

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14583

研究課題名（和文）非一様な応力摩擦場における地震の始まりと終わりの指標化

研究課題名（英文）Rupture initiation and stop under nonuniform stress and friction

研究代表者

浦田 優美（Urata, Yumi）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号：80780452

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：地震断層破壊の開始・停止を支配する物理を明らかにするため、理論的な手法による研究が行われてきた。破壊開始に関する従来の理論では、空間一様な応力・摩擦を仮定しており、自然地震の重要な特徴を表現できていない。また、破壊停止の根本は空間非一様な応力・摩擦だが、既往研究は普遍的な理解のためには不十分である。

本研究では、静的破壊力学に基づき、空間非一様な応力・摩擦下での断層破壊の開始と地震規模の予測に関する指標を得た。また、その指標を想定南海トラフ地震に適用し、想定南海トラフ地震の震源位置と巨大地震発生の可能性について議論した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題では、空間非一様な応力・摩擦下での断層破壊の開始と地震規模の予測に関する指標を得ることができた。これは、破壊の開始・停止の物理に関する基礎的な理解を深化させるものである。また、この指標は、今後、防災減災対策にも有用な、想定地震の震源位置や規模の予測に関する研究を進める上での基礎となりうる。

研究成果の概要（英文）：Theoretical works on rupture initiation have assumed the uniform or axisymmetric shear stress distribution and the uniform friction properties. However, stress and friction distributions are considered to be heterogeneous, and the heterogeneity would contribute to the stopping of ruptures. In this study, we showed that indices for the prediction of rupture initiation and the earthquake magnitude, based on the static fracture mechanics. We applied the indices to anticipated Nankai-trough earthquakes. These results would be useful in the study on the earthquake rupture scenarios.

研究分野：地震学

キーワード：断層 破壊開始 地震規模 非一様応力摩擦場

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

地震断層破壊の開始・停止を支配する物理を明らかにするため、理論的な手法による研究が行われてきた。破壊開始に関する従来の理論では、空間一様または震源距離に依存する応力・摩擦分布を仮定しており（例えば Galis et al. 2015）、自然地震の重要な特徴を表現できていない。破壊停止の根本は空間非一様な応力・摩擦だが、既往研究は普遍的な理解のためには不十分である。

### 2. 研究の目的

本研究では、空間非一様な応力・摩擦下における断層破壊の開始・停止の条件を理論的に解明する。その条件を自然地震発生モデルに適用し、想定南海トラフ地震について巨大地震発生の可能性を明らかにする。

### 3. 研究の方法

従来の一様応力・摩擦下での破壊開始の理論予測（Galis et al. 2015）を、非一様場に拡張する。クラック先端部でのエネルギーの流れに着目し、破壊進展の条件である、（クラックの拡大に伴い解放されるエネルギー  $G$ ） $\geq$ （破壊進展に必要なエネルギー  $G_c$ ）を考える。非一様場における楕円クラックの静的すべり分布を計算し、その静的すべりによるクラック外での応力変化の分布からクラック周囲の  $G$  を数値的に求める。クラックサイズを変化させながらクラック周囲の  $G_c/G$  を計算する。その空間分布を 3 次元動的破壊伝播の数値シミュレーション結果（Urata et al. 2017, IAG-IASPEI 2017）と比較する。動的破壊伝播シミュレーションでは、仮定する初期クラックのサイズが小さい場合には、初期クラックの外ですべりが成長しなかったが、初期クラックのサイズがある程度大きい場合には、初期クラックの外ですべりが成長し、破壊開始位置によって破壊の広がる領域と地震規模が異なった。静的計算に基づく  $G_c/G$  をそれらの動的破壊シミュレーション結果と比較することにより、破壊開始の可否、および地震マグニチュードの予測可能性を議論する。

### 4. 研究成果

楕円クラックの長軸半長  $r_0$  を変化させながらクラック周囲の  $G_c/G$  を計算し、 $G_c/G$  の空間分布を得た（図 1）。その分布を、3 次元動的破壊伝播のシミュレーションで得られた破壊伝播速度と比較した。

まず、 $r_0$  が動的破壊シミュレーションの初期クラックサイズに一致する場合を調べた。動的シミュレーションにおいて、初期クラックサイズがある程度大きく、初期クラックの外ですべりが成長したケースでは、静的計算では楕円の大部分で  $G_c/G < 10$  であった（図 2）。一方、動的シミュレーションにおいて、初期クラックサイズが小さく、初期クラックの外ですべりが成長しなかったケースでは、静的計算では楕円の大部分で  $G_c/G > 10$  であった。このことから、 $\alpha$  を定数として、静的計算において楕円の大部分で  $G_c > \alpha G$  であれば破壊が開始せず、楕円の大部分で  $G_c < \alpha G$  であれば破壊が開始すると予測できる。

次に、 $r_0$ が70kmの場合を調べたところ、静的計算における楕円の大部分で  $G_c > \alpha G$  となるケースでは、動的シミュレーションで地震マグニチュード  $M_w$  が7.5を超え、それ以外のケースでは  $M_w$  は7.5より小さかった。このことから、 $G_c/G$  分布から  $M_w$  が7.5を超えるかどうかを予測できると言える。

最後に、上記で得られた破壊開始と地震規模に関する指標を、想定南海トラフ地震に適用した。準静的応力蓄積計算 (Hashimoto et al., 2017, JpGU-AGU 2017) では、GNSS 観測データとある程度整合的な結果の得られる摩擦構成パラメータ分布が複数組示された。そのため、それらのパラメータ分布を仮定して得られた、南海・東南海領域全体を破壊する地震から150年後の空間非一様な応力場と摩擦構成則を複数組仮定した。それぞれの非一様応力・摩擦場に対し、破壊開始と地震規模の指標を適用し、プレート境界面上の各点から破壊が動的に伝播し始めるために必要な破壊核サイズ、および各点から破壊が始まった場合の地震規模を推定し、破壊核サイズと地震規模の空間分布を得た。本研究の成果は、今後、想定地震の震源位置や規模の予測に関する研究を進める上での基礎となる可能性がある。

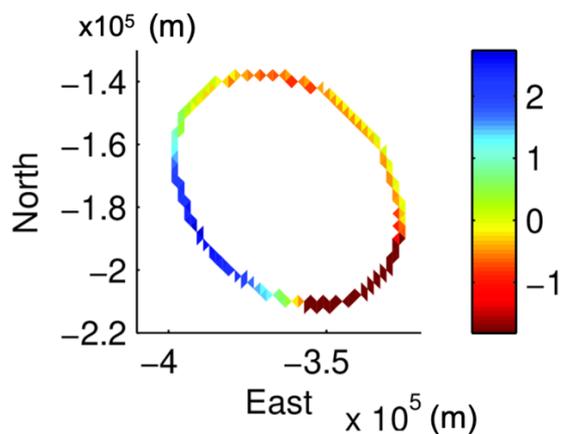


図1. 楕円クラック周囲の  $\log_{10}(G_c/G)$  分布の一例。

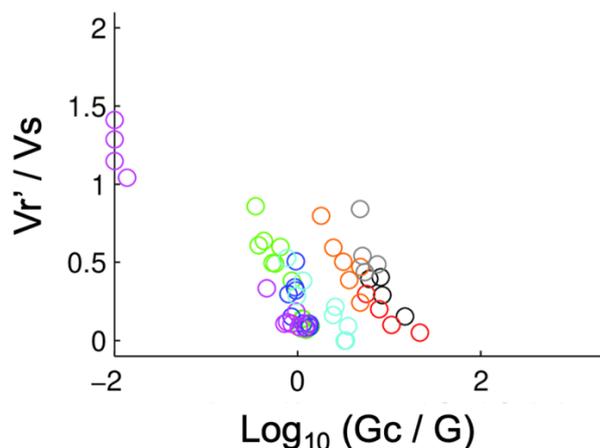


図2. 静的計算に基づく  $\log_{10}(G_c/G)$  と、動的破壊シミュレーションで得られた破壊伝播速度の関係。静的計算における楕円クラックの長軸半長  $r_0$  が、動的破壊計算の初期クラックサイズに一致する場合。動的破壊計算において、初期クラックの外ですべりが成長したケースのみをプロットしている。破壊伝播速度  $V_r'$  は、すべり速度が  $0.01\text{m/s}$  を超える時刻から計算した。丸の色は破壊開始位置の違いを表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yumi Urata, Eiichi Fukuyama, and Chihiro Hashimoto
2. 発表標題 Earthquake magnitude estimation under nonuniform stress and friction
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浦田優美, 福山英一, 橋本千尋
2. 発表標題 非一様応力・摩擦下における地震規模の予測
3. 学会等名 日本地震学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------