

平成25年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)  
(一般共同研究)

1. 課題番号または共同利用コード      2013-G-27

2. 研究課題名 (データベース化のため英訳を加えてください。)

和文：不均質媒質中の地震破壊動力学の理論的・実験的研究

英文：Theoretical and Experimental Study on the Earthquake Rupture Dynamics  
in Heterogeneous Media

3. 研究代表者所属・氏名      東京大学大学院工学系研究科・上西 幸司  
(地震研究所担当教員名)      亀 伸樹

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
上西 幸司	東京大学大学院工学系研究科・准教授	研究の実施
亀 伸樹	東京大学地震研究所・准教授	研究協力

5. 研究計画の概要 (申請書に記載した「研究計画」を800字以内でご記入ください。変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。)

地震発生の物理の本質的理解を通して震災とその軽減の定量的評価を行うことは、学術的にも社会的にも重要かつ緊急の課題である。特に、未解明な点が多い短周期強震動の生成や放射に関わる諸現象についての理解を深化させるためには、地震破壊の動力学の研究を進めることが必要不可欠であると考えられている。本研究では、いわゆる「地震のサイクル」－震源の破壊核生成、断層破壊の伝播、波動放射－における、時間的にも量的にもスケールの全く異なる複雑な物理過程を動力的に系統立って取り扱うことのできる三次元数値解析システムの構築を目指している。まず、断層面で成立すると考えられる、種々の摩擦構成則を用いた地震破壊のモデルそれぞれの「マルチスケール」の枠組みにおける数学的妥当性や、より実効的な構成則の導出などについて、さらなる物理学的な裏付けをもって考察する。摩擦構成則研究の世界的な流れとしては理論的なものがほとんどであり、実験的には動的摩擦特性がほとんど明らかにされていないように思われるので、理論・数値解析と並行して、断層の破壊の動力学を支配する動的な摩擦構成則について、脆性固体試料、高速度デジタルビデオカメラ、非接触レーザ変位計などを用い精密に計測する。マイクロ秒単位で行う観察事実に基づいた考察結果を理論にフィードバックさせることにより、より現実に近く定量的な地震破壊解析モデルを提案でき、断層面におけるすべりの時間・空間的複雑性など、地震破壊に関わる物理現象およびその影響のさらに厳密な評価が将来的に可能になると考えられる。

6. 研究成果の概要 (図を含めて1頁で記入してください。)

キーワード (3~5程度) : 破壊動力学、主き裂、二次き裂

層構造媒質中の断層破壊の力学特性は、断層面とは異なる摩擦特性、強度をもつ層間の界面が存在するため、単一材料媒質における断層破壊の力学特性とは大きく異なりうる。層構造媒質中では、主たる断層破壊は、界面を貫通し隣接する(同種あるいは異種の)層へと伝播、あるいは界面到達時に分岐して界面に沿って伝播しうる。破壊の分岐/貫通に関する解析は通常、二種材料からなる系に存在する界面に対してある角度をなし、先端が界面上に位置する静止した主破壊(主き裂)に対して準静的に行われている。結果として、界面における破壊分岐と貫通の間の力学的な釣り合いを考慮に入れた解析手法により、界面での破壊分岐の条件が、界面を挟む二材料の臨界強さや靱性の比に依存することなどが示されている(例: He and Hutchinson, *Int. J. Solids Struct.*, 1989)。界面における静的な破壊分岐/貫通の他の可能なメカニズムとしては、主破壊先端の前方で先に発生した界面破壊と主破壊が後でつながる、というものがある。例えば、Leguillon ら (*J. Mech. Phys. Solids*, 2000) は、二次元線形弾性媒質内の主破壊先端の前方の界面破壊の発生を研究し、主破壊の成長と界面破壊の進展、主破壊の貫通と界面破壊の進展の関係について準静的解析を行っている。しかしながら、界面における動的な破壊分岐/貫通の詳細はまだ完全には理解されていない。

本研究は、層構造媒質中、界面に対してある角度をなして伝播している主断層破壊の先端部近傍における、動的な破壊分岐と貫通を考慮に入れたマルチスケール地震破壊モデルを提案し、数値的に解析、かつ高速度カメラを用いた動的弾性室内実験で検証することを主たる目的としている。解析は、弾性の単一材料媒質や層構造媒質における発破波動伝播を系統立てて模擬するために我々が開発した有限差分法の技術 (Rossmannith ら, *Fragblast*, 1997; Uenishi and Rossmannith, *Fragblast*, 1998) に基づく。主断層破壊の伝播に伴い発生する波動ならびに界面などの地質学的な不連続部と波の動的な相互作用を観察した結果、先の発破シミュレーションの場合と同様、伝播する断層破壊(移動エネルギー源) 近くの波のパターンは、破壊速度(エネルギー源移動速度)と考えている媒質における実体波の伝播速度の比(マッハ数)に大きく依存することが確認された。なお、研究成果については、平成25年10月に横浜市で開催された「Seismological Society of Japan Fall Meeting」にて発表を行っている。

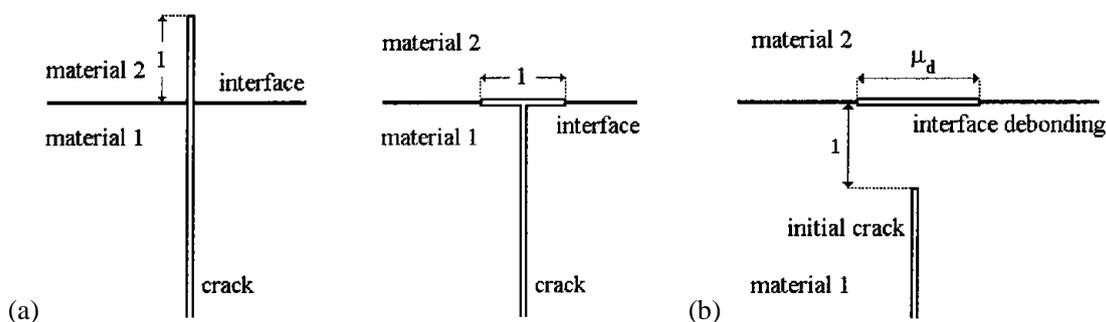


図: (a) 界面に接近する主破壊(主き裂)の貫通と分岐の模式図。(b) 主破壊先端の前方で発生する界面破壊のスケッチ (Leguillon ら, *J. Mech. Phys. Solids*, 2000 を改変)。

7. 研究実績 (論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無)

Uenishi, K.

Dynamic Fracture at or across an Interface in a Stratified Medium Induced by Primary Fault Rupture Propagation

*Proceedings of the 2013 SSJ (Seismological Society of Japan) Fall Meeting* (Yokohama, Japan, 7-9 October 2013), P1-52, Seismological Society of Japan, Tokyo, Japan (謝辞記載有)