

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

「震源断層モデル等の構築」のうち、地震の破壊成長とスケーリングなどの研究を行い、震源断層モデルや強震動予測の高精度化につなげる部分にあたる。

具体的には、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 23 年度業務目的

4) 震源断層モデル、強震動予測の高精度化に資するため、地震時の破壊成長過程のモデル化などの研究を行う。

具体的には、地震および低周波微動の活動解析について事例を増やす。また平成 22 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の破壊過程解析を新たに研究計画に含める。パークフィールド地域でも行った経験的すべりインバージョン法を適用し、破壊過程を推定する。これらの結果について学会において成果を公表するとともに論文をまとめて投稿する。

(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	准教授	井出哲	

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

4) 震源断層モデル、強震動予測の高精度化に資するため、地震時の破壊成長過程のモデル化などの研究を行った。

(b) 業務の成果

地震および低周波微動の活動解析を首都直下地域に適用したが、低周波微動の検出はできなかった。南海地域についての分析結果を中心に学会発表した。また東北地方太平洋沖地震（以下東北沖地震と略す）に対して経験的すべりインバージョン法を適用し、破壊過程を推定した（図 1 参照）。この成果は論文において公表済みである。

関東近辺ではスロースリップの存在は知られていたが低周波微動の存在は知られていない。房総沖スロースリップ発生領域での低周波微動の検出を昨年開発した検出手法¹⁾を用いて試行したが、確実に微動と断定できるような活動は検出できなかった。同様に東北地方についても検出できなかったが、既存の東海から紀伊、四国に加えて新たに九州でもはっきりした微動活動が検出された。この成果は日本地球惑星連合大会、IUGG 2011 年大会、日本地震学会などで報告し、一部は論文として出版準備中である。

東北沖地震の発生を受けて従来計画になかったこの地震の震源過程解析を急遽実施す

ることになった。世界の遠地地震波記録を集めて、M9の地震に対してM7の地震を経験的グリーン関数として用いるという経験的すべりインバージョンを実行し、この地震が100秒少々の中に4つのフェーズ（①浅部でのゆっくりした破壊開始、②深部での高周波破壊、③海溝近傍の大きな破壊すべり、④深部への高周波破壊の連鎖発生）を経て発生したことを明らかにした²⁾。これはこれまでの様々な地震で見られたような階層的破壊成長と整合的である³⁾。

すべりインバージョンと同時に実行したエネルギー放射量推定、余震メカニズムの検討、動的破壊シミュレーションによって、これらの破壊プロセスの分析結果がロバストであることが示された。この研究成果の示す震源像についてはその後多くのより詳細な研究からも支持されており、地震発生後1ヶ月以内に明らかになった震源像として十分正確であったといえる。この成果は5月の時点でScience誌に掲載され、この地震について最初の正式なレビューを経て発表された研究成果となった。

(c) 結論ならびに今後の課題

東北沖地震は地震がゆっくりした破壊開始から連鎖的にM9に成長する様子を明らかにした。これは本研究でモデル化してきた階層的破壊成長のモデルが概ね適用可能であることを示唆する。一方でゆっくり地震や低周波微動の地域的な性質の違いについてはまだわからないことが多い。これらを統合して超低速から高速までの破壊すべり発展をその多様性を含めてモデル化することが今後の長期的課題となる。

(d) 引用文献

- 1) Ide, S., Striations, duration, migration and tidal response in deep tremor, Nature, 466, 356-359, doi:10.1038/nature09251, 2010.
- 2) Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza, Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake, Science, 332, 1426-1429, doi:10.1126/science.1207020, 2011.
- 3) Aochi, H., Ide, S., Conceptual multi-scale dynamic rupture model for the 2011 Tohoku earthquake, Earth Planets and Space, 63, 761-765, 2011.

(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（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
Geometrical Constraints on World Deep Tremor (口頭)	S. Ide	IUGG 2011 (オーストラリア・メルボルン)	2011/06	国外
Two Faces of the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki	S. Ide, A. Baltay, S.	日本地球惑星連合 2011年大会	2011/05	国内

Earthquake Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture (ポスター)	Tamura, G. C. Beroza	(千葉市)		
やや古いプレート沈み 込みに伴う微動活動 九 州とニュージーランド (ポスター)	矢部優・井出 哲	日本地震学会 (静岡市)	2011/10	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文 (論文題目)	発表者氏名	発表場所 (雑誌等名)	発表時期	国際・国内の別
Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake	Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza	<i>Science</i>	2011	国際
Conceptual multi-scale dynamic rupture model for the 2011 Tohoku earthquake, <i>Earth Planets and Space</i>	Aochi, H. and S. Ide	<i>Earth Planets and Space</i>	2011	国内

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果 (記事タイトル)	対応者氏名	報道・掲載機関 (新聞名・TV名)	発表時期	国際・国内の別
3月の巨大地震 沿岸 で岩盤ずれ沖合ですべ る 2つの動きが交互 に発生か	井出哲	NHK	2011/5/20	国内
東日本大震災：津波の 主因「すべり過ぎ」 ひ ずみ以上の力にー東 大チーム解析	井出哲	毎日新聞	2011/5/20	国内
プレート境界 2度ず れ、地震巨大化、「従	井出哲	日本経済新聞	2011/5/20	国内

来モデル逸脱」——東大准教授解明				
断層破壊、深い→浅い→深い 巨大津波の要因か 東日本大震災で東大解析	井出哲	朝日新聞	2011/5/20	国内
浅い岩盤、広範囲に破壊 東大チーム 巨大津波のメカニズム	井出哲	東京読売新聞	2011/5/20	国内
大津波要因は「すべり過ぎ」 東大、断層破壊過程を解明	井出哲	産経新聞	2011/5/20	国内
大地震の震源域で4回の破壊 「過剰滑り」で大津波か	井出哲	共同通信	2011/5/20	国内
浅い部分滑り大津波＝プレート境界深部の破壊が誘発－大震災地震に二面性・東大など	井出哲	時事通信社	2011/5/20	国内

(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

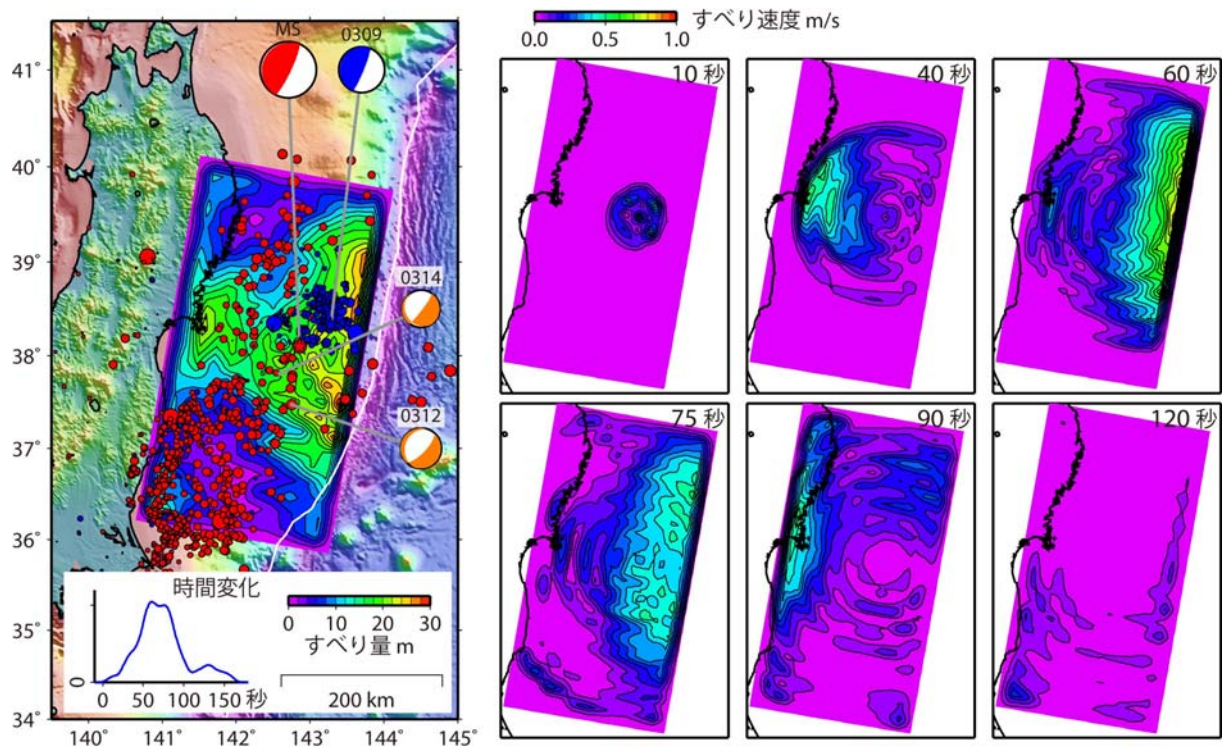


図 1： 東北地方太平洋沖地震の震源過程。最終的なすべり分布（左）と 6 つの時刻でのすべり速度のスナップショット（右）。左図下部にモーメントレートの時間変化を示す。赤丸は余震、青丸は 3 月 9 日の前震およびその余震を表す。ビーチボールは関連する地震のメカニズムを表す。