

# Distribution of strain energy density change due to an earthquake faulting in elastic-viscoelastic media

\*Tatsuhiko Saito<sup>1</sup>, Akemi Noda<sup>1</sup>

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

## はじめに

地震は歪みエネルギーを使って発生するため、地殻に蓄えられる歪みエネルギーの可視化と定量化が重要である。例えば、南海トラフ沿いのプレート間の固着が内陸の地震発生層に引き起こすせん断歪みエネルギーの増減分布と内陸地震活動との関連(Saito et al. 2018 JGR), 熊本地震前震・本震によるせん断歪みエネルギーの増加域での余震活動の活発化など、歪みエネルギーと地震活動の関連性(Noda et al. 2018 ACES; Tanaka et al. 2018 JpGU)が報告されてきた。

地殻内の歪みエネルギーの可視化、定量化を行う際には、弾性リソスフェア-粘弾性アセノスフェアの影響を考慮することが重要である。Hashima et al. (2014 Pageoph)は、ラプラス変換と波数積分法によって、歪み・応力の時空間変化を計算し、粘弾性アセノスフェアが、応力蓄積過程ではせん断応力を保持せず流体のように、地震による瞬間的な応力変化時には弾性体として、地震後の応力緩和過程では粘弾性として振る舞う様子をシミュレートした。

本研究では、周波数領域での波数積分法によって、弾性リソスフェア-粘弾性アセノスフェア中の歪みエネルギーの時空間変化を可視化、定量化する。

## 計算手法

フーリエ変換した線形粘弾性構成則と平衡方程式をもとに、ダブルカップル点震源に対する周波数応答を計算し、周波数領域から時間領域へと変換することで、歪み場・応力場の時空間変化を計算する(対応原理 correspondence principle)。水平成層構造を仮定し、波数積分法を利用し計算する。周波数領域で表しているために、弾性波動場(運動方程式)の波数積分法(Zhu et al. 2002 GJI)との結合・拡張が容易に行える利点がある。初期値定理 initial value theorem として、高周波数極限の周波数応答が弾性応答を表し、最終値定理 final value theorem として、低周波数極限の周波数応答が変位・応力場の完全緩和を表す。

## 計算結果

一例として、半無限粘弾性媒質のアセノスフェアの上に弾性層のリソスフェアが載った構造を想定し、ダブルカップル点震源による応力変化と歪みエネルギー密度分布を計算した。初期値定理に基づき、緩和時間(500 yr)に比して十分高周波数(40 yr<sup>-1</sup>)の周波数応答は、弾性媒質を仮定した場合と良く一致することを確認した。また、最終値定理に基づき、十分低周波数(2π/5000 yr<sup>-1</sup>)の周波数応答は、アセノスフェアの剛性率がゼロの場合の応力変化と良く一致することを確認した。

ある背景応力場を仮定して、断層面にかかるトラクションと断層すべり方向が同じ向きの場合を考え、ダブルカップル点震源による歪みエネルギー密度の増減分布を可視化・定量化した。通常、背景応力場に従って断層運動が起こると、断層面で応力が降下し、地殻内の総歪みエネルギーは減少する(e.g., Savage 1969 BSSA)。一方、点震源のシミュレーションでは、断層運動によって地殻内の総歪みエネルギーが増加する。地震発生によって媒質の歪みエネルギー総量が増加することは、非現実的な結果である。この結果は、平均的なすべり方向が背景応力場のトラクションと同じ向きでも、短波長のすべり成分が極端に多ければ歪みエネルギーは増加し得ること(例 Saito & Noda 2019 JpGU)に対応している。点震源の場合、短波長のすべり成分が極端に多く、実効的な応力降下量が初期応力に比べ大きくなるので、Savage (1969)の前提条件が崩れ、歪みエネルギーが増加することになる。