

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 2014-G-07

2. 研究課題名 (和文、英文の両方をご記入ください)

和文：不均質媒質における地震破壊伝播の力学メカニズムに関する基礎的研究英文：Fundamental Study on the Mechanics of Seismic Rupture Propagation
in Heterogeneous Media3. 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。)

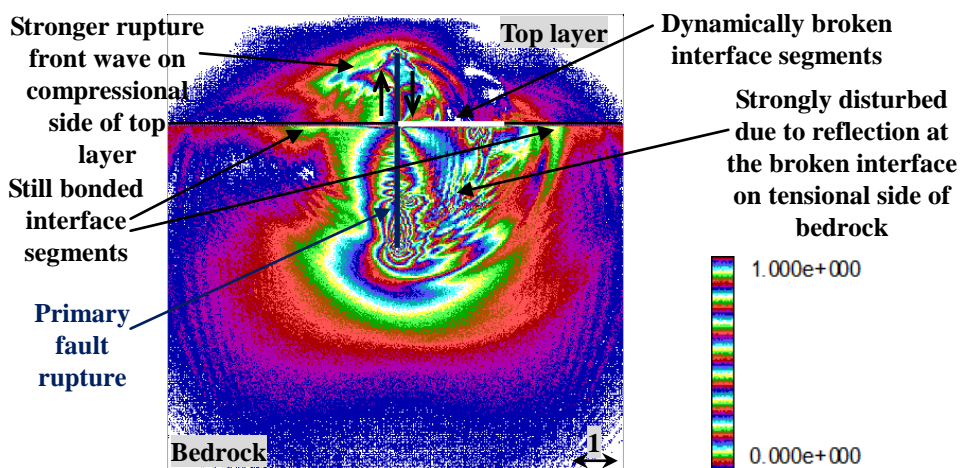
地震破壊伝播の力学メカニズムを本質的に理解し、震災の軽減のための定量的評価をより綿密に行うことが、学術面のみならず社会的、経済的にも切実に求められている。本研究では、震源の破壊核生成、断層破壊の伝播、波動放射という「地震のサイクル」における、時空間的にスケールの大きく異なる物理過程を効率的に扱うことのできる三次元数値解析スキームの開発および室内実験システムの構築を目指している。平成25年度地震研究所「一般共同研究」で実施した同種の課題では、不均質媒質の典型例として層構造媒質における断層破壊のマルチスケール力学特性を解析し、工学系の「複合材料」の破壊に関する知識も取り入れた上で、層間の不連続面(界面)の影響を均質な媒質における断層破壊と比較しながら考察している。結果として、例えば、主たる断層面と層群が角度をなす層構造媒質では、主たる破壊の先端が界面に近づく際、隣接する層内に破壊が進展する場合(貫通)と界面で破壊が「捕捉」され層間の破壊(剥離)が誘起されて隣接する層内には破壊が進まない場合(分岐)の二破壊パターンが存在しうることを示している。平成26年度においても、地震サイクルに対する時間、空間的マルチスケール複雑性の影響を動力学的に解析する計算システムの開発ならびに理論を裏付ける室内実験を実施する装置の構築を進め、未知の点が多い、不均質媒質の破壊に伴う短周期強震動の生成や放射に関わる諸現象などについての理解を深化させる。特に、主たる断層面やその近傍の層間不連続面における破壊や波動の伝播に関する考察を深める。研究代表者が所持する高速度デジタルビデオカメラ、動的光弾性装置などを用いてマイクロ秒単位で行う応用力学的な観察結果と理論を組み合わせれば、断層面、界面における破壊の時空間的複雑性や地震破壊による強震動生成、放射機構およびその影響のさらに厳密な評価が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

本課題に関わる一連の研究では、層構造媒質中の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の動的な特徴について、破壊分岐と貫通を考慮に入れた数値計算と光弾性実験手法により究明することを主たる目的としている。これまでに、例えば、主断層破壊の伝播に伴う波動と界面などの地質学的な不連続部の動的な相互作用を可視化し、層構造媒質では、マッハ数(破壊伝播速度と対象の媒質における実体波の伝播速度の比)のみならず、音響インピーダンス比も波動と破壊の干渉パターンに極めて重要な影響を及ぼすことが自主開発の有限差分法技術により示されている。

本研究では、引き続き、主縦ずれ断層の破壊により誘起される界面破壊の数値解析と脆性材料を用いた動的破壊実験を進め、幾何学的に(反)対称であるモデルにおいても、波動と破壊の干渉パターンならびに界面(分岐)破壊の進展が非対称になる、という重要な結果を得た(図)。例えば、界面に引張破壊基準を導入すれば、たとえ初期圧縮応力が界面に作用していても、主断層破壊により大きな動的引張応力が発生する部分(主に図の主断層面右側)では分岐破壊が生じうるが、動的にも圧縮応力が作用する図の主断層面左側の界面は壊れない。この場合、界面下部の岩盤においては、主断層破壊により誘起された波(rupture front wave)が破壊された界面で反射される主断層面右側の動的擾乱が大きくなる。一方、界面上部の層では、界面がまだ固着している主断層面左側部において rupture front wave が界面で反射されず透過されてくるので、左側部の応力(揺れ)が比較的大きくなる。すなわち、縦ずれ断層破壊においては、地表面に対して垂直で幾何学的に(反)対称な断層面の場合でさえ、地表面での地震動に非対称性が生じることがわかった。なお、研究成果については、平成26年11月に新潟市で開催された「Seismological Society of Japan Fall Meeting」にて発表を行っている。



図：水平二層構造媒質中を鉛直方向に伝播する主断層破壊に関する典型的な動的波動場(無次元化された面内最大せん断応力の等値線図)。主破壊先端の伝播速度 c は、下部岩盤中では垂音速、より軟弱な上部層では超せん断の領域にある ($M_{S1} \equiv c/c_{S1} = 0.8$; $M_{S2} \equiv c/c_{S2} = 1.6$: 本線形弾性解析の枠組みでは、一般性を失うことなく岩盤のP波速度を1と置くことができ、岩盤S波速度を c_{S1} 、上部層の厚さを2.5、S波速度を $c_{S2} = c_{S1}/2$ 、二層共にポアソン比を0.25としている)。設定した問題は幾何学的に(反)対称であるが、二層の界面への引張破壊基準の導入により、動的波動場は非対称になる (Uenishi, SSJ Fall Meeting, 2014)。

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 in a Layered Medium Induced by Primary Dip-Slip Fault Rupture: Broken (Anti-)Symmetry
Proceedings of the 2014 SSJ (Seismological Society of Japan) Fall Meeting (Niigata, Japan, 24-26 November
2013), S08-P02, Seismological Society of Japan, Tokyo, Japan（謝辞記載有）