

数値モデルによる断層の力学的性質の研究

Numerical study of mechanics of earthquakes and faulting

松田 裕也[1], # 岩瀬 康行[2], 五十嵐 裕[3]
Yuya Matsuda[1], # Yasuyuki Iwase[2], Hiroshi Igarashi[3]

[1] 広大・理・地球惑星シス, [2] 防大・地球海洋, [3] 防大・理工研・地球科学

[1] Earth and Planetary Syst. Sci., Hiroshima Univ., [2] Dept. Earth & Ocean Sci., National Defense Acad., [3] Geoscience, National Defense Academy

岩石のすべり実験で観測される現象は地震と良い類似性を示している。岩石のすべり実験で観測される特徴的な運動の性質やその運動の発生条件の研究は地震の理解を深めるのに大変有用である。実験から得られたすべり特徴には、大きく分けて二つのモードがある。一つは応力降下を伴う非常に急激なすべりを発生する不安定すべり(stick-slip 現象)であり、もう一つは応力降下を伴わない安定すべりである。これらのすべりモードは試験機の剛性、温度、圧力、岩石の種類、すべり面の粗さ(破砕物質)、歪速度等に影響される。自然界における不安定すべりは地震に対応し、安定性の遷移は地殻の中での不安定な断層形成を特定する条件を理解するのに重要な意味を持つ。しかし、地球内部で発生するすべりと実験室で観測されるすべりの時間的、空間的スケールの違いを超えてすべり現象を理解する事は依然難しく、さらに実験で得られた特徴も経験的なものが多いので、その力学については未だ十分に理解されていない。その理解の基礎的研究として、本研究では、断層内部に破砕物質を与えた場合の効果に注目し、その内部で起こる現象を個別要素法(Cundall, 1971)を用いた数値シミュレーションにより考察する。個別要素法は粘弾性的な相互作用などの外力が作用した時の各要素の運動を記述する手法であり、要素の並進運動と回転運動を時間発展的に解く事に特徴がある(Matsuda and Iwase, 2002)。

断層と断層間物質との巨視的な相互作用に注目するために単純化した系を用いて断層をモデル化し、その挙動を追跡する。縦横比約 2:6(横:6 m)の 2 次元の箱の中に 71 個のサイズの等しい円盤(半径:0.2 m)を敷き詰め、上壁のみを一定の封圧(1000 Pa)を保つように上下移動させながら、かつ、下壁に平行に横方向に一定速度で 300 秒間移動させる。左右の壁には周期的境界条件を与え、円盤同士、円盤と壁には摩擦と速度に対する粘性を考慮する。本研究では上壁の水平移動速度を 0.06 から 0.6 m/s に変化させて、上壁の移動に対する下壁にかかる剪断応力の変化とその変化に対応する運動の特徴を調べた。

上壁をゆっくりと動かした場合(0.06 m/s の時)、上壁によって与えられる歪エネルギーは接している円盤同士が互いに反対方向に回転する事によって解消される。その事は全要素の回転エネルギーの和が並進の運動エネルギーの総和の 1/2 倍になる事からもわかる。この状態は剪断応力の時間変化がほとんどないので、安定すべりを示していると言える。一方、速く動かした場合(0.6 m/s の時)は剪断応力の時系列はスパイク状となり、これは岩石のすべり実験で見られる様々な大きさの応力解放をする stick-slip 現象のように見える。この時円盤同士の運動は互いの回転を妨げる状態となっており、円盤の運動は並進が卓越する。つまり、回転に対する並進運動のエネルギーの比が小さくなっている(0.1 以下)。そして、この中間の速度ではそれらの運動が交互に繰り返される。この状態のエネルギー比は運動の状態に応じて遷移している。

以上、本研究の結果から、この様に単純化したモデルを用いても実験で見られるような安定すべりと不安定すべり、そして、その中間的な運動を表す事が可能である事を示された。その遷移領域の運動は回転運動と並進運動が複雑に絡み合った現象である事を示唆している。これらの運動を詳細に研究していくことによってすべり現象の一要因である破砕物質の効果がわかるであろう。