

空隙発展則に関する無次元パラメータとその動的地震滑りへの影響 Nondimensional Controlling Parameter about Inelastic Porosity Evolution Law and its Effect on Dynamic Earthquake Slip

鈴木 岳人^{1*}, 山下 輝夫²

Takehito Suzuki^{1*}, Teruo Yamashita²

¹ 東大・理・地惑, ² 東大地震研

¹EPS, Univ. Tokyo, ²ERI, Univ. Tokyo

我々の一連の研究では、熱・流体圧・非弾性空隙生成の相互作用の効果が動的地震破壊過程にどのように影響するかを取り扱ってきた。そして1次元系の仮定のもと、系の振る舞いを支配する2つの無次元数 Su と Su' を導いた。 Su は流体圧変化に対する非弾性空隙生成の効果の発熱の効果に対する相対的な強さを表し、 Su' はそれに対する流れの効果の発熱の効果に対する相対的な強さを表す。これらの無次元数に基づき、例えば通常地震とゆっくりした地震など、動的地震滑りの振る舞いの多様な側面を統一的に説明することができた。

しかしながら、我々のモデルでは空隙率の時間発展則として単純なものを仮定しているという問題があった。空隙の生成レートは滑り速度に比例しているとしてきたのである。観測的・実験的成果から、断層中の空隙率には上限 ϕ_{inf} が存在すると考えられてきている。我々のこれまでの枠組みは空隙率 ϕ が上限より十分小さい値までしか上昇しなかった場合を調べてきた、と理解されることになる。

我々は空隙率の上限を記述する新たな無次元数 Su^{ul} を導入する。ここでは流体の流れを無視する、すなわち $Su'=0$ であるとする。 $Su>1$ であれば、滑りの初期段階において空隙生成の効果が勝って流体圧が減少し、滑り速度を減少させる。その後には、2つの異なった滑りの振る舞いが考えられる。まず、ある Su と Su^{ul} の範囲では、滑りが加速して一定の滑り速度に漸近する場合が考えられる。これは空隙率が上昇して上限に近付き、流体圧（及び滑り速度）を減少させる効果が小さくなったために起こる。この場合は、thermal pressurization により、断層面に働いている剪断応力を最終的には全て解放する。一方、加速せずそのまま滑り速度がゼロに漸近して自発的に滑りが停止する場合も考えられる。これはこれまでのように空隙率の上昇量が小さく上限の効果が現れない場合である。高速の定常滑りと自発的な滑りの停止が、本モデルでは単一の枠組みで理解できた。

我々はまた系の振る舞いにかかわる2つの重要な空隙率 (ϕ_{1*} と ϕ_{2*}) がモデル中に存在することを見出し、その解析解を Su と Su^{ul} の関数の形で示した。まず上限値で正規化された空隙率 ϕ^* の時刻無限大での値 ϕ_{f*} は ϕ_{1*} と 1 の間の値をとれないことが明らかになった (ϕ^* が 1 であるとは ϕ が上限に達したということである)。これは、 ϕ^* が ϕ_{1*} に達すると上述の加速が起こるためである。空隙率 ϕ_{1*} は加速と自発的な滑りを分ける臨界的な値であると言える。一方、 ϕ_{f*} は ϕ_{2*} 以下の値をとれないこともまた示された。空隙率 ϕ_{2*} の値は発熱で失われたエネルギーに係るため、天然断層で観察される空隙率はそのエネルギーの指標になり得ることが示唆される。

キーワード: 熱, 流体圧, 非弾性空隙率, 高速滑り, 自発的な滑りの停止

Keywords: heat, fluid pressure, inelastic porosity, high speed slip, spontaneous slip cessation