

# スロースリップに対する透水係数の異方性の効果

東大・地震研 山下輝夫

## 1. はじめに

断層近傍の permeability には強い異方性があることが知られている。例えば、Faulkner and Rutter (2001) は、南スペインの Carboneras 断層のコアの permeability を測定し、断層の走向方向の permeability は、垂直方向のものに比べて3桁も大きいことを明らかにした。我々は、これまでの一連の研究で、流体拡散および空隙の非弾性的生成を仮定してスロースリップのモデル化を行ってきたが、そこでは断層の法線方向の流体拡散のみを仮定した(Suzuki&Yamashita,2009 ; Yamashita&Suzuki,2011)。本研究では、これとは対照的に流体が断層に平行方向に流れうる場合のスロースリップの発生様式について検討する。なお、Tanaka et al.(2010)は、東海地域のスロースリップに伴い断層に沿って流体が移動したとことを測地観測により明らかにしている。我々のこれまでの一連の研究と同様、断層は流体で飽和した熱多孔質弾性体中に仮定し、すべりによる空隙生成(dilatant strengthening)、クーロン摩擦を仮定する。また、いったん停止したすべりが、流体圧の上昇(断層への流体の流入による)により再活動することを許す。その際、静止摩擦係数は、すべり停止期間の対数に比例して増大するものとする。

## 2. ゆっくりとした断層の成長

流体拡散が、断層に平行方向であっても、以前の一連の研究とまったく同様に、空隙生成率が大きいほど、また、permeability が小さいほど、よりゆっくりとした断層成長とすべりが生じることがわかった。

## 2. 微動の高速逆方向伝播

西南日本や Cascadia 等多くの地域では、スロースリップと同期して微動が生じることが知られている。Yamashita&Suzuki(2011)では、断層上に生じた空隙に周囲の媒質から流体が流入することにより、微動的活動が散発的に発生しうることを示した。モデル化された微動は、ゆっくりと進んでいる断層端で核形成し、すでに破壊した方向に伝わる、いわば、逆方向伝播をすることがわかった。これは、定性的には、Houston et al.(2011)や Obara et al.(2011)の観測事実を説明しうるが、計算された伝播速度(S波よりやや小さい程度)は、観測されたもの(10km/h程度)よりもはるかに大きいという問題がある。今回のモデルでは、以前の計算結果とは対照的に、観測事実とほぼ同程度の伝播速度を再現することができた(図1、図2)。ただし、このような現象を再現するには、permeability が  $10^{(-12)}\text{m}^2$  よりも大きい必要がある。これは、断層岩について普通に得られている値よりはるかに大きい値ではあるが、高压流体環境下で発生していると想像される地震の移動速度から推定した permeability よりも十分に小さな値である。なお、図で、x軸は断層方向、t軸は時間を表す。これらの図では、進展している断層端のみにすべり速度が局在していることがわかる。これは強いすべり強化のためである。また、断層端で核形成した比較的大きなすべり速度を持つイベントが断層の進展方向とは逆方向に10km/h程度の速度で広がって

いく様子もわかる（図2）。

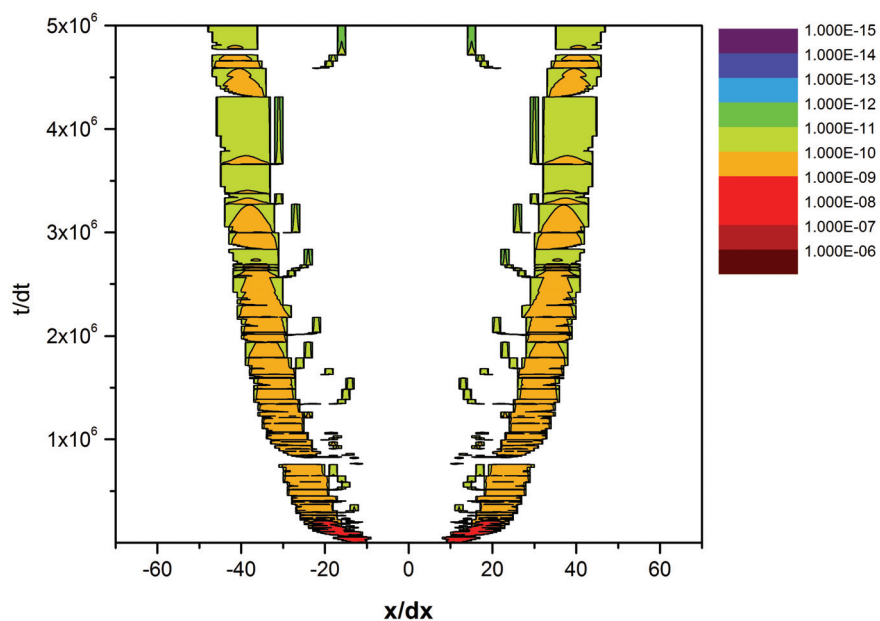


図1 等高線で示したすべり速度（S波で無次元化したもの）の時間変化の例。無次元化した時間  $t/dt=5 \times 10^6$  は、実時間ではほぼ30分、無次元化した距離  $x/dx=70$  は、140mに相当する。断層端で核形成したすべりが、断層の進展方向と逆向きに進むことがわかる。

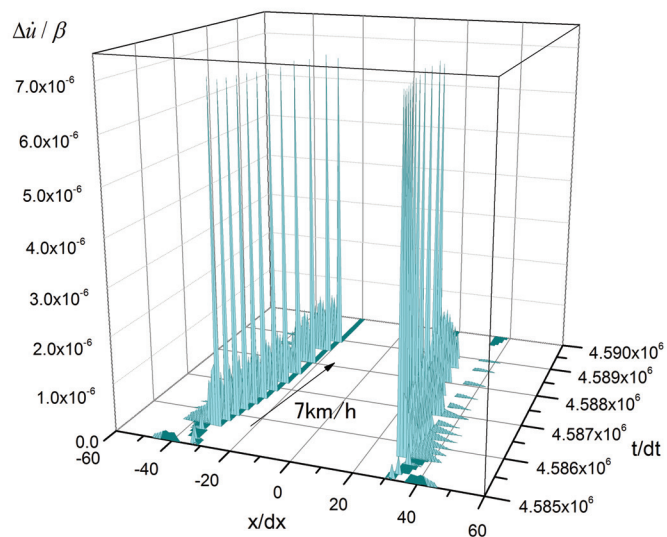


図2 図1の  $t/dt=4.5 \times 10^6$  付近を拡大したもの。時速7km程度で、断層の進展方向と逆向きにすべりが進むことがわかる。