

摩擦構成則のモデルとしての「熱と変形の相互作用」

On the relevance of thermal-viscous coupling as a model of frictional constitutive relationship

亀山 真典[1]

Masanori Kameyama[1]

[1] 海洋科学技術センター

[1] IFREE

岩石の摩擦すべりの構成則は、地震の発生過程を理解する上で重要な要素の 1 つであり、これまで主に室内での摩擦すべり実験を基にして摩擦すべりの構成関係の定式化が行なわれてきた。中でも Dieterich や Ruina らによって提案された「すべり速度と状態に依存する摩擦構成則」(以下 DR 則)は最も実用的な摩擦構成則モデルの 1 つであり、岩石のすべり実験の結果の解釈や断層のすべり過程の数値シミュレーションなどに広く用いられてきた。しかし、この構成則に含まれる「状態変数」や構成パラメータの物理的背景については未だ確固たる回答が得られていないため、構成パラメータの意味や実際の断層面における構成パラメータの値を推定することが困難であった。そこで本研究では、摩擦構成則の挙動を再現しうる素過程として「熱と変形の相互作用」に注目し、DR 則に含まれる構成パラメータに物理的な解釈を与えることを試みた。

Prandtl 数(動粘性率と熱拡散率の比)無限大の Maxwell 粘弾性体からなる 1 次元領域の剪断変形を考える。外側境界での温度を固定し、かつ一定の剪断速度をかけて変形させ、内部の温度、歪速度、剪断応力の時間変化を追跡する。粘性変形による歪速度は剪断応力だけでなく領域中心の温度 T_c の双方に依存するとする。系内の温度状態は変化は粘性散逸(摩擦)による発熱と、熱伝導による冷却の双方で決まるとする。

本モデルを用いて線形安定性解析を行ない、剪断応力と温度 T_c の無限小擾乱に対する定常的な変形状態の安定性を調べた。その結果、本モデルにおける無限小擾乱の時間発展は特徴的な 3 つの無次元パラメータの値によって規定されており、その時間発展のパターンは安定か不安定か、時間的に単調か振動的かの組み合わせで 4 通りに分かれることが分かった。これに加えていわゆる spring-block モデルを用いて DR 則での定常すべり状態の線型安定性解析を行ない、その結果を本モデルの結果と比較した。その際、温度 T_c を状態変数、剪断応力を摩擦係数とみなすことにより、DR 則に現われるパラメータを本モデルで導入した無次元パラメータの関数として表わすことができた。この結果から、本モデルをさらに発展させることにより、実際の断層面やプレート境界面における摩擦構成則のパラメータの値を推定することが可能になると期待できる。