

3. 4. 5 震源断層モデル等の構築に関する共同研究

3. 4. 5. 1 地震の破壊成長とスケーリング

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

スケールの大きく異なる地震の動的・非動的成長をデータ解析と理論モデルで理解し、地震の発生・成長・強震動生成の各過程を予測するために重要な要素を明らかにする。

(b) 平成 19 年度業務目的

地震の複雑さを解明するための手法（インバージョン法、動的破壊数値計算法）における問題点の整頓、計算コードの開発および各種地震データの収集と予備解析を実施する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学大学院理学系研究科	講師	井出哲	

(2) 平成 19 年度の成果

(a) 業務の要約

マルチスケール断層すべりインバージョン法の最初の適用例である 2004 年中越地震についての問題点を整理し結果を出版した¹⁾。また同手法の紹介と議論のために IUGG 2007 に参加した（Uchide and Ide, IUGG, 2007）。また数値計算によって断層面の複雑性と動的破壊を関連付ける方法についての研究例を出版した²⁾。100 秒程度のゆっくり地震の発見について米国地球物理学会において発表、議論を行った（Ide et al., AGU, 2007）。その他次年度以降の研究に必要な地震波データ（パークフィールド地震、西日本のゆっくり地震、南アフリカ金鉱山微小地震など）を収集、予備解析を行った。

(b) 業務の成果

マルチスケール断層すべりインバージョン法はある程度出来上がっていたが、手法の妥当性を裏付けるシミュレーション結果などが不足していた。そこで理論的モデルから計算される地震波を用いたシミュレーションを実行し、裏付けることで JGR 誌での受理、出版に結びつけることができた¹⁾。また同内容を IUGG 2007 で発表したところ海外研究者からも評価され、今後の応用研究が期待される。断層面の複雑さを動的破壊過程の複雑さに結びつける研究においては破壊エネルギーの計算をどのように行うかが問題であった。数値計算コードを改良することで破壊エネルギーを正しく計算できるようにし、地震波エネルギーと破壊エネルギーの分配について議論できるようになった。図 1 に 2 次元断層面上を複雑な破壊がはじまり、小さいスケール（SCALE 1）から最終的なスケール（SCALE 9）まで進展していく様子を表示している。断層面の複雑さを変えることで破壊進展の様子も変化する。この研究は EPS 誌に出版され²⁾、これまでに海外からの問い合わせも数件ある。また、地震データの収集、予備解析の過程で紀伊半島における 100 秒程度のゆっくり

り地震を発見した。図2はスペクトログラムと地震波形の比較である。これまで注目されていなかった100秒前後の帯域（赤い波形）にも短周期の微動（黒い波形）及び低周波波動（青い波形）と同様な地震波が観測されることを示している。この内容を米国地球物理学学会において発表したところ反響が大きかった。

(c) 結論ならびに今後の課題

すでに部分的に研究が進んでいた断層すべりインバージョン法と動的破壊数値計算法について問題点を整理してまとめることができた。これらは順次他のケースに適用可能であり、それを次年度以降の課題とする。また100秒程度のゆっくり地震については本年度は発見とその確認が主だったので今後性質の分析などを進める予定である。

(d) 引用文献

- 1) Uchide, T., and S. Ide: Development of multiscale slip inversion method and its application to the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake, *Journal of Geophysical Research*, 112, B06313, doi:10.1029/2006JB004528, 2007.
- 2) Ide, S.: Dynamic rupture propagation on a 2D fault with fractal frictional properties, *Earth Planets Space*, 59 (10) , 1099-1109, 2007.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
Development of Multiscale Slip Inversion Method and Its Application to the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake (口頭)	Uchide, T., and S. Ide	IUGG 2007 (イタリア、ペルージャ)	平成19年7月	国外
Slow earthquakes with duration of about 100 s suggested by the scaling law (口頭)	Ide, S., K. Imanishi, and Y. Yoshida	AGU Fall Meeting (サンフランシスコ)	平成19年12月	国外

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文	発表者氏名	発表場所	発表時期	国内・外の別
Development of multiscale slip	Uchide, T., and	<i>Journal of Geophysical</i>	平成19年6月	国外

inversion method and its application to the 2004 mid-Niigata Prefecture earthquake	S. Ide	<i>Research</i>		
Dynamic rupture propagation on a 2D fault with fractal frictional properties	Ide, S.	<i>Earth Planets Space</i>	平成19年10月	国内

マスコミ等における報道・掲載

なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 20 年度業務計画案

19 年度に開発したマルチスケール断層すべりインバージョン法を他の地震に適用する。現在データの整理と予備解析が終了している 2004 年パークフィールド地震について本解析から最終的な結果の整頓、出版までを行う予定である。19 年度に同じく予備解析が終わっている南アフリカの金鉱山のデータについては初期地震波の卓越周期と最終的なサイズの比較を行い、年度内のまとめと出版を計画する。断層面の不均質性と動的破壊過程の関連を調べる研究では応力の蓄積過程を取り入れ、地震が繰り返し発生するシミュレーションへと発展させる。

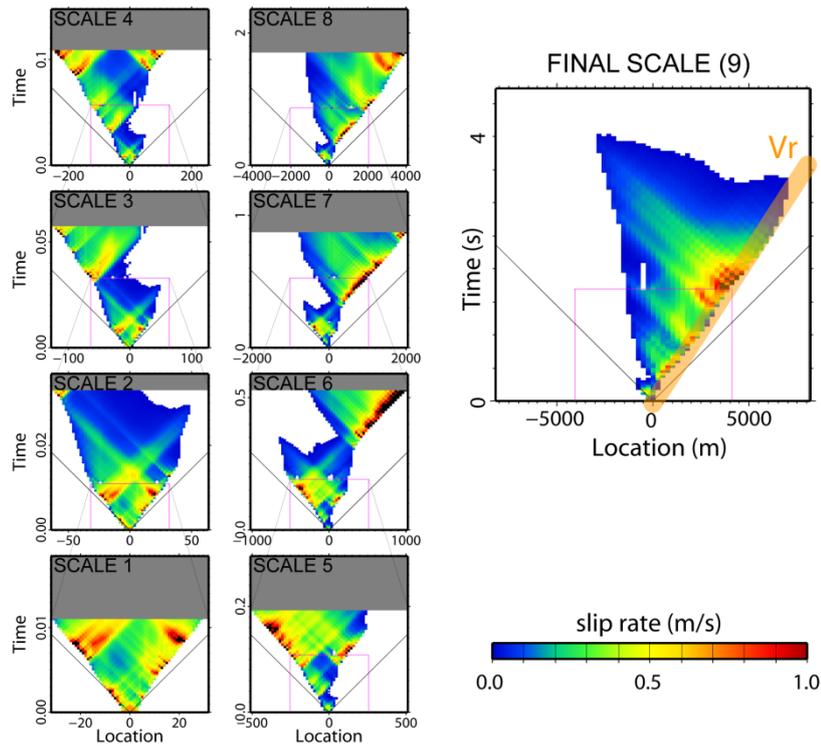


図 1. 2次元断層面上での破壊の伝播の様子。すべり速度の時間空間分布を示している。SCALE 1 から 9 へと繰り返り込みによって計算をつなげていることで 100 倍以上の長さスケール変化を計算できている (Ide, EPS, 2007 より)。

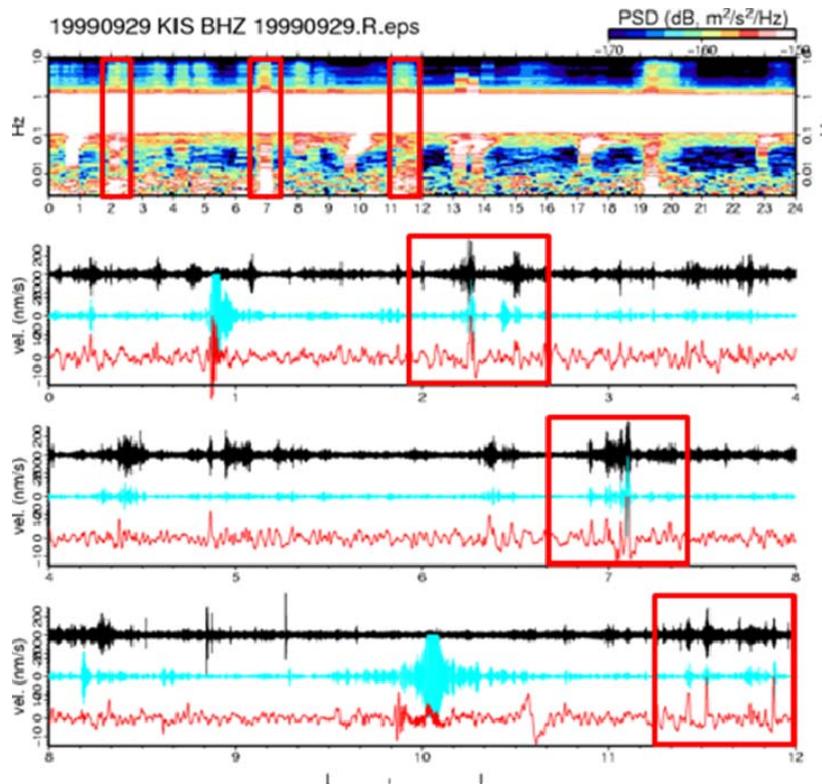


図 2. 紀伊半島の広帯域地震観測点における上下動の速度波形 (下、各段 4 時間ごと) およびそのスペクトログラム (上、一日分)。波形は高周波 (2-8 Hz、黒)、低周波 (20-50 s、青)、さらに低周波 (50-200 s) において表示している。赤で囲った部分に特に顕著な信号が見える。