

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340134

研究課題名(和文)海溝型地震の最大規模予測に向けた付加体発達過程での3次元不安定性問題の解明

研究課題名(英文)3D stability problem in accretionary prism formation for maximum size estimation of earthquakes in subduction zone

研究代表者

堀 高峰 (HORI, Takane)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・主任研究員

研究者番号：00359176

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,000,000円、(間接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：1m×1mの砂箱に対してマイクロオーダーの制御と測定を可能とした実験系を構築した。その結果、付加体先端部分の断層に見られた波形構造が抑えられ、直線性の高い断層が形成されるようになった。このことは、この波形構造が、当初想定していたような不安定性によって生じるものではなく、砂の堆積層の初期不整に応じて生じているものであることを意味している。一方で、砂をできるだけ均質に敷き詰め、層厚の厚さを粒径スケールでコントロールしたことによって、フロントスラストが形成される位置とタイミングの再現性が得られた。

研究成果の概要(英文)：We have constructed 1m x 1m sand box experiment in which we can control with micro n-meter order. As a result, wavy shaped frontal thrust disappeared but linear thrusts are formed. This indicates that the wavy shape is not caused by instability but by initial heterogeneity in sand layer. On the other hand, by preparing homogeneous sandlayer with uniform thickness, position and timing of frontal thrust formation become reproducible in each experiment.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：砂箱実験

1. 研究開始当初の背景

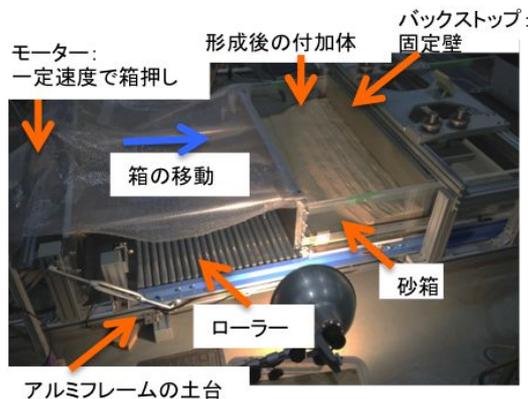
M9 クラスの地震はほぼ例外無く、沈み込み帯の付加体（海底堆積物が沈み込まずに陸側に付加した構造で、十分圧密が進んだ場所では巨大地震の歪みエネルギーが蓄えられる）の発達した場所で発生することが知られている。その付加体が発達する沈み込み帯の海溝軸は、地域ごとにある特徴的な波長をもった波型構造をしている。その波長が、1960年チリ地震をはじめとするM9クラスの震源域では長く、地図上では直線的に見える傾向があることを我々は見いだした。海溝軸は付加体の先端部分であり、その形状は付加体の発達仕方と対応しているので、M9クラスの地震が発生する場所では、何らかの条件によって、1000km近くに渡って付加体が安定して発達できると考えられる。

2. 研究の目的

最終目標である「巨大地震の規模と頻度を予測できるモデルの構築」に向けて、まずは主な巨大地震の発生域である沈み込み帯の付加体発達域を対象として、各地域において発生し得る地震の最大規模とその発生頻度とを予測できるモデルの構築を本研究で目指す。海溝型巨大地震のうち、M9クラスの超巨大地震の発生域は、海溝軸（付加体先端部分）の波型構造の波長が比較的長いことから、海溝型巨大地震の規模と付加体発達仕方に関係があるという仮説のもと、波型構造の波長等の支配要因を明らかにし、その上で、付加体が安定して発達して、長波長構造が作られる条件を見いだすことで、各地域で期待される最大地震規模を予測する。

3. 研究の方法

図1に示す砂箱実験装置を用い、ほぼ一定の層厚の砂を初期状態として用意し、箱を一定速度で移動させつつ、空間に固定したバックストップとよばれるついたてで砂の移動をせき止めることで、そこに付加体に類似した構造が形成される。



アルミフレームの土台
図1 砂箱実験装置の全景(実験終了直後)。

この構造が、層厚や箱の移動速度にどのように依存するか、また初期の砂の供給の仕方にどのように依存するかを明らかにする。

4. 研究成果

実験開始当初は、新たに形成される断層の形状の波形(図2)が、不安定性に起因するものと考えていたが、実験を進めるに従い、砂の層厚

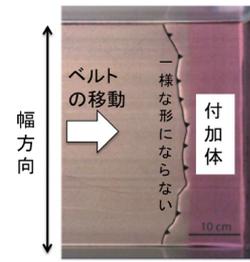


図2 幅の狭い従来の砂箱実験 (Schreurs et al., 2006)

のばらつきや供給する際に生じる砂層の密度不均質等の初期不整が、そのまま現れていることが明らかになった。そのため、砂をより均質に供給するとともに、砂層の厚さを砂粒子レベル(μオーダー)でコントロールできるように、装置の改良を徹底して行った。

まずは、図3のような一定速度で移動するホッパーで砂を供給し、さらにその下でふるいにかけることで、1m×1mの広い砂箱内に、ほぼ一様な密度で砂を供給させることに成功した。



図3 自動移動式ホッパーと篩

さらに、図4のようなスクレイパーを導入することで、砂粒スケールで層厚をコントロールすることに成功した。スクレイパーの高さは、図5のようにマイクロメータによって、数百μ単位で調整できるようになっている。

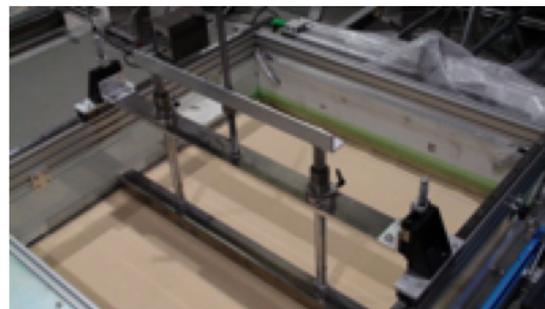


図4 スクレイパーの全景

以上のような砂層準備における工夫を行った結果、新たに断層の入る位置を1-2cm程度の精度で予測することが可能となった。さらに、層厚と砂箱速度を変化させて実験を繰り返し行った結果、断層の入る位置が層厚でスケールされるとともに、タイミングは砂の短縮量を層厚で割ることで規格化できることが明らかになった(図6)。

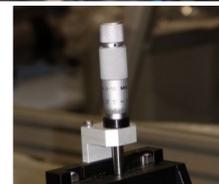


図5 マイクロメータ

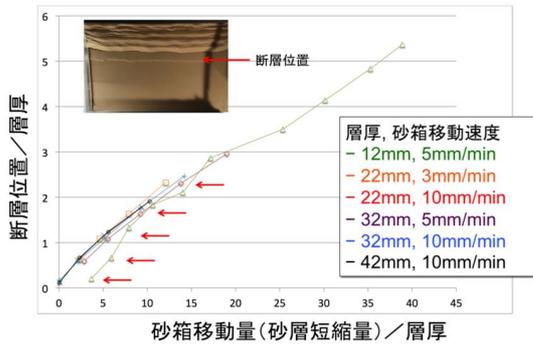


図6 断層形成位置の規則性

このような再現性の高さを実現した成果と同時に、このように均質な砂を準備すると、断層形状は非常に直線的になることが明らかになり、断層形状は当初予想していたような不安定性によるものではなく、初期不整によるものであることも明らかになった。

一方、新たに断層が形成される前に、表面がわずかに隆起しつつ、肉眼で確認できるかどうかのモヤモヤした動きが生じることがわかった。その実態を明らかにするため、高解像度の砂表面観察を行うこととした。ここで、高解像度観察は、見ることのできる領域が限られるため、次にできる断層位置をあらかじめ知っておき、そこを観察できるように装置をセットしておく必要がある。すなわち、前述のような再現性の高い実験が実現できたからこそ、以下に示す観察が可能であったことに注意する必要がある。

砂層の表面での動きは、図7のように高速カメラに拡大レンズをつけ、砂箱と一緒に移動させながら、砂粒1つ1つが解像できる分解能で撮影を連写して行い、画像の相関から表面の動きを定量化した。

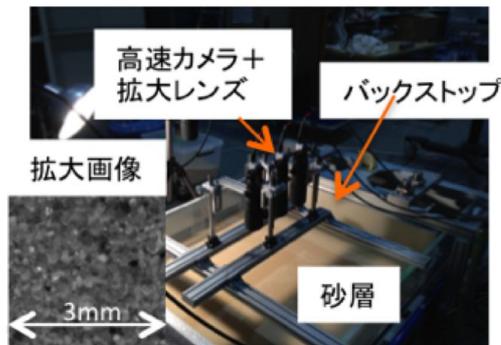


図7 高速カメラ+拡大レンズ
左下は拡大した画像の例

このような高解像度な観察を行うためには、実験装置から生じる様々なノイズを低減する必要がある。実験開始当初は、バックストップの剛性が低かったために、底面の移動に伴って、スティックスリップが生じていた。このようなノイズ源を無くすため、バックストップを剛性が高く、重たいものとし、それを空間に固定する実験系とした(図8)。

さらに、バックストップと底面の隙間を調整し、一定層厚の砂が抜けるようにすることに成功した(図9)。

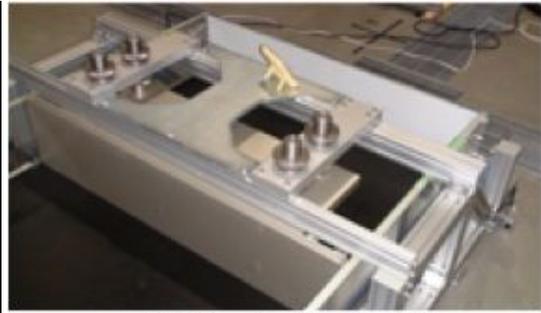


図8 バックストップ

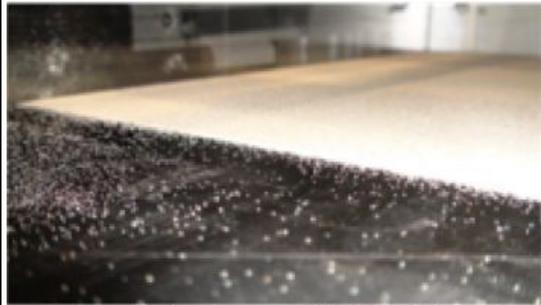


図9 バックストップ下を通り抜けた砂層

以上のように、再現性向上・ノイズ低減を行った上で、高解像度観察を実施した。その結果、隣り合うカメラでほぼ同じ動きのノイズが $10\mu\text{m}$ 以内に抑えられるところまで実現した。その結果、断層運動が生じる直前に、図10に示すような、断層運動とは逆向きの動きが生じる例があることがわかった。これはバックリング前に生じる振動に類似した、断層運動の予兆的な動きである可能性がある。今後、ノイズ低減をさらに進めるとともに、このような動きの再現性を確かめる必要がある。

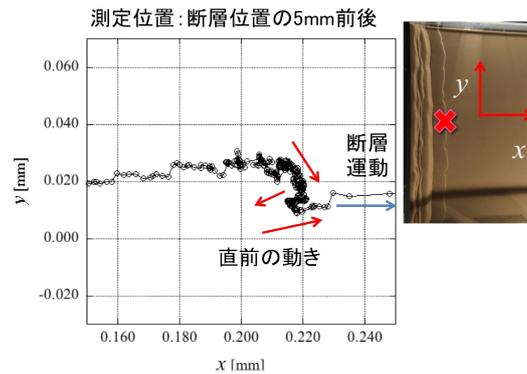


図10 拡大画像の解析例 右は座標の向き

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Hori, T., Sakaguchi, H., Décollement formation mechanism in subduction zones, Geophys. J. Inter., 査読有, 187, 2011, 1089-1100, doi:10.1111/j.1365-246X.2011.05204.x

〔学会発表〕(計2件)

堀 高峰、砂箱実験による沈み込みと付加に伴う3次元的不安定性問題の抽出、日本地球惑星科学連合2012年大会、2012年05月25日、幕張メッセ

堀 高峰、付加体とデコルマ形成の力学過程と巨大地震発生メカニズム、日本地球惑星科学連合2013年大会、2013年05月21日、幕張メッセ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀 高峰 (HORI, Takane)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・主任研究員
研究者番号: 00359176

(2) 研究分担者

阪口 秀 (SAKAGUCHI, Hide)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・プログラムディレクター
研究者番号: 10235145

山田 泰広 (YAMADA, Yasuhiro)
京都大学工学研究科・准教授
研究者番号: 20362444

宮川 歩夢 (MIYAKAWA, Ayumu)
独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・地質地殻活動研究グループ・研究員
研究者番号: 50611191

(3) 連携研究者

西浦 泰介 (NISHIURA, Daisuke)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号: 60509719