

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月14日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21654068

研究課題名（和文） 地滑りの多様性と法則を小規模室内実験から探る

研究課題名（英文） Exploring the diversity and scaling laws of landslides using small-scale laboratory experiments

研究代表者

隅田 育郎 (SUMITA IKURO)

金沢大学・自然システム学系・准教授

研究者番号：90334747

研究成果の概要（和文）：湿った砂の直方体の柱に水が浸透することにより発生する地滑りの全過程を調べるために室内実験を行った。実験の結果、地滑りは地下水が砂柱を通過した後に起きること、地下水の上昇に伴い、地滑りの回数が0から3まで増加した後、土石流に転じること、地滑りが起きるまでの時間は地下水位で決まる浸透時間でスケールされることが分かった。また地滑りが起きる前に砂柱の底面の圧力が減少するのに対して、側面における圧力が増大することが分かった。これは圧力測定により地滑りが起きる前段階をモニターできることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：We have conducted laboratory experiments in which the ground water percolating into the wet sand triggers the landslides. We find that (1) landslides are triggered after the water percolates through the sand column, (2) as the groundwater level rises, the number of slides increases from 0 to 3, after which the whole sand column is pushed in the form of debris flow, (3) the time until the slide occurs agree well with the pressure diffusion time scale determined by the groundwater level. In addition we find that as the water percolates, the pressure at the bottom of the sand column decreases whereas that at the sides increases, prior to the landslide. This suggests that pressure measurements may be used to monitor the precursory stage of the landslides.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	0	1,900,000
2010年度	600,000	0	600,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	180,000	3,280,000

研究分野：地球惑星ダイナミクス

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：地すべり、地下水、浸透流、湿った砂、圧力、間隙水圧

## 1. 研究開始当初の背景

私達の研究グループでは、地球や惑星において粉粒体が関わるダイナミクスについて実験により研究を進めてきた。その一つの問題として、液体中における粉粒体の崩壊過程

の研究を行った（渋谷・隅田、2008年地球惑星科学連合大会にて発表）。この研究では、オイルとガラスビーズを封入したケースを90度回転させることにより起きる崩壊過程を調べており、崩壊過程のタイムスケール、

崩壊の到達距離が粒径にどのように依存しているかを調べた。しかし、このように90度回転させて、崩壊を起こす初期条件は実際の地滑りを起こすきっかけとしては不自然である。そこで、私達は液体を部分的に含む湿った砂に着目した。湿った砂は強度を持つため、直立した柱をつくることができる。そこで、予備実験として湿った砂の柱の前面から水を浸透させたところ、地滑りが良く再現されることが分かった。実験を観察した結果、新たに地滑りの形状、回数、起きるまでの時間はどのようなパラメータで決まっているかが問題意識として上がった。この問題に答えるためには、パラメータを系統的に変えた実験を行う必要がある、そのためには小規模な実験装置を作成する必要がある。さらに圧力センサー、間隙水圧センサーなどによる予備測定も行い、これらの測定が地滑りの全過程をモニターする上で有効であることも判明した。

## 2. 研究の目的

本研究では、地下水が浸透することにより発生する地滑りの全過程を実験により再現し、地下水位、砂柱の高さと幅を変えた時に起きる地滑りの形状、回数、要する時間の多様性と法則を明らかにすることを目的としている。

## 3. 研究の方法

小型の地滑り実験装置を製作し、これを用いて実験を行う。砂柱の後面は、金網と接しており、水が浸入できるようになっている。また前面からも水が浸入することが可能である。砂柱の底面及び側面に圧力計及び間隙水圧計が配置されている。またレーザー変位計により、砂柱上面の変位が計測できるようになっている。地滑りの全過程は直交する3方向から動画撮影を行う。

## 4. 研究成果

砂柱の後面から水が浸透する実験を行った結果、以下が分かった。

(1) 地滑りは地下水が浸透し、砂柱の前面から水が浸み出した後に起きる。この過程において、砂柱の底面における圧力は減少するのに対して、側面における圧力が増大する。また地下水の浸透に伴い、間隙水圧は上昇する様子が測定された。浸透するために要する時間は、地下水の高さから決まる浸透流の特徴的な速度から求まる時間と整合的であった。

(2) 地下水位の上昇に伴い、地滑りの回数は0から3へと増大した後、砂柱全体が押される土石流へと遷移した。地滑りの回数は、結果的に出来る段差の数と対応している(図

1参照)。

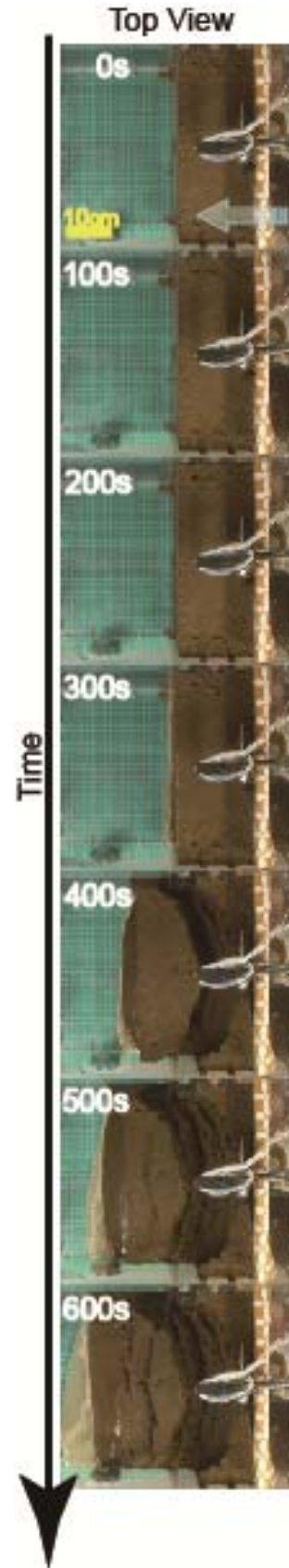


図1：砂柱の高さ20cm、水位5cmの場合の地滑りの全過程を上面から見た様子。地

地下水は右側から浸透する。亀裂が発生して地滑りが起きることが分かる。

また地滑りが起きる時間をレーザー変位計のデータを用いて求めた。地下水の浸透は非線形の拡散方程式で記述できるので、その特徴的な時間を求めたところ、実測値を良く説明することが分かった。

上記の結果は、2009年アメリカ地球物理学連合秋季大会において発表し、高い評価を得ている。

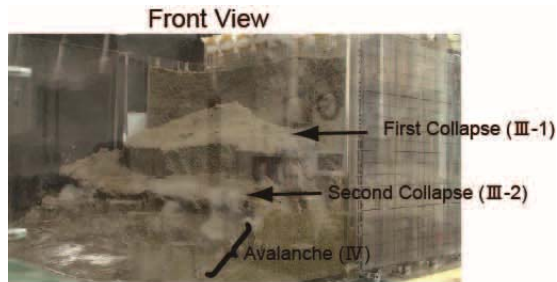


図2：図1で示した実験を前方から見た様子。地滑りが2回起きたことに対応して段差が2つ出来ている。

(3) 地下水が砂柱の前面から浸透する場合についても実験を行った。この場合は、砂柱にノッチ状の浸食が起きた後に、流動化が起き、砂柱が前面に崩壊した。水位を高くすると、水平方向のノッチの切れ込みが深くなり、崩壊の幅が大きくなった。この成果は2010年流体力学会年会で発表した。

(4) 用いた湿った砂の降伏応力を回転型粘性率計に羽根型スピンドルを装着して行った。その際に、湿った砂の中に含まれる水の飽和度を系統的に変えて測定を行った。その結果、飽和度が20-60%の間では、降伏応力が乾いた砂の訳20倍以上になり、飽和に依存しないことが分かった。(1)-(3)の実験は、降伏応力がほぼ一定となる飽和度になる範囲で行った。実際に(3)の実験をSが20-60%の範囲で変えて行ったが、出来る崩壊の幅は変わらなかった。降伏応力の大きさは歪速度に依存している可能性があり、今後それを明らかにするための補足測定を行う。

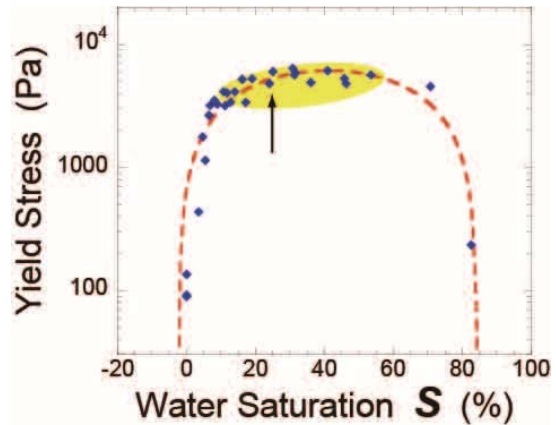


図3：湿った砂の降伏応力の飽和度 (S) 依存性。湿った砂の降伏応力は乾いた砂よりも1桁大きい。Sが20-60%の間では降伏応力はほぼ一定である。

地下水が砂柱の後面から浸透する場合についての実験、解析結果については、現在投稿論文を準備している。

#### 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)

[雑誌論文] (計6件)

① Shibano, Y., Namiki, A., Sumita, I., 2012, Experiments on upward migration of a liquid-rich layer in a granular medium: Implications for a crystalline magma chamber, *Geochem. Geophys. Geosys.*, Q03007, doi:10.1029/2011GC003994 査読有

② Higashi, N. and I. Sumita, 2009, Experiments on granular rheology: effects of particle size and fluid viscosity, *J. Geophys. Res.*, **114**, B04413, doi. 10.1029/2008JB005999 査読有

[学会発表] (計24件)

① Namiki, A. Shibano, Y. Sumita, I. Experiments on Upward Migration of a Liquid-Rich Layer in a Granular Medium: Implications for Slab Fluid, AGU 2011 Fall Meeting, San Francisco, Moscone Convention Center, 2011年12月8日 (USA)

② Takita, H., Sumita, I. The effect of target rheology on impact cratering: case for a wet sand, AGU 2011 Fall Meeting, San

Francisco , Moscone Convention

Center , 2011 年 12 月 7 日 (USA)

③ 瀧田、隅田、衝突クレーターリングにおけるターゲットレオロジーの影響：湿った砂の場合、2011 地球惑星科学連合大会 幕張メッセ国際会議場 2011 年 5 月 25 日 (千葉県)

④ Namiki, A., Shibano, Y., Sumita, I. Experiments on a liquid-rich layer ascent in a granular medium: Implications for slab fluid, First International Symposium on Geofluids, Tokyo Institute of Technology, 2011 年 3 月 17 日～19 日 (東京都)

⑤ 柴野、隅田、部分溶融層におけるメルト上昇のモデル実験、地球惑星科学連合 2010 年大会、幕張メッセ国際会議場、2010 年 5 月 24 日 (千葉県)

⑥ 坪田、隅田、粉粒体を用いた固着滑り - 安定滑り遷移の実験、地球惑星科学連合 2010 年大会、幕張メッセ国際会議場 2010 年 5 月 25 日 (千葉県)

⑦ 隅田、東、坪田、粉粒体の固着すべり実験：パラメータ依存性の精査 (招待講演)、地球惑星科学連合 2010 年大会、幕張メッセ国際会議場 2010 年 5 月 26 日 (千葉県)

⑧ Shibuya, F. Sumita, I., Laboratory experiments of Landslides using a wet granular matter, 2009 AGU Fall meeting, San Francisco, Moscone Convention Center , 2009 年 12 月 17 日 (USA)

⑨ Sumita, I., Higashi, N., Experiments on granular rheology: effects of particle size and fluid viscosity, 2009 AGU Fall meeting, San Francisco, Moscone Convention Center , 2009 年 12 月 17 日 (USA)

⑩ 澁谷、隅田、洪水に起因する崖崩れの実験的研究、日本流体力学会年会 2009、東洋大学 白山キャンパス、2009 年 9 月 3 日 (東京都)

[その他]

ホームページ等

<http://hakusan.s.kanazawa-u.ac.jp/~sumita/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

隅田 育郎 (SUMITA IKURO)

金沢大学・自然システム学系・准教授

研究者番号：90334747