

「岩石の摩擦熔融実験

シュードタキライト形成時の断層の温度上昇と力学特性」

講演者：堤 昭人

(理学研究科 地球惑星科学専攻)

報告者：吉田 武生

(理学研究科 地球惑星科学専攻・地球テクトニクス講座)

はじめに

1966年に Brace and Byerlee により、地震が断層の stick-slip であることが指摘されて以降、岩石の摩擦が、地震あるいは断層との関わりにおいて注目されるようになった。以来、震源域での断層運動を再現しようとする試みのもと、様々な圧力、温度条件下での実験が行われてきた。しかしながら地震時の断層運動のような、高速でしかも大変位を伴うような領域をカバーした体系的な研究の例はこれまでに無かった。従来の stick-slip を伴う岩石摩擦実験の場合、slip 時の変位速度は数 100mm/s のオーダーに達しているが、変位が極めて限られていたのである。これに対し、天然の断層は、地震時に m オーダーの変位を伴う現象である。最近、堤、嶋本らは、回転式摩擦実験を行い、断層の高速下での力学的性質の概要を明らかにした。その結果、断層は摩擦発熱に伴う摩擦熔融等による摩擦面の状態変化を反映して非常に複雑な性質を示す事が明らかになりつつある。従って、従来の摩擦実験 (stick-slip 実験) は、摩擦面 (断層面) の温度において地震とスケールしていない可能性がある。

力学特性

外径 25mm, 内径 16mm の円筒状に加工したハンレイ岩試料を用いた高速摩擦実験結果の一部を図 1 に示した。この図では、垂直応力一定の条件下での、ほぼ定常状態における摩擦係数 (剪断抵抗) をすべり速度に対してプロットしている。この結果で重要なのは、高速域においても熱的に定常状態および対応する定常摩擦が存在し、この定常摩擦が顕著な負の速度依存性 (velocity weakening) を示すということである。しかもこの高速域での速度依存性はすでに知られていた低速域での依存性よりも遥かに大きい (Tsutsumi & Shimamoto, 1997)。このことは、断層が、静止した状態から加速され、変位速度・変位を増していくとともに断層の不安定さが増していくことを示唆している。

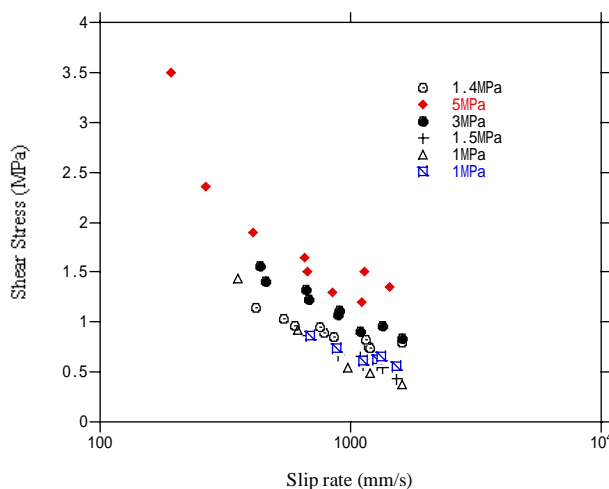


図 1 .
高速領域でのほぼ定常的摩擦 (摩擦係数) とすべり速度との関係
凡例の数字は垂直応力

摩擦面近傍の温度（力学挙動と温度変化）

一部の実験では、高速摩擦領域における、力学特性と摩擦面近傍の温度の関係を調べることを目的として温度を実測した。温度測定には、試料に埋め込んだ熱電対を用いた直接測定と、放射温度計を用いた間接測定の手法を用いた。その結果、温度分布が定常的になる前に断層強度（剪断応力）が大きく変化している事が明らかになった。摩擦熔融が開始した時点では摩擦面の温度は700程度であるが、断層面全体で熔融が起こり、摩擦抵抗が定常的になった後の状態では摩擦面の平均温度は少なくとも1100まで上昇している。顕微鏡観察をあわせると、断層帯内部では温度分布は不均質であり、鉱物の選択熔融現象が起こっている事が示唆される。図2の太線は、有限要素法を用いた試料の定常状態での温度分布を示している。この計算結果は熱電対を用いて実測した温度分布と矛盾しない。

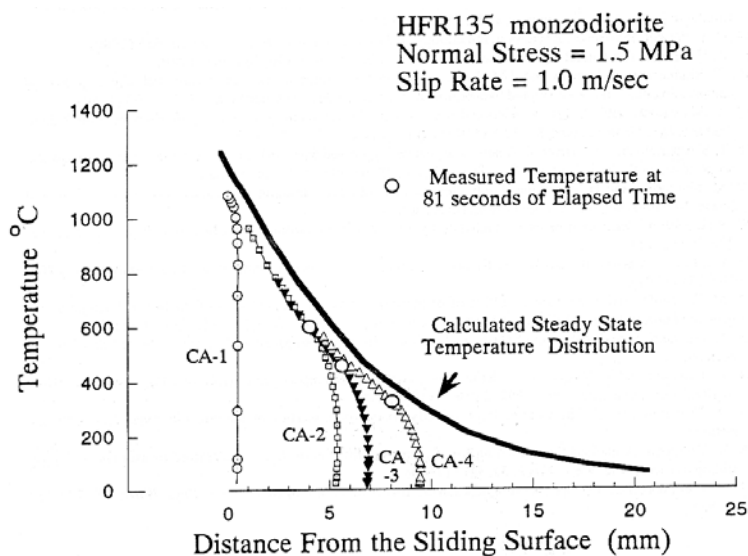


図2 .
測温点から摩擦面までの距離と温度の関係
太線は有限要素法で計算した、定常状態における温度分布