

## 階層アスペリティの地震サイクルシミュレーション — 地震サイズに見合う準備過程の有無

地震のサイズに見合った準備過程の有無は、直前予知の可能性を論じるに当たり決定的に重要な問題である。Ide and Aochi [2005] は、地震破壊を小スケールから大スケールへの **cascade-up** として捉え、一様応力の断層面上に破壊エネルギー（滑り弱化則における  $D_0$ ）を階層的に分布させた動的破壊の数値計算を行い、地震波の初期 **phase** から地震の最終的なサイズを見積もる事ができない事を主張した。また Lapusta and Rice [2003] は深さ方向に構成則パラメータの変化する一次元断層における地震の繰り返しのシミュレーションを行い、地震初期（核形成を含む）のモーメント解放率の時間変化が地震の最終サイズに依らない事を示した。後者では地震のサイズは破壊核形成時の応力・状態変数の分布（即ち、これまでの断層滑りの履歴）で地震のサイズが決まる。これら過去の研究結果は、大地震の直前予知の困難を示唆している。

本研究では、破壊エネルギーが階層的に分布する断層における地震の繰り返しに焦点を当てる。不均質性は速度状態依存摩擦則の特徴的滑り量  $L$  を階層的に分布させる事により導入した。状態変数の時間発展則には **aging law** を用いたため、 $L$  の分布は（地震破壊の初期条件が一様なら）破壊エネルギーの分布と同様である。それ故、本研究で紹介するモデルは Ide and Aochi [2005] を速度状態依存摩擦則へ一般化した物と言える。しかし、震源核形成時にその外側が一様な条件となる事は決して無い。リミットサイクルにすぐに落ち着く単純な場合を除き、単一モデル中で多様な地震が発生する。本発表ではその様な地震発生プロセスの多様性を紹介し、地震発生前の断層の剥がれの進行、核形成から地震発生に伴う断層滑りの加速について論じる。Ide and Aochi [2005] のコンセプトを受け入れた場合、どのような場合に大地震の規模に見合う準備過程が発生するかについて特に議論したい。

脆性・塑性遷移を考慮に入れた断層の構成則と、構造地質学の「断層モデル」の数値モデルによる具体化に向けて

構造地質学においてしばしば「断層モデル」と呼ばれる「断層の変形機構・断層岩の種類・強度の深さ分布に関する概念的理解」の構築は重要な課題の一つである。岩石変形の脆性・塑性遷移を考慮した地殻強度断面（Brace-Geotze strength profile、いわゆる「クリスマスツリー」）は、変形様式、断層の剪断抵抗の速度依存性、大地震の震源と破壊域の下限等を論じる仕事において中心的な役割を果たす[e.g., Scholz 1988]。しかし、天然断層の観察、室内実験の結果と、その解釈としての「断層モデル」には飛躍がある。そのため、例えば最新の岩石摩擦の知見を組み込む、パラメータの影響を定量的に調べる、といった研究は困難であり、そのためには「断層モデル」をモデルとして具体化する必要がある。

脆性・塑性遷移領域は、地震発生過程を論じる上で重要である事は明らかである。野外調査からは mylonite-pseudotachylyte 等、脆性変形と塑性変形の繰り返しの証拠が見つかっており[e.g., Lin et al., 2005]、また地震破壊域以深における断層挙動が観測により明らかになりつつある[e.g., Shelly et al., 2009]。地震断層下部の力学挙動を断層の物質科学的立場から論じるには、脆性・塑性遷移を組み込んだ断層の数値モデルの構築が重要となる。

本発表では岩塩の脆性・塑性遷移領域における摩擦実験を紹介し[Noda and Shimamoto, 2010]、摩擦と流動を繋ぐ速度状態依存摩擦構成則の一例を提案する[Noda and Shimamoto, 2012]。また、この構成則を組み込んだ地震サイクルの数値計算の結果を紹介する。本モデルは Brace-Geotze strength profile を実現し、クリスマスツリーの傘の部分で繰り返し地震が発生するため、過去の「断層モデル」の具体化には成功したと言える。しかし90年代後半以降の岩石摩擦の研究結果（例えば高速摩擦）を組み込んでいないという点では、本モデルにはまだまだ改善の余地がある。最後に、「断層モデル」をより現実的にするためにどのような岩石力学的研究が今後必要だと考えられるか、私見を述べたい。