

回転型粘性率計を用いたスティックスリップ運動の実験

Stick-slip experiments using a rotating viscometer

東 直矢 [1]; 隅田 育郎 [2]

Naoya Higashi[1]; Ikuro Sumita[2]

[1] 金大・理・地球; [2] 金大・理・地球

[1] Earth Sci. Kanazawa Univ.; [2] Earth Sci., Kanazawa Univ.

はじめに：断層がいつどれだけすべるかを予測することは困難である。その理由の1つとして、断層すべりがスティックスリップと呼ばれる運動をしていることが挙げられる。この運動は摩擦によって歪の蓄積期間 (stick) と急激な解放 (slip) を繰り返す間欠的で不規則な運動である。また、一部の地域では定常的なすべりを示す断層も存在している。このような断層すべりの振る舞いを決めるものとして、断層ガウジと呼ばれる磨耗物質の形状、種類、厚さ、間隙流体の存在、変位速度等のパラメータが考えられている。しかし、断層間の振る舞いの違いがどれに依存しているのかは明らかでない。最近、Anthony and Marone (2005) では、ガラスビーズを用いて、スティックスリップの実験が行われたが、その長時間の統計的な振る舞いを調べるまでには至っていない。そこで本研究では、スティックスリップのパラメータ依存性を理解することを目的として、パラメータを手軽に変えることができ、長時間の時系列データがとれるアナログ装置を用いた実験を行った。

実験方法：用いた装置は回転型粘性率計で、直径 6.5cm のピーカーに入った球状のガラスビーズの中に直径 1.267cm の羽根型スピンドルを 9mm 差し込み、せん断させることにより、不規則なスティックスリップ運動の発生を実現した。粘性率計の内部でモーターが一定速度で回転したときのスピンドルに加わっているトルクの時系列データを測定し、それをパソコンに取り込んで、その解析から運動の特徴づけを行った。可変パラメータとして、ガラスビーズの粒径を (0.2mm から 1.0mm) 変化させて実験を行った。せん断速度は 1 分間に 0.05 回転とし、測定は約 10 回転分を行った。

結果：時系列データでは、スピンドルが止まっているときはトルクがほぼ直線的に増加し、すべると急減するというスティックスリップ運動がよく捉えられている。そのサイズや周期は不規則に見え、全体としては粒径が大きい程、振幅が大きいことが観測できる。また、ビーズの動く領域はスピンドルの周囲 1cm 程度でピーカーの壁際までは届いてないことが実験中に観察できた。

すべり間隔の統計を調べた結果、粒径が大きいほどすべりが起きるまでの時間が長く、1 回のイベントで大きく歪を解放し、歪の蓄積と解放期間の関係が非対称になることが分かった。このことから、粒径が大きいほうがよりスティックスリップ的な性質を示すことが分かった。また、1 つのイベントにおいて、歪蓄積期間とその期間に上昇したトルク値がすべりを全く起さずに蓄積した場合にかかる時間との差 (遅延時間) を計算し、TT 値 (遅延時間/歪蓄積期間) という無次元パラメータを定義し、その特徴を調べた。TT が 0 だと歪蓄積期間中に前駆的すべりを全く起さずに急激なすべりを発生させることを意味するが、実験で用いたどの粒径においても、TT 値が 0 となるようなイベントはほとんど存在しないことが分かった。さらに、粒径が大きいほど、平均の TT 値は小さくなり、前駆的すべりの程度が低いことも分かった。

考察：この実験から得られた結果は、フォースチェーンという考え方を適用するとよく説明できる。チェーンはせん断と共に形成され、接合点が途切れることにより崩壊し、急激なすべりを引き起こす。粒径が大きいことは 1 本のチェーンの接合点が少なくなることと一致する。接合点が少ないことからチェーンの崩壊が起こり難くなるので歪蓄積期間が長くなり、急激に解放するという結果になったと考えられる。

文献：Anthony, J. L. and C. Marone, 2005, J. Geophys. Res., 110, 10.1029/2004JB003399.