

研究種目： 基盤研究(C)

研究期間： 2007~2010

課題番号： 19540450

研究課題名(和文) 地中断層の微細構造と地震の動的破壊に関する研究

研究課題名(英文) Detailed Fault Structure and Earthquake Rupture Dynamics

研究代表者

福山 英一 (FUKUYAMA EIICHI)

独立行政法人 防災科学技術研究所・地震研究部・総括主任研究員

研究者番号： 60360369

研究代表者の専門分野： 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： 地震現象

### 1. 研究計画の概要

地震破壊がどのように成長し、どのように伝播し、どのように停止するのかは、断層の形状、断層に働く応力場、それに、断層面の性質で規定される。現実の微細な断層構造を測定する事がきわめて困難である事から、地震の動的破壊の研究に、断層の微細構造のデータはあまり用いられてこなかった。一方、断層の地質学的調査から、巨大地震であってもたかだか幅 1 センチ以内の非常に狭い厚さの領域において断層破壊が生じている事が明らかになっており、巨大地震の破壊過程の物理を考える際、マクロなスケールのみに基づいた議論では、幅 1 センチの内部で生じている現象を見落とす可能性がある。本研究は、断層の微細構造が、地震の動的破壊伝播にどのような影響を及ぼすかを調べることを主目的とする。断層のミクロな構造が、マクロな地震破壊伝播にどのような影響を及ぼすかを、実際に存在する断層構造を用いて数値シミュレーション手法によって調べる。実際に存在する断層を考慮した破壊を計算機上で再現する事により、これまでの単純な断層構造に基づいた地震破壊モデルを、より現実的なモデルへと高度化する事ができる。断層の微細構造(ミクロな構造)が、断層破壊(マクロな破壊)にどのような影響を及ぼすかを調べ、断層破壊のミクロな側面とマクロな側面がどのように結びついているかを理解することを目指す。

本研究では、1) 工業用 CT スキャナを利用して、より詳細な断層の 3 次元構造を求め、2) 推定した断層構造をもとに断層の動的破壊伝播モデルを構築する。さらに、3) 構築した断層破壊伝播モデルをもとに、断層の微

細構造が破壊の進展にどのような影響を及ぼしているのかを調べ、実際の大地震との関係を調査する。

### 2. 研究の進捗状況

跡津川断層掘削によって得られた断層コアサンプルの CT 画像から、3 次元的断層モデルの構築を行った。コアをスライスした CT 画像(2 次元断面)から断層線を特定し、その線を隣り合うスライスごとに 3 次元的につなげていくことで、3 次元断層モデルを構築した。断層面は、ほぼ並行した 2 枚の面から成り、それをつなぐように、小断層群が発達している構造を呈していた。この 3 次元断層構造を抽出し、境界積分方程式法による動的破壊伝播のシミュレーションを行った。2 枚の断層が同時にすべることが可能な応力場を設定し、破壊伝播における小断層群の影響を調べた。小断層群が存在することにより、断層は、よりスムーズに伝播することがわかったが、小断層群なしでも 2 枚の断層上を破壊伝播する。2 枚の断層にはさまれて存在する小断層群は、破壊伝播の過程において生成された断層である可能性があることがわかった。

2008 年に中国四川省で発生した Wenchuang 大地震の初期破壊部分は、跡津川断層コアサンプルから得られた断層構造とスケールこそ違うものの、形状が酷似していることがわかった。そこで、コアサンプルから得られた断層破壊モデルで得られた知見を生かし、Wenchuang 地震の発生モデルの構築を行った。この地震は、断層近傍において地震記録が得られているため、どの断層がどのタイミングですべったかが、観測デー

タから押えられる。その結果、2枚の並行な逆断層は、ほぼ同時にすべっていることがわかった。今後、このすべりモデルに基づき、動的破壊伝播モデルを構築していく予定である。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

当初計画の「1) 3次元断層モデルの構築」および「2) 動的破壊伝播モデルの構築」は、平成19、20年度で終了し、平成21年度はその成果をもとに、断層構造が酷似している2008年 Wenchuang 地震の断層モデル構築を行っている。ほぼ、当初の目的を達成していると言える。

### 4. 今後の研究の推進方策

最終年度の平成22年度においては、断層の微細構造を考慮した Wenchuang 地震の動的破壊伝播モデルを構築する予定である。ここで、ミクロな構造とマクロな構造の違いがより詳細に議論できるものと考えられる。

### 5. 代表的な研究成果

(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4件)

Fukuyama, E. and Mizoguchi, K., 2010, Constitutive parameters for earthquake rupture dynamics based on high-velocity friction tests with variable sliprate, *International Journal of Fracture*, 10.1007/s10704-009-9417-5 (査読あり).

福山英一, 2009, 地震の動的破壊パラメータ, 地震第2輯, 61, S309-S314 (査読あり).

Tinti, E., Cocco, M., Fukuyama, E. and Piatanesi, A., 2009, Dependence of slip-weakening distance ( $D_c$ ) on final slip during dynamic rupture of earthquakes, *Geophysical Journal International*, 177, 1205-1220 (査読あり).

Fukuyama, E. and Mikumo, T., 2007, Slip-weakening distance estimated at near-fault stations, *Geophysical Research Letters*, 34, L09302-10.1029/2006GL029203 (査読あり).

[学会発表] (計12件)

Fukuyama, E., 2009, A possible coseismic rupture on conjugate faults, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, CA, USA, Dec. 16, S33C-03.

Fukuyama, E. and Mizoguchi, K., 2009, Earthquake dynamic rupture from high slip

velocity laboratory experiments, French-Japanese Workshop on Earthquake Source, Orlean, France, Oct. 07, 51-52.

Fukuyama, E. and Mizoguchi, K., 2009, Constitutive parameters for earthquake rupture dynamics, IUTAM Symposium: Dynamic Fracture and Fragmentation, Austin, TX, USA, Mar. 03, 37.

Fukuyama, E. and Mizoguchi, K., 2008, Estimation of fracture energy in the laboratory, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, CA, USA, Dec. 18, S44A-05.

Fukuyama, E. and Mikumo, T., 2007, Slip-weakening distance at near fault stations, American Geophysical Union Joint Assembly, Acapulco, Mexico, May 24, S43A-02.

[図書] (計3件)

Fukuyama, E., 2009, Introduction: Fault-Zone Properties and Earthquake Rupture Dynamics, In: *Fault-Zone Properties and Earthquake Rupture Dynamics*, Ed. E. Fukuyama, 1-13, Elsevier, Academic Press, Boston.

Fukuyama, E., 2009, Dynamic rupture propagation of the 1995 Kobe earthquake, In: *Fault-Zone Properties and Earthquake Rupture Dynamics*, Ed. E. Fukuyama, 269-283, Elsevier-Academic Press, Boston.

Fukuyama, E., 2007, Fault structure, stress, friction and rupture dynamics of earthquakes, *Advances in Earth Sciences: From Earthquakes to Global Warming*, Ed. P. R. Sammonds and J. M. T. Thompson, 109-132, Imperial College Press, London.