

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21840022

研究課題名（和文）

断層のD_cを決めるものは何か？～高速度カメラを用いた粉体剪断層可視化による解明～

研究課題名（英文）

What determines the critical slip distance of the fault?

研究代表者

桑野 修（OSAMU KUWANO）

東京大学・地震研究所・特任研究員

研究者番号：30511969

研究成果の概要（和文）：

粉体の摩擦法則に関しては、固体地球科学と統計物理の分野で各々ある限定された速度条件で成り立つとされる法則が知られていた。我々は、両者を含むような実験条件で統一的に実験を行った結果、両者がある特徴的すべり速度で切り替わることを発見した。これは支配的な散逸メカニズムが粒子間摩擦から粒子の非弾性衝突へ切り替わることに対応する。後者の速度強化に関しては粉体の数値実験で発見された摩擦法則と良く一致する。

研究成果の概要（英文）：

The frictional properties of granular matter are important for analyzing various phenomena in geosciences. Here we conduct an experiment on the deformation-rate dependence of the kinetic friction coefficient, which determines the stability of granular flow. By changing the deformation rate over four orders of magnitude, we find the characteristic rate at which the least friction is realized. The result does not depend on the shape of the grains. The least friction is explained in terms of the competition between two very different physical processes, namely frictional healing and anelasticity. We determine the expression of the characteristic rate.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	890,000	267,000	1,157,000
2010年度	410,000	123,000	533,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：実験地震学

科研費の分科・細目：数物系科学・固体地球惑星物理学

キーワード：粉体・摩擦・断層・地震・室内実験

1. 研究開始当初の背景

地震破壊のダイナミクスは断層の強度弱化量と強度弱化に必要なすべり量 D_c によって支配される。これまで地球に対してリアリスティックな物質を用いての実験が行なわれていたが、 D_c を支配する物理が何十年も明らかになっていなかった。

2. 研究の目的

本研究では粉体の性質としての緩和過程の内部構造変化と D_c の関係を明らかにすることで粉体摩擦の D_c を支配する具体的な物理メカニズムを解明する。そのために、緩和過程での断層の内部構造・粒子ダイナミクスを高速度カメラによる可視化と画像解析・粒子追跡により定量化する。具体的には以下の項目を目標とする。

- (1) D_c の速度依存性(速度変化の大きさや比)を低速($\sim 10^{-4} \text{m/s}$)から高速($\sim 1 \text{m/s}$)までの広範囲にわたる速度急変実験により明らかにする。
- (2) 粒子追跡で緩和過程における剪断層内の歪み速度の拡散と粒子の速度ゆらぎを定量化する。
- (3) D_c の速度依存性を粉体内部ダイナミクスの観点から解明する。

3. 研究の方法

本研究では物質依存ではなく粉体であることに起因した、 D_c を支配する普遍的なメカニズムの解明に焦点を当て、あえて単純な球状粒子を用いて実験を行う。

- (1) 回転式摩擦試験機による力学特性の測定。
- (2) 高速度カメラを用いた粉体剪断層可視化。
- (3) 画像解析による粉体ダイナミクス定量化。
- (4) 一定垂直荷重の制御下で非定常状態の測定・観察を実現するための装置改良。

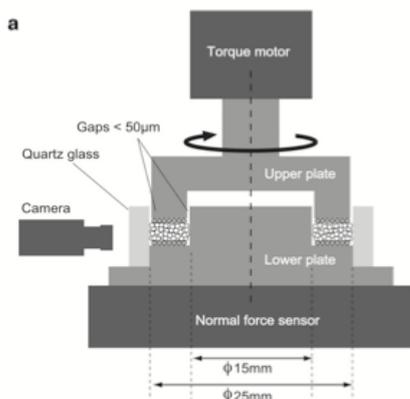


図1 実験装置

4. 研究成果

(1) 粉体の摩擦法則に関しては、固体地球科学と統計物理の分野で各々ある限定された速度条件で成り立つとされる法則が知られていた。固体地球科学分野では速度状態依存摩擦法則が知られており一般的に速度弱化である。統計物理分野では別の経験則が知られており、速度強化を示す。しかし、それらがどうつながるのか(つながらないのか)は、これまで分かっていなかった。今回我々は、両者を含むような実験条件で統一的に実験を行った結果、両者がある特徴的すべり速度で切り替わることを発見した。これは支配的な散逸メカニズムが粒子間摩擦から粒子の非弾性衝突へ切り替わることに対応する。さらに、この特徴的な速度を定量的に見積るための式を導出した。後者の速度強化に関しては粉体の数値シミュレーションで発見された摩擦法則によく一致する。

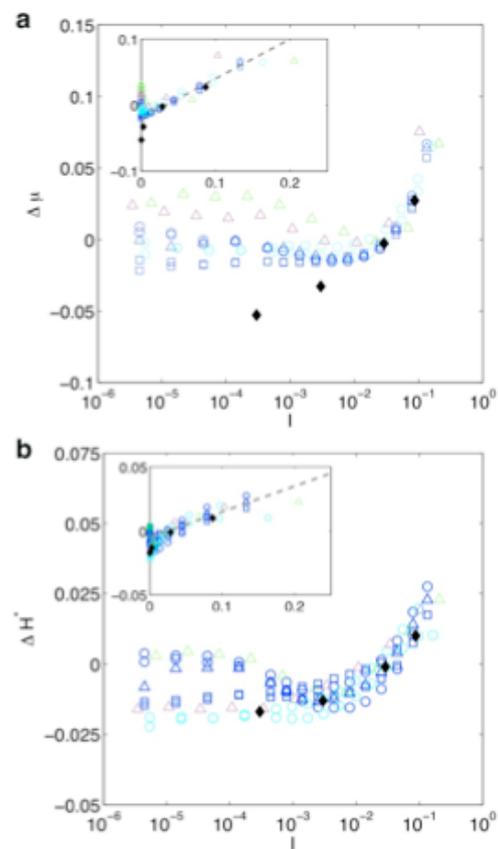


図2 摩擦係数(a)とダイレクション(b)の無次元速度依存性

(2) 高速度カメラを用いた粒子追跡により定常状態での粉体層内部の速度分布を調べた。その結果、すべり速度 0.1mm/s-1m/s の範囲で、粉体層内の速度プロファイルはすべり速度に依存せず同じ形になることを発見した。

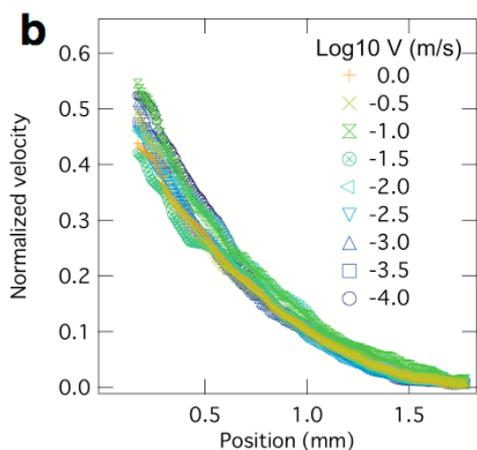
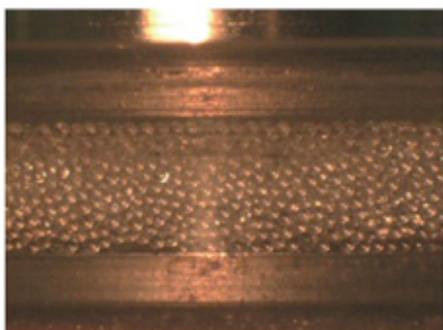


図 3 実際の粉体層の写真と粉体層内部の速度分布

(3) 本研究では速度急変時の過渡的状态における摩擦特性を調べるために、装置の垂直荷重を一定に保つ機構と小型ロードセルを開発した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 5 件)

- (1) O. Kuwano, and T. Hatano, Strengthening of fault at seismic slip rate caused by gouge formation, AGU Fall Meeting, 2010.12.13 (San Francisco CA, USA)
- (2) O. Kuwano, Granular friction in a wide range of shear rate, Franco-Japanese Joint Seminar Deformation, Flow and Rupture of Soft Matter, 2010.7.7 (Ecole Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France)
- (3) O. Kuwano, R. Ando, and T. Hatano, Transition from velocity weakening to strong velocity strengthening friction in dense granular shear experiments, AGU Fall Meeting, 2009.12.18 (San Francisco CA, USA)
- (4) 桑野修, 波多野恭弘, 粉体生成による高速すべり領域での速度弱化摩擦から速度強化摩擦への遷移, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会 2011.5.24 (千葉)
- (5) 桑野修, 安藤亮輔, 波多野恭弘, 粉体層の高速摩擦実験, 日本地震学会 2009 年秋季大会 2009.10.21 (京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桑野 修 (OSAMU KUWANO)
東京大学・地震研究所・特任研究員
研究者番号：30511969