

動的破壊に対する熱および流体の複合効果—断層周辺のダメージ構造生成と関連して

鈴木岳人・山下輝夫（東大・地震研）

1. はじめに

非弾性的な空隙率増加を考慮して、動的地震破壊に対する熱および流体の複合効果を、熱多孔質媒質を仮定して考察した。なお、空隙率の非弾性増加は、動的断層すべりに伴う断層周辺のダメージ生成と密接に関係している。

地震の動的破壊に熱効果、流体効果や空隙率変化の効果は、多くの場合、それぞれ独立に考察されてきた。しかし、その相互作用は強い非線形性を有し、地震の動的振る舞いの多様性発現に深く関わっているはずである。Suzuki and Yamashita (2007)は、1次元断層モデルを仮定し、支配方程式系の数学的考察により、系の振る舞いを支配する無次元数 S_u を導き出した。空隙率の非弾性変化が存在しない場合は $S_u = 0$ であり、 S_u が大きくなるにつれて非弾性効果も大きくなる。本講演では、まず、Suzuki and Yamashita (2007)での成果を簡単に紹介するとともに、そこで仮定された1次元断層モデルを用いて、より詳細な解析を行い、さらに2次元モデルへの拡張を行う。

2. 1次元モデル

Suzuki and Yamashita (2007)は、支配方程式系の卓越項だけを取り出し、系のフィードバックを考察するとともに無次元数 S_u を求めた。この解析をさらに進めることにより、すべり摩擦応力の、断層すべりへの依存性についての解析的表現を得た。すべり弱化が起きうる場合は、thermal pressurization に起因するすべり弱化距離は無次元数 S_u の大小によらず、Suzuki and Yamashita (2006) で求めた表現に一致することがわかった。なお、すべり弱化距離は、非弾性空隙率変化にはよらないこともわかった。最大すべり加速度は、 S_u が小さいほど(ダメージが小さいほど)、また、すべり弱化距離が小さいほど大きいこともわかった。

3. 2次元モデル

S波の0.8倍の等速で亀裂端は両側に伝わっていき、一定の長さ l_a だけ進んだのち、突然停止するものとする。計算は差分法による。ただし、流体や熱の拡散は、弾性波の伝播にくらべ格段にゆっくりなため、前者の考察においては、断層は一様に歪み有限の幅を持つ変形帯として仮定し、後者については面として仮定する。

Suzuki and Yamashita (2007) は、 S_u が十分に大きい場合は、すべり強化 が起きうることを1次元モデルを用いて示し、そのような場合パルス型すべりが生じる可能性を示唆した。実際、2次元モデルを用いた計算によると、そのような現象が生じた(図1)。亀裂上で一定の応力降下量を仮定した古典的モデル(グリフィス型モデル)に比べ、すべりが亀裂端で局在化していることがわかる。

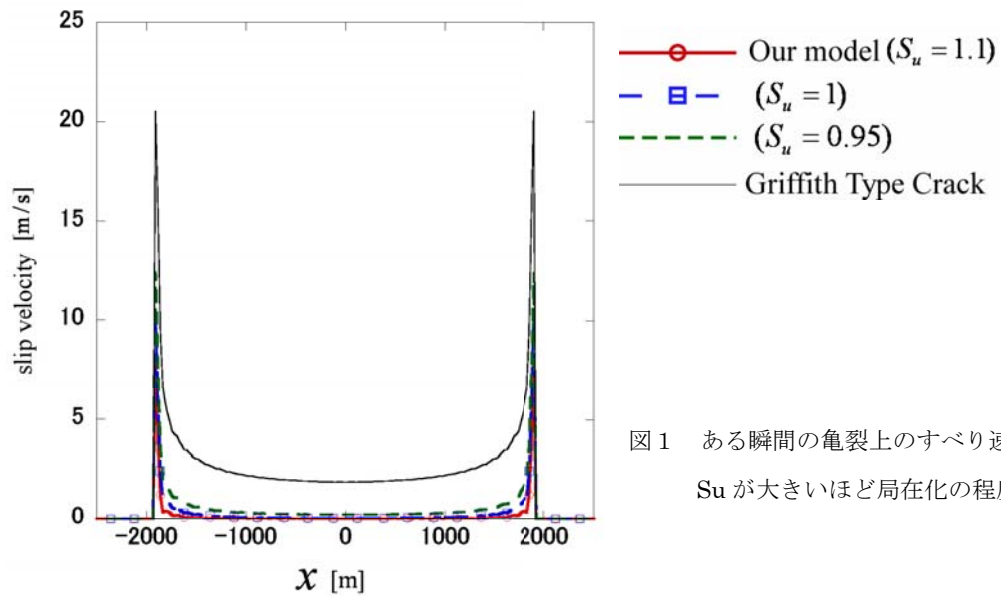


図1 ある瞬間の亀裂上のすべり速度分布。
 S_u が大きいほど局在化の程度が大きい。

さらに、すべり強化が生じる場合（強いパルス型のすべりが生じる場合）は、放射効率を古典的に定義すれば1を超えるという問題も起こりうる。地震効率に関しては、 S_u の増加とともに減少する傾向にあることがわかった。これは、断層近傍のダメージ生成が著しいほど、地震波エネルギーの放射が相対的に小さいことを表わす。

参考

Suzuki,T and T.Yamashita (2006), JGR, 111, B3, doi 10.1029/2005JB003810

Suzuki,T and T.Yamashita (2007), GRL, 34, L13303, doi:10.1029/2007GL030260