

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 20 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）の適用例の追加。断層不均質が初期破壊と最終サイズの関係に及ぼす効果の検討。地震サイクルシミュレーション実施。

(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	准教授	井出哲	

(2) 平成 20 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の 2 例目の適用例として 2004 年パークフィールド地震の破壊過程を求め、論文として出版した¹⁾。南アフリカ金鉱山の地震について、初期破壊と最終サイズの間を調べ、論文として出版²⁾、丁度南アフリカで開催された IASPEI にて成果発表、議論した。不均質を取り入れた地震サイクルシミュレーションを実施し、論文として出版した³⁾。その他次年度以降の研究のための動的破壊計算手法の計算コード開発なども行った。

(b) 業務の成果

ほぼ手法として確立したマルチスケール断層すべりインバージョン法を 2004 年パークフィールド地震に適用した。異なる観測ネットワークのデータを統一的に整頓し、3 つの異なる階層から成るすべりモデルを構築した（図 1）。破壊開始直後から複雑な破壊過程が観察されるものの、最終サイズ付近ではすべり速度が小さくなる点は、前に解析した 2004 年新潟県中越地震と異なっていた。この成果はすでに ASC で学会発表し、GRL 誌に投稿・出版した。同様に初期破壊過程と最終サイズの間を南アフリカ金鉱山の地震波形と、マルチスケール震源モデルの理論波形を用いて議論した。初期破壊における卓越周波数と最終サイズの間が既往の研究通りに求められた（図 2）が、それは解析手法に依存するものであり、物理的意味はないことが明らかになった。地震破壊過程の予測可能性という観点からはやや残念な結果であるが、予測可能性の定量化には役立つ知見である。これも BSSA 誌に出版するとともに、丁度南アフリカ共和国ケープタウンで開催された IASPEI 2009 で発表・議論することができた。一方これまで使用してきたマルチスケール断層破壊モデルには広域応力場の発展による地震活動変化という観点が欠けていた。広域応力の蓄

積に伴って自発的に進展するシステムとしてマルチスケール断層破壊モデルを再構築した。実際には破壊には人為的な開始が必要となるのでワイブル分布を仮定した地震発生プロセスを導入することでマルチスケールな破壊エネルギー分布を持つ断層の時間発展を求めることができた。断層面上の破壊エネルギー分布のパターンによって地震の起こり方がある程度予測できることを示した。この成果はすでに J G R 誌に受理されており、現在印刷待ちである。

(c) 結論ならびに今後の課題

新しい断層すべりインバージョンの結果を提出したり、マルチスケール断層破壊モデルを改良したり、一定の成果を上げることができた。但し過去 2 例のマルチスケール断層すべりインバージョンの結果には共通点と相違点がある。この理由を検討するとともに今後も研究例を増やす必要がある。今回マルチスケール断層破壊モデルに時間発展を取り入れることができたが、摩擦法則や破壊開始条件には検討の余地があり、今後改良を検討している。これらの結果から初期破壊と最終サイズの関係性を再検討することも予定している。

(d) 引用文献

- 1) Uchide, T., S. Ide, and G. C. Beroza, Dynamic high-speed rupture from the onset of the 2004 Parkfield, California, earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L04307, doi:10.1029/2008GL036824, 2009.
- 2) Yamada, T., and S. Ide, Limitation of the Predominant-Period Estimator for Earthquake Early Warning and the Initial Rupture of Earthquakes, *Bulletin of Seismological Society of America*, 98, 2739-2745, 2008.
- 3) Aochi, H. and S. Ide, Complexity in earthquake sequences controlled by multiscale heterogeneity in fault fracture energy, *Journal of Geophysical Research*, in press, 2009.

(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	国際・国内の別
Initial Rupture of Earthquake and the Predominant-Period Estimator for Earthquake Early Warning (口頭)	Uchide, T., S. Ide	IASPEI 2009 (南アフリカ、ケープタウン)	平成21年1月	国際
Self-similarity and its breakdown of rupture growth of earthquakes	Uchide, T., S. Ide	7th General Assembly of ASC (つくば市)	平成20年10月	国際

in Parkfield region (口頭)				
--------------------------	--	--	--	--

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	国際・国内の別
Dynamic high-speed rupture from the onset of the 2004 Parkfield, California, earthquake	Uchide, T., S. Ide, and G. C. Beroza,	Geophysical Research Letters	平成21年2月	国際
Limitation of the Predominant-Period Estimator for Earthquake Early Warning and the Initial Rupture of Earthquakes	Yamada, T., and Ide, S.	Bulletin of Seismological Society of America	平成20年12月	国際
Complexity in earthquake sequences controlled by multiscale heterogeneity in fault fracture energy	Aochi, H. and S. Ide	Journal of Geophysical Research	In press	国際

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21年度業務計画案

マルチスケール断層すべりインバージョン法の適用例を増やすとともに、より小さい地震の破壊過程と大地震の始まりとを比較する。特にパークフィールド地域について研究を進める。マルチスケール断層破壊モデルの摩擦法則を変更する可能性を追求するとともに、今まで検討できていない断層面外への破壊進展をモデル化する手法を開発する。

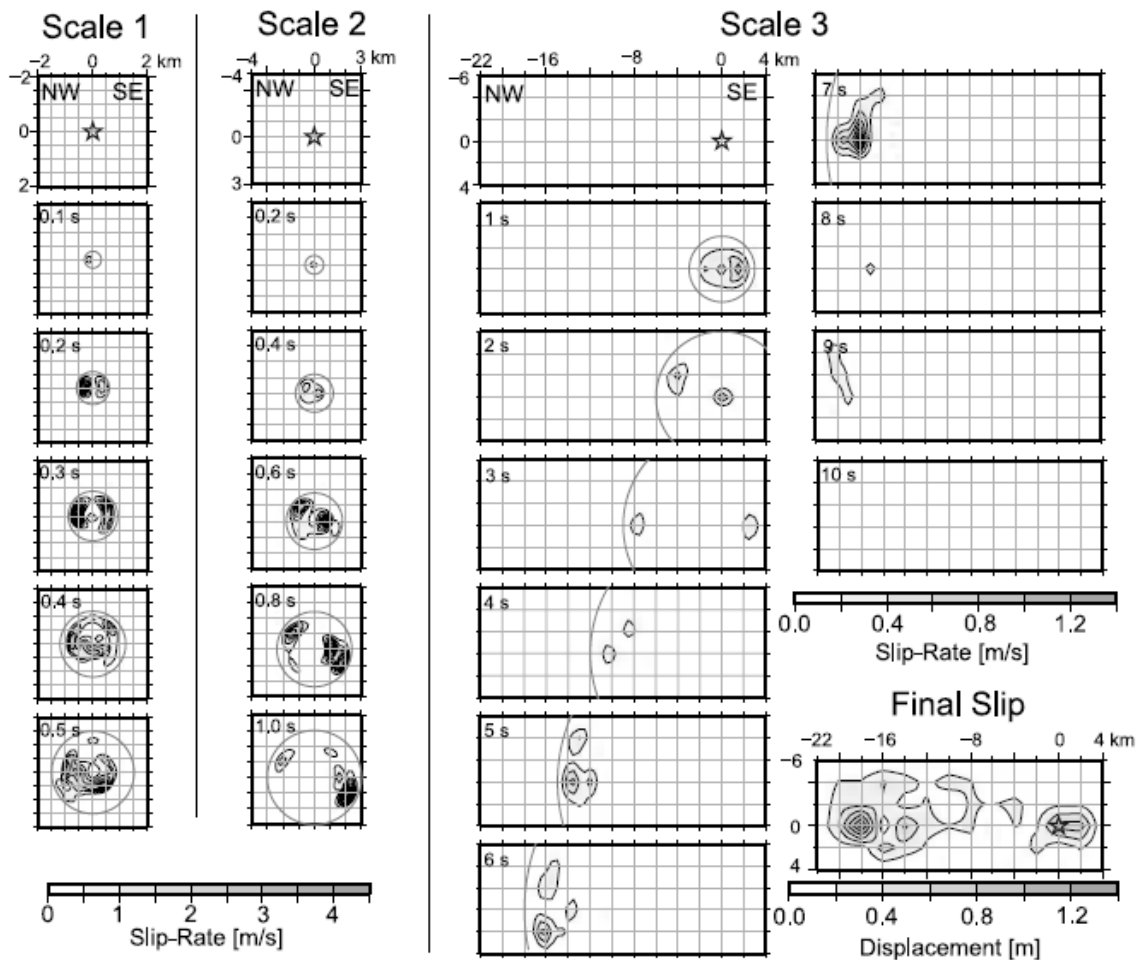


図1. 2004年パークフィールド地震のマルチスケール断層すべりモデル(Uchide *et al.*, 2009 より)。左から小中大スケールでのすべり速度のスナップショット。時間間隔、断層サイズは各スケールで異なる。右下は最終すべり量の分布。

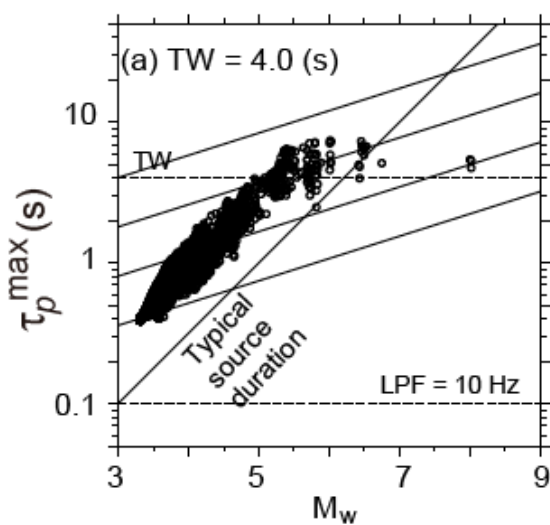


図2. マルチスケール断層破壊モデルから計算した初期破壊の卓越周波数 $\tau_{p \max}$ と最終サイズの関係。相似的な断層成長と $\tau_{p \max}$ を計算するためのウィンドウ長 TW による上限の2つの効果によって見かけ上、なだらかなトレンドが観察される。