

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540442

研究課題名(和文) 固着すべり実験とせん断面の高分解能観察にもとづく断層面の残留応力評価

研究課題名(英文) Evaluation of the residual stress on the fault plane by stick slip experiment and high resolution observation of slip plane

研究代表者 西川 治(NISHIKAWA OSAMU)

秋田大学・工学資源学研究科・講師

研究者番号：90375220

研究成果の概要(和文)：

地震性すべりに伴うラプチャー進展と断層のダメージを評価するために、ガス圧式三軸試験機を用いて人工石英単結晶および天然の石英多結晶体の固着すべり実験を行った。封圧180MPaの実験では、大きな固着すべりが発生し、試料はすべり面から数mm以上の深さまで細かく粉砕した。高い封圧下にもかかわらず、モードIの破壊様式が卓越し、せん断破壊の証拠は認められなかった。このときのラプチャーの進展速度は4km/sec以上でS波速度を超えており、ラプチャー先端から放射された衝撃波が、激しい粉砕現象をひき起こした可能性が示唆される。固着すべり後に断層面近傍に残留する応力を評価するために、EBSD法を用いて回収試料の格子歪解析を試みたところ、歪測定の定量が可能な明瞭な回折パターンが取得できた。

研究成果の概要(英文)：

In order to clarify how rupture propagates and off-fault damages develop during a stick-slip, an experimental study on the stick-slip with a single crystal of synthetic quartz and quartz aggregate naturally formed has been performed. During large stick-slips at high peak stresses, the core samples were intensely pulverized with fragment size down to several ten nm and no shear deformation. The rupture velocities during such intense pulverization were estimated exceeding shear wave velocity. Anomalously high stress, strain and strain rate induced by supersonic wave radiated from rupture front probably caused to intense pulverization.

We also performed residual stress measurement of damaged quartz around shear plane using EBSD patterns, and obtained clear EBSD patterns available for measurement of lattice strain quantitatively.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000円	780,000円	3,380,000円
2009年度	500,000円	150,000円	650,000円
2010年度	300,000円	90,000円	390,000円
年度			
年度			
総計	3,400,000円	1,020,000円	4,420,000円

研究分野：地質学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：地震 断層 ダメージ 固着すべり 粉砕 残留応力

1. 研究開始当初の背景

断層で地震性（固着）すべりが発生したとき、断層面やその周辺の岩盤は大きなダメージを受ける。それらはすべりによるせん断性割れ目や破砕物質の摩耗による細粒物質の形成によって特徴づけられる。一方、サンアンドレアス断層などの巨大な断層帯では、すべり面の周りに広く発達するせん断の証拠を伴わない粉砕岩が報告されている。これらは、S波を超える高速のラプチャー進展による衝撃波によって形成されたという考えがある。固着すべりの大きさやラプチャー進展速度に対する、ダメージの大きさや特徴を明らかにすることは、断層の発達過程や地震の発生履歴を明らかにするために重要である。

2. 研究の目的

代表的地殻物質である石英の高速摩擦すべり実験を行い、地震性すべりにもなう断層面のラプチャー進展の様子を捉えると同時に、断層面付近の岩盤に生じる破砕組織や残留応力などのダメージを評価する。

3. 研究の方法

ガス圧式三軸圧縮試験機を用いて、高封圧下（120-180MPa）で高速摩擦すべり実験を行った。直径2cmの円柱状にくりぬいた人工石英単結晶および天然の石英多結晶を斜めにプレカットし表面を鏡面研磨したものを試料とした。実験では、すべり量、軸応力とラプチャーの進展過程を評価するために試料にひずみゲージを貼り、6ch5MHzでデータのサンプリングをおこなった（図1）。

回収された試料のダメージを評価するために、アモルファス層や破砕組織をマイクロフォーカスX線CTや電子顕微鏡で観察し、すべり面付近の格子ひずみ（残留応力）測定を行った。

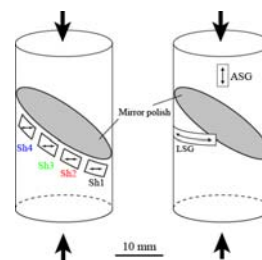


図1 実験試料

4. 研究成果

ガス圧式三軸圧縮試験機を用いた封圧160MPa未満の摩擦すべり実験では、クリープを起こしながら多段階に比較的小さな固着すべりが発生した。試料のすべり面上にメルト層が発達したり粉末状の破砕物が観察された場合もあるが、顕著な破壊は起こらなかった。

一方、封圧180MPaの実験では、軸応力が数百MPaに達したときに大きな固着すべりが発生し（図2）、試料は激しく破壊した。すべり面の周りに貼られた4つのひずみゲージを解析したところ、ラプチャーの伝播速度は、4km/secを超えており、超せん断破壊が発生したことを示した（図3）。すべり面には、薄いメルト層が認められた。単結晶試料の場合は、どの実験でもせん断面から数mm以上の深さまで細かく粉砕し、円柱試料の末端まで到達する割れ目も数条認められた（図4、5左）。しかし、破壊の特徴は、高い封圧条件であるにもかかわらず、コア軸に平行なモードIであり、せん断破壊の証拠は認められなかった。TEMによる破砕物質の観察では、数十 μ m程度の針状一柱状の細粒物質が多数見られた（図5右）。以上のように、本研究によって各地の大規模な横ずれせん断帯で見ついている粉砕岩によく似た破砕構造を実験的に再現しその発達条件を制約することができた。粉砕岩は、衝撃波によって一回の地震イベントでも形成されうると考えられる。固着すべりで断層面近傍に発生する残留応力を評価するために、回収試料に対してEBSDPターン

を利用した格子歪測定法を適用した。封圧 150MPa および 180MPa の実験試料の測定を行い、歪測定が可能な明瞭な E B S D パターンが取得できた。

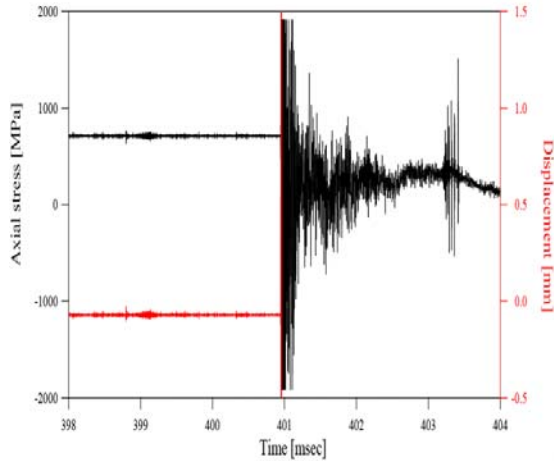


図 2 固着すべり時の軸応力の変化

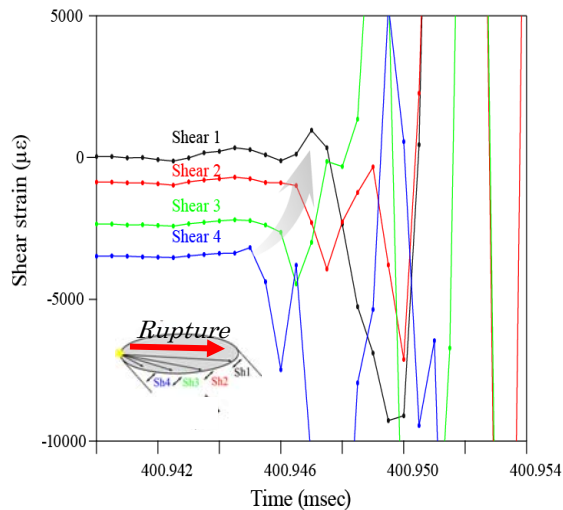


図 3 ラプチャーの伝播をすべり面のまわりに貼った 4 つの歪ゲージで観測



図 4 粉碎した石英単結晶試料

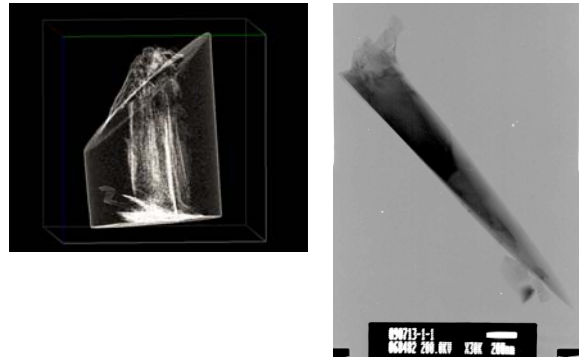


図 5 粉碎した石英試料のMXCT画像 (左) と破砕物のTEM像 (右)

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 1 件)

① Onuma, K.; Muto, J.; Nagahama, H.; Otsuki, K.

Electric potential changes associated with nucleation of stick-slip of simulated gouges.

Tectonophysics 502, 2011, 308-314.

[学会発表] (計 5 件)

① Nishikawa, O., Muto J. and Otsuki, K.

Pulverization of quartz single crystal induced by possible super-shear stick slip.

G-COE symposium 2010: Dynamic Earth and Heterogeneous Structure. July 13-15 2010, Sendai.

② 西川 治 武藤 潤 大槻 憲四郎

摩擦すべりによる人工水晶単結晶の粉碎と超せん断破壊の可能性

地球惑星科学連合 2010 年連合大会

2010 年 5 月 26 日 幕張

③ Nishikawa, O.,

Formation of the vein structure in association with folding in the Pleistocene Kitaura Formation, NE Japan

DRT2009: Deformation, Rheology, Tectonics.

September 6-9, 2009, Liverpool.

④ 西川 治

男鹿半島北岸の更新統北浦層中に発達する脈状構造.

日本地質学会第 116 年学術大会

2009 年 9 月 6 日岡山

⑤ 西川 治・白石建雄・江川佳苗・

吉田昌幸・尾形啓輔・秋田県担当者一同

岩手・宮城内陸地震による秋田県内の被害分布.

日本地質学会第 115 年学術大会

2008 年 9 月 15 日秋田.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西川 治 (NISHIKAWA OSAMU)

秋田大学・工学資源学研究科・講師

研究者番号：90375220

(2) 研究分担者

大槻憲四郎 (OTSUKI KENSHIRO)

東北大学・理学研究科・名誉教授

研究者番号：70004497