

摩擦溶融が地震すべりと破壊過程に及ぼす影響の数値シミュレーション

Numerical simulations of the effect of frictional melting on seismic slip and rupture process

松澤 孝紀[1]; 武尾 実[2]

Takanori Matsuzawa[1]; Minoru Takeo[2]

[1] 東大・地震研; [2] 東大・地震研

[1] ERI, U. Tokyo; [2] ERI, Univ. Tokyo

1. はじめに

地震時の動的なすべりと摩擦溶融の相互作用について、1次元および2次元弾性媒質における数値シミュレーションを行った。これまで、地震時の断層面において発生する熱によって岩石が融解する場合には、その低い粘性によって大きな摩擦力の降下と大きなすべりが生じる可能性が指摘されていた（例えば、Jeffreys, 1942）。しかしながら、近年の岩石の高速摩擦すべり実験から、融解の開始時に高い摩擦力が生じることが報告された（例えば、Hirose and Shimamoto, 2005）。このことから、地震すべりが摩擦溶融によって抑制される可能性が指摘されるようになった（例えば、Fialko, 2004）。摩擦溶融による地震の震源過程への影響を評価するため、我々は融解過程を含む摩擦のモデルを作り、断層でのすべりの数値的なシミュレーションを行った。

2. 摩擦モデル

融解過程を伴う摩擦のモデルを構築するにあたって、次の3つの過程を考え、それぞれに対して摩擦則を与えた。(1) メルトパッチが生成される前の、一定摩擦レベルでの摩擦すべり過程、(2) 局所的にメルトパッチが生成され、完全な融解による摩擦へと遷移していく過程、(3) 断層面が完全に粘性物質に覆われて、粘性によって摩擦力が規定される過程、である。最後の(3)の過程では、温度に依存する粘性率とメルト層の厚さが熱の供給によって厚くなっていくようなモデルを仮定して計算した。このモデルでは、岩石実験でみられたようなメルトパッチ生成による摩擦力の上昇と、完全な融解前後で摩擦力がピークを示したのちに減少するような挙動を再現できた。

3. 結果

まず、1次元のロッドモデルを導入して弾性体との相互作用を計算した。結果の例として、初期速度 1 m/s、弾性体応答の特徴的時間 1 秒、初期摩擦レベル 20 MPa、非弾性変形層の厚さ 2 mm の場合には、0.1 秒付近から高い摩擦力によってすべり速度が抑制され始め(viscous braking)、熱の生成レートが減少した。しかしながら、すべりが持続することにより、最終的には、0.5 秒付近で大きな応力降下とすべり速度の急激な増加が見られた(melt lubrication)。様々なパラメータについて同様の計算を行い、温度の上昇レートだけでなく、断熱的状況が効率的に melt lubrication を引き起こすために重要であることが示された。

次に、上のモデルを2次元の Mode III の問題について適用し、地震の破壊過程に与える影響を調べた。なお、破壊先端で応力が強度を越えた場合に自発的に進展するような破壊過程を仮定している。結果の一例として、1次元の例で示したパラメータセットについて、初期速度の代わりに応力降下量を 5 MPa として与えた場合には、viscous braking とそれにつづく melt lubrication が見られた。さらに、20 km サイズのアスペリティを想定して、各パラメータの変化が melt lubrication にどのような影響を与えるかを評価したところ、本研究で試みたパラメータ範囲内では、高い摩擦レベル、大きな応力降下量、厚い非弾性層、低い熱伝導率、低い粘性率の場合ほど melt lubrication が促進された。さらに、摩擦溶融は、破壊伝播速度にも影響を与え、viscous braking が生じた場合には速度が遅くなるものの、melt lubrication が開始することにより、破壊伝播速度が加速され、周囲の melt lubrication が促進された。

4. 議論

我々の結果は摩擦溶融が現実的なパラメータ内で大規模に起こることを予測するものであったが、実際には大規模なシュードタキライトの分布は多くない。このことは、非弾性変形の領域が我々のモデルの仮定よりも広がっていることを示唆している可能性がある。また、他の物理的プロセス(例えば、thermal pressurization)が融解前に熱の生成を抑制してしまう可能性も考えられる。今後、地質学的な観察や実験結果とさらに比較していくことで、より現実的な断層モデルを考えることが重要であろう。

参考文献

- Fialko, Y. (2004), *J. Geophys. Res.*, 109, B01303, doi:10.1029/2003JB002497.
Hirose, T., and T. Shimamoto (2005), submitted to *J. Geophys. Res.*
Jeffreys, H. (1942), *Geol. Mag.*, 79, 291-295.