

ハイライト研究：

摩擦法則：実験室と断層をつなぐ

Research Highlights

Friction laws: Connecting Laboratory and Faults

断層への応力蓄積過程から動的破壊過程に至るまで、断層のすべり速度は9桁以上にわたって変化する。地震発生過程の物理的理解のためには、このような幅広い速度範囲における断層の摩擦特性を解明しなくてはならない。我々は圧力・すべり速度・温度を精度よくコントロールできる回転式摩擦実験装置を用いて、岩石の摩擦特性を幅広い速度範囲で測定した。実験結果の解析から、摩擦特性がすべり速度に応じて定性的に異なる3つのステージに分類されることを発見し、複数ステージ間の移り変わりが微視的物理過程のクロスオーバーに起因することを明らかにした(図)。他方、このように実験室スケールで得られた法則が、そのまま断層スケールまで外挿できる保証はどこにもない。そのためには、法則が依拠する微視的物理過程に基づいて巨視的構成法則を理論的に導出し、時間・空間スケール変換に対する依存性を解明しなくてはならない。ここでは準静的すべりで成立する経験則である「速度・状態依存摩擦法則」について、真接触部位のクリープ変形過程に基づいた理論的導出を行った。その結果として、1) 摩擦係数のすべり速度依存性を決める二つの定数と原子論的定数の関係が明らかになった。2) 微視的アスペリティの分布特性から巨視的な臨界すべり量を求められるようになった。3) 状態変数の時間発展法則の系統的導出が可能になった。

The frictional properties of rocks play a vital role in earthquake dynamics, in which the range of the slip velocity spans nine orders of magnitudes. To study friction in such a wide range of slip velocities, we developed a rotary friction apparatus and measured the friction coefficient of granite over a wide range of slip velocities. We found that the frictional properties may be categorized into three distinct regimes (Figure). We determine the crossover slip velocities based on the underlying physical mechanisms. However, to rationalize the application of such empirical friction laws to the natural fault scale, one must derive a friction law theoretically based on the microscopic physical processes. We derived the rate-and-state dependent friction law based on the creep deformation of microscopic asperities. As a result, we found 1) microscopic expressions for the two parameters that determine the rate dependence of the friction coefficient, 2) the statistical properties of the length constant and the state variable, and 3) a systematic derivation of time evolution laws for the state variable.

