

スケール化されたランジュヴァン方程式によって記述される岩石の粘弾性挙動とその逆問題

Viscoelastic behavior of rocks described by scaled Langevin equation and the inversion

川田 祐介[1]; 長濱 裕幸[2]; 原 啓明[3]

Yusuke Kawada[1]; Hiroyuki Nagahama[2]; Hiroaki Hara[3]

[1] 東北大・院・理・地圏進化; [2] 東北大大学院・理・地圏進化; [3] 東北大・院・理・地圏進化 気付

[1] Dept. of Geoenviron. Sci., Grad. Schl. of Sci., Tohoku Univ.; [2] Dep. Geoenviron. Sci., Grad. School Sci., Tohoku Univ.; [3] c/o: Dept. of Geoenviron. Sci., Grad. Schl. of Sci., Tohoku Univ.

地震波形のデータは震源域や地下構造に関する多くの情報を含んでいる。岩石レオロジーの観点から考えると、地震波形は、入力を動的歪（もしくは動的応力）、それに続く応答を岩石の粘弾性挙動とする、線形システムの出力とみなすこともできる。線形システム理論において、こういった入力-応答-出力の関係を数式化すると、出力から応答の系を推論するための式を逆変換によって求められる。しかしながら、地震波形の逆解析と震源域における具体的な岩石の粘弾性特性との関係を結びつける研究は行なわれてこなかった。本発表では、岩石の流動則に基づいて地震波形のデータから震源域を推論するための逆問題を定式化する。

我々はまず、粘弾性挙動を表す複雑な系のダイナミクスを構築する。粘弾性挙動を示す簡単な表式として、一般化マクスウェル模型を考える。この模型を構成する要素の応力-歪関係は、ゆらぎの力に従う微粒子の熱運動（ブラウン運動）に関する方程式である、ランジュヴァン方程式によって表せる。ここで、要素の変形時間とサイズに関するスケール則を導入すると、各要素のランジュヴァン方程式は時間発展に関して共形な方程式となる。結果、一連のスケール化されたランジュヴァン方程式によって複雑系のダイナミクスが規定される。

一方、スケール化されたランジュヴァン方程式から、時間に関するフラクタル特性を示す応答関数（グリーン関数）を含む入出力関係を導ける。ここで、入力・出力をそれぞれ、動的歪（もしくは動的応力）・地震波形データとみなすとき、応答関数は岩石の粘弾性特性を表す関数とみなせる。特に、岩石（例えばレルゾライト）の流動則のうち、時間に関するフラクタル特性に従う力学（粘弾性）緩和挙動を表すものがある。この流動則は、一般化マクスウェル模型において、それぞれの要素が持つ緩和時間の分布（緩和スペクトル）がベキ分布に従う場合の挙動を表している。このベキ分布はランジュヴァン方程式に導入したスケール則に対応しており、この流動則は先の応答関数に代入することができる。以上のように、我々は岩石の流動則に基づき、粘弾性挙動を表す応答関数を構築した。さらに、入力と出力の逆変換を通じて、応答関数の逆問題を定式化することができ、これによって地震波形のデータから震源域の物理場の解明に貢献できる。