

粉粒体を用いた固着滑り - 安定滑り遷移の実験

Experiments on transition from stick-slip to steady-sliding in granular materials

坪田 創^{1*}, 隅田 育郎¹

Hajime Tsubota^{1*}, Ikuro Sumita¹

¹金沢大学 大学院 自然科学研究科

¹Kanazawa University

はじめに:

地震の多くは以前から存在している断層またはプレート境界に沿って生じる固着滑りによって起こる(Scholz,1998)。断層は不規則な固着滑り(地震)から安定滑りに至るまで様々な振る舞いをする事が知られている。このような違いは断層面の摩擦特性に依存すると考えられており、これまで多くの実験が行われてきた(例: Baumberger et al.(1994))。しかしながら、実際の断層間には断層ガウジと呼ばれる破砕物質が存在しており、その力学的特性が要因パラメーターとして注目されている。以上のことから、粒子層を挟む系で摩擦運動について研究することは断層運動を理解するために必要である。粒子層を含む系での摩擦運動の実験も行われている(Nasuno et al.(1998))。しかしながら、ほとんどの実験で粒径依存性については十分に調べられていない。

Higashi and Sumita,(2009)では回転型粘性率計を用いて摩擦運動の粒径依存性について調べた。本研究ではHigashi and Sumita,(2009)よりもバネ定数が一桁大きい回転型粘性率計を使用して、粒子層(ガラスビーズ層)のせん断を行う。本研究では、粉粒体系での固着滑り - 安定滑り遷移の詳細とその条件を調べることに焦点を置く。

実験方法:

回転型粘性率計を用いてガラスビーズ1種類で構成されている粉粒体サンプルを一定のせん断速度でスピンドルが20周するまでせん断する。主な実験パラメーターはせん断速度、ガラスビーズの粒径、スピンドルの半径である。回転型粘性率計にはバネが仕込まれており、その伸びに比例したトルクが測定される。このトルクの時系列データの後ろ10周分を抜き出し、解析した。

実験結果・考察:

滑りのせん断速度・粒径依存性:

時系列データを粒径が一定の場合でせん断速度ごとに比較してみると、せん断速度を大きくしていくと固着滑りから安定滑りに遷移する。また粒径が小さい程、小さいせん断速度で安定滑りに遷移する。固着滑り領域では非周期的なすべりが起き、粒径が大きく、またせん断速度が小さくなるに伴い、応力の振幅が増大する。せん断応力の平均値は粒径が増大するに伴い、大きくなるが、そのせん断速度依存性は不明瞭であった。

歪度による領域分け:

固着滑りの応力時系列データは、固着滑り領域では鋸歯状の変動、安定滑り領域では正弦波的な変動で特徴付けられ、これらは時間微分した応力時系列データの歪度で区別できることが期待できる。時系列データの差分の歪度から、 $s=1$, -0.36 を閾値とし、 $s<-1$ を固着滑り領域、 $-1<s<-0.36$ を遷移領域、 $-0.36<s$ を安定滑り領域とした。これにより固着滑りと安定滑りの遷移を定義することができた。

周波数解析：

周波数解析を行った結果、粒径が小さい場合には、特徴的なスペクトルが検出された。時系列データと比較してみると、周期的な固着滑りに対応していた。現在、周期的な固着滑りが起きる条件を調べている。

引用文献

Baumberger T., F. Heslot, and B. Perrin, Crossover from creep to inertial motion in friction dynamics, *Nature*, 367, 544-546, (1994)

Higashi, N., I. Sumita, Experiments on granular rheology: Effects of particle size and fluid viscosity, *JGR*, doi:10.1029/2008JB005999, (2009)

Nasuno, S., A. Kudrolli, A. Bak, and J. P. Gollub, Time-resolved studies of stick-slip friction in sheared granular layers, *Phys. Rev. E.*, 58, 2161-2171, (1998)

Scholz, C.H., Earthquakes and friction laws, *Nature*, 391,37-42,(1998)

キーワード:粉粒体,摩擦実験,固着滑り,安定滑り,回転型粘性率計

Keywords: granular materials, friction experiments, stick-slip, steady-sliding, rotating viscometer