stress and slip, is one of the essential ingredients of modeling fault behavior. Laboratory-derived rate-and-state friction laws have been widely used in many large-scale simulations, while they were verified only for centimeter-scale specimens and the scale effects are poorly understood. Natural faults are heterogeneous as evidenced by repeating small earthquakes, and appropriate large-scale modeling without resolving out such small-scale feature requires parametrization of the small-scale heterogeneity. Here we accept the laboratory-derived friction law in sub-meter scales, and investigate mechanical property of a fault element of hundreds of meters in size including an unstable patch. Stress-step tests have revealed that steady-state behavior can be approximated by the spatial average of the friction law assumed for each point, while transient behavior cannot. The size of small earthquakes might be useful in constraining the large-scale fault constitutive law, for it may give a length scale of slip for state evolution.

## 1. はじめに

断層の摩擦構成則は、断層挙動をモデリングする為に欠かせない要素の一つであり、主に室内実験や理論的考察から、種々のモデルが提案されている[e.g., Dieterich, 1979; Rice et al., 2001]。例えば震源掘削プロジェクトで得られた試料やアナログ物質を用いた実験により、室内実験(～cm)スケールにおける断層物質の力学的性質は明らかにできるかもしれない[e.g., Sawai et al., 2017]。しかし、その大規模モデリングへの適用可能性やスケール効果は明らかになっていない。

大地震が発生する断層において、遥かに小さな長さスケールにおける不均質挙動が発見されている。例えば2011年Mw9.0東北地方太平洋沖地震後にその余効滑り域において、最小でMw2程度までの微小な繰り返し地震が多数発見された[Kato and Igarashi, 2012]。繰り返し地震は、その場所・波形の再現性の高さから、断層面上の不均質を反映していると考えるのが自然である。

通常、東北地方太平洋沖地震のような巨大スケールの挙動を扱う数値計算では、このような微小な(しかし、実験室スケールより遥かに大きい)挙動を解像するのは数値資源の観点から困難である。解像可能な長さスケールよりも小さな挙動は、構成則としてパラメタライズする事が必要となる。

本研究では動的地震サイクルシミュレーション[e.g., Lapusta and Liu, 2009]を用い、不均質を有する断層要素に関する数値摩擦実験を行った。

## 2. 手法

今回調べた断層要素の形状を図1に示す。数10cmサイズのメッシュを切り、各点では実験室で測定される様な摩擦構成則が成り立っていると仮定した。ここにMw2程度の地震がくりかえす直径80mほどの不安定なパッチを設定し、遠地応力(剪

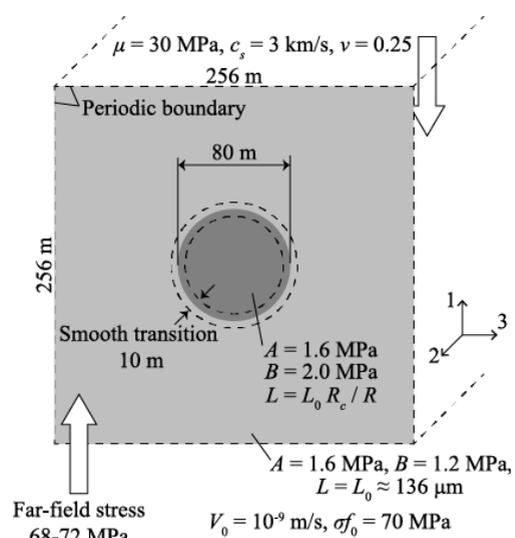


図1. 断層要素の形状と物性値分布。

