

岩石の粘弾性挙動に関する非平衡熱力学と地震の時系列パターン

Irreversible thermodynamics for viscoelastic behavior of rocks and temporal seismicity patterns

川田 祐介 [1]; 長濱 裕幸 [2]

Yusuke Kawada[1]; Hiroyuki Nagahama[2]

[1] 東北大・院・理・地圏進化; [2] 東北大学院・理・地圏進化

[1] Dept. of Geoenviron. Sci., Grad. Schl. of Sci., Tohoku Univ.; [2] Dep. Geoenviron. Sci., Grad. School Sci., Tohoku Univ.

岩石の粘弾性挙動の構成則を記述するための非平衡熱力学系を考えた。ここでは、 n 個の自由度を持つ一般熱力学系を、 n 個の状態変数（一般化座標）とそれに対応する n 個の一般化力によって定義する。状態変数は2つのグループに分けられる；一方は k 成分の歪で、対応する一般化力として k 成分の応力を考える。もう一方は $(n - k)$ 個の内部状態変数で、これに対応する一般化力は0とする。内部状態変数は、ダメージパラメータや塑性歪などに対応する変数である。この系において、平衡状態近傍の非平衡過程はラグランジュ方程式で記述でき、その一般解は（内部状態変数に起因する） $(n - k)$ 個の緩和モードの和で表される。最終的に岩石の非線形粘弾性構成則は、指数関数の応答関数を持つ応力-歪関係の積分形式で定式化できる。ここで、先ほどの $(n - k)$ 個の緩和モードに関して変形時間と緩和モードのスケールリング則を導入し、系の自由度を無限に拡張すると、構成則の応答関数は時間のべき乗関数になる。

一方で、変形実験に基づく岩石の遷移挙動・定常挙動の構成則は以前より導出されている。この実験に基づく構成則は非平衡熱力学から導かれた構成則と調和的であり、岩石内部のフラクタル構造に起因した、時間に関するべき乗則で定式化される。また、本構成則より、本震に伴う地殻変位量を説明できる。地殻変位量の時系列は地震の時間スケールに不変なパターンを示し、本震に伴う小さい地震イベントに因る履歴の効果も含まれている。我々のモデルから考えると、この地震の時系列パターンは、内部状態変数のフラクタル特性、つまり岩石構造に関するフラクタル特性に起因していると考えられる。