

( 1 ) 実施機関名：

東北大学

( 2 ) 研究課題(または観測項目)名：

準静的滑りの時空間変化に基づく地震発生切迫度評価の研究

( 3 ) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 3 ) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

( 3-1 ) 地震発生先行過程

イ. 先行現象の発生機構の解明

( 4 ) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

( 1 ) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ア. 列島及び周辺域のプレート運動, 広域応力場

( 2 ) 地震・火山噴火に至る準備過程

( 2-1 ) 地震準備過程

ア. アスペリティの実体

イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

( 5 ) 本課題の 5 か年の到達目標：

プレート境界で発生するスローイベントや余効滑りが地震や低周波微動の発生を促していることが次第に明らかになっており、このことは、アスペリティモデルで定性的には説明できる。平成 21 年度からの 5 か年では、これを地震の切迫度評価に役立てるために、この影響を定量化することを目指す。地震同士、また、スロースリップイベント同士の相互作用についても、更に詳細に検討し、そのメカニズムの理解を深める。

( 6 ) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、小繰り返し地震や GPS データによるプレート境界での滑りモニタリングの自動化や改良を行う。これらの推定結果の相互比較により、滑り量推定の高精度化を目指す。更に地震サイクルに伴う滑り欠損・前駆滑り・余効滑り過程の数値シミュレーションを行い、上で得られた滑り量推定結果との比較により、プレート間滑りによる局所的な応力の変化やプレート境界の有効法線応力の絶対値の推定を試みる。陸上及び海底地震観測網で精度よく求めた地震のメカニズム解を用いて、宮城沖の海溝陸側斜面下の陸側地殻内または沈み込むプレート内部の応力場を調べる。また、相互作用の検証のため、プレート境界での大小地震が入り混じった地震クラスターの抽出を行う。東北日本沈み込み体周辺域の GEONET と東北大学の GPS データを自動的に併合処理するシステム開発を開始する。

平成 22-25 年度は、抽出された地震クラスター内の小繰り返し地震の発生の時間間隔のゆらぎに注目し、周囲の地震や地震の規模等の影響を調べる。東北日本沈み込み帯における小繰り返し地震のモ

ニタリングも継続する。メカニズム解に基づき、地震性及び非地震性のプレート間滑りに対応した局所的な応力の変化を調べて、応力場の空間変化に基づく地震発生の切迫度評価の可能性を探る。また、GEONETと東北大学のGPSデータを自動的に併合処理するシステムによって数か月単位での滑り欠損分布を定量的に評価し、プレート間でのひずみ蓄積の時空間的な不均質について詳細に検討する。数値シミュレーションにより、GPSや小繰り返し地震で観測されている深部側での余効滑りに対して、間隙水圧の推定へのフィードバックを図る。最終的にこれらの観測事例とシミュレーションを組み合わせることで、切迫度に影響する様々な事象の効果を理解する。

(7) 平成24年度成果の概要：

2011年東北地方太平洋沖地震前のプレート境界の情報を調べるため、プレート境界地震の滑りベクトルを調査した。防災科学技術研究所のF-netによるメカニズム解を用い、 $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ のウィンドウごとに平均の滑り方向を求めた(図1)。その方向には特に海溝近くでプレート運動モデルから期待される方向からのずれが見られた。図1の1-5の領域について方向の時間変化を調べると、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の後、プレート運動モデルから期待される方向へ変化していることが分かった。これは、東北地方太平洋沖地震前にプレート境界での局所的な固着によりその周囲のプレート境界での滑り方向が回転していた可能性を示す。また、小繰り返し地震解析では、2011年東北地方太平洋沖地震前後の非地震性滑りの推移について調べた。この主な結果については、課題1205, 1220で報告した。

GPSデータの解析については、H23年度に引き続き、プレート境界自動モニタリングに向けたシステム開発を実施した。具体的にはGEONET観測点1,200点超及び大学等が運用している臨時観測点131観測点を日々自動解析し、それらの結果に基づいて時系列の自動作成、可視化を行えるシステムを構築した。特に大学等が運用している臨時観測点に関してはWEBサーバ上で時系列データを画像ファイルとして確認できるシステムを構築した。GEONETを含めた全時系列データはWEB経由で取得が可能であり、プレート境界の自動モニタリングの入力データとしてそのまま使える環境を整備した。

また、数値シミュレーションによる検討では、昨年度は、浅部ゆっくり地震の特徴についてモデル化を行ったが、今年度は、数値シミュレーション結果を東北地方太平洋沖地震に適用し、予想される観測現象を調べた。その特徴として、東北地方太平洋沖地震の発生後には、固着の強い福島沖付近で静穏化し、縁辺部の岩手沖や茨城沖などで活発化することを指摘した。また、小繰り返し地震の揺らぎの特徴を調べ、slowness-lawであれば、巨大地震の余効滑りによって、釜石沖地震のような固有地震が、一時的に数日程度の発生間隔で頻発する現象を説明することができた。

メカニズム解を用いた応力場の調査では、宮城県沖に設置されていた海底地震計を用いて2011年東北地方太平洋沖地震の本震近傍の震源分布を推定した(図2)。本震前は、本震震源よりも海溝軸側のプレート境界沿いにおいて発生している。本震後は、本震の地震時滑りが大きな領域においては、ほとんどプレート境界型地震は発生していない。一方、上盤・下盤側のプレート内において本震発生前にはほとんど見られなかった地震活動が発生しており、M7級の地震も含まれていることが分かった。

(8) 平成24年度の成果に関連の深いもので、平成24年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

有吉 慶介・堀 高峰・中田 令子・金田 義行・松澤 暢・日野 亮太・長谷川 昭海溝型巨大地震の発生過程と浅部ゆっくり地震の活動変化との関係 2012年度 日本地震学会 秋季大会, A31-09

有吉 慶介・松澤 暢・日野 亮太・長谷川 昭・金田 義行摩擦特性に依存する小繰り返し地震の揺らぎ 日本地球惑星科学連合 2012年大会, SCG74-P01

Suzuki, K., R. Hino, Y. Ito, Y. Yamamoto, S. Suzuki, H. Fujimoto, M. Shinohara, M. Abe, Y. Kawaharada, Y. Hasegawa, and Y. Kaneda, Seismicity near the hypocenter of the 2011 of the Pacific coast of Tohoku earthquake deduced by using ocean bottom seismographic data, Earth Planets Space, 64, 1125-1135, 2012.

Uchida, N., T. Matsuzawa, W. L. Ellsworth, K. Imanishi, K. Shimamura, and A. Hasegawa, Source param-

ters of microearthquakes on an interplate asperity off Kamaishi, NE Japan over two earthquake cycles, Geophys. J. Int., 189, 999-1014, 2012

Uchida, N., A. Hasegawa, and T. Matsuzawa, Strong near-trench locking and its temporal change in the rupture area of the 2011 Tohoku-oki earthquake estimated from cumulative slip and slip vectors of interplate earthquakes, AGU 2012 Fall meeting, San Francisco, Moscone Center, December, 2012.

内田直希・長谷川昭・松澤暢, 2011年東北地方太平洋沖地震前の海溝近傍の固着状況 - プレート境界地震のすべり方向からの推定 -, 日本地震学会 2012年度秋季大会, 函館, 函館市民会館, 2012年10月.

( 9 ) 平成 25 年度実施計画の概要 :

2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて引き続き東北地方太平洋沖地震前後の繰り返し地震データをもとに地震発生の切迫度に関係する事象の抽出を試みる。プレート境界での滑りモニタリングについては、GPSと小繰り返し地震の自動データ解析の運用を続け、プレート間でのひずみ蓄積の時空間的な不均質性について準リアルタイムでの詳細な検討を行う。

また、数値シミュレーションでは、浅部ゆっくり地震が実際の観測記録から検知可能なのか、可能な場合、海溝型巨大地震の発生とどのような関係があるのか、望ましい観測配置や解析手法などについて評価する。

メカニズム解を用いた応力場の調査においては、プレート間滑りに対応した局所的な応力の時空間変化の調査を進める。プレート境界での大小地震が入り混じった地震クラスターによる相互作用の検証については、中規模地震の周囲での地震活動について詳細を詰め、論文等にまとめる。

( 10 ) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

内田直希・伊藤喜宏・松澤暢・太田雄策(東北大学理学研究科)ほか5名程度(大学院生含)  
他機関との共同研究の有無:有  
海洋研究開発機構 有吉慶介

( 11 ) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名:東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター  
電話:022-225-1950  
e-mail: zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp  
URL: http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

( 12 ) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名:内田直希  
所属:東北大学大学院理学研究科

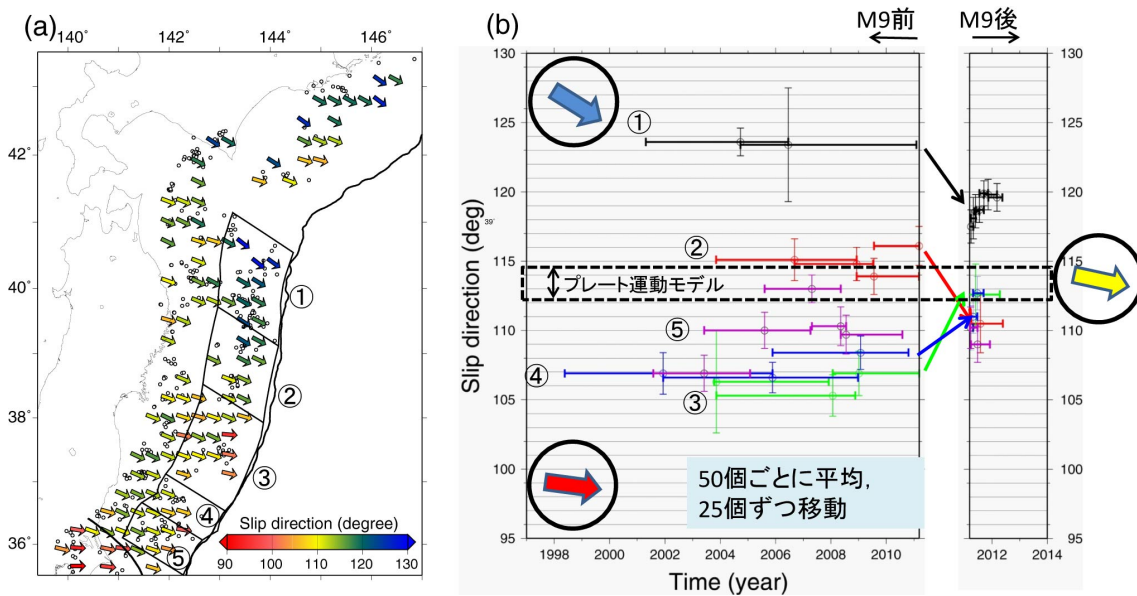


図 1

(a) プレート境界地震の  $0.3^\circ \times 0.3^\circ$  のウィンドウごとの平均の滑り方向。F-net によるバリエーションスリダクション 0.8 以上、使用観測点 3 点のものを使用した。色は北から時計回りの方向を示す。(b) (a) の領域 1-5 での滑り方向の時間変化。ウィンドウは 50 個の地震を用い 25 個ずつずらした。東北地方太平洋沖地震前後の地震は混じらないようにウィンドウを設置した。

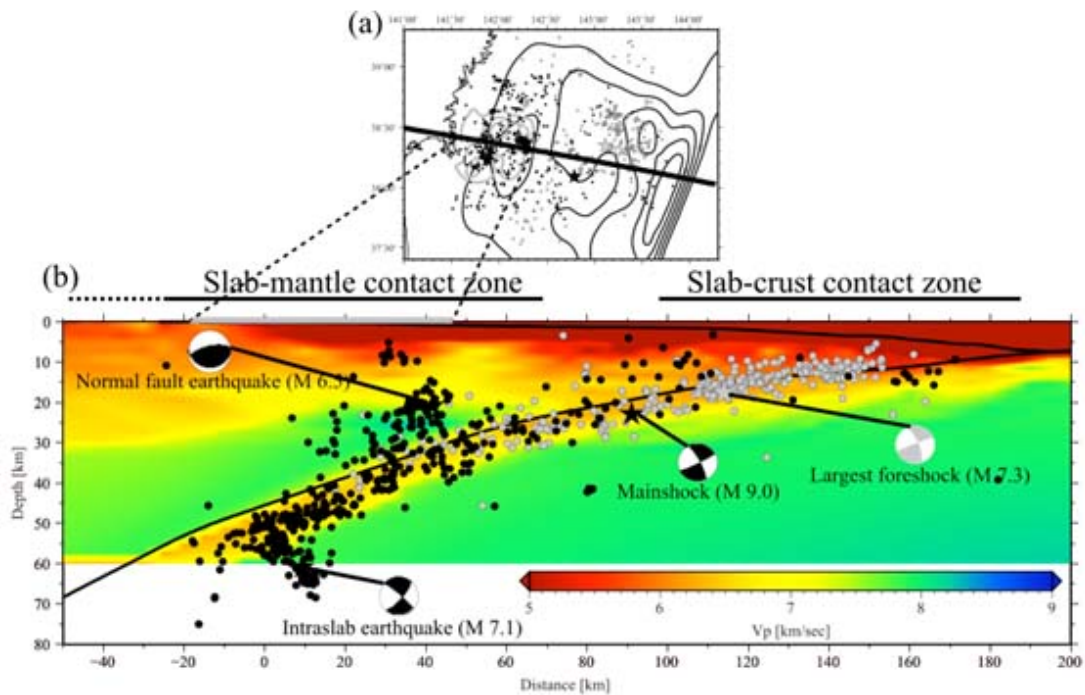


図 2

地震活動と地震学的構造の比較。(a) Ito et al. (2005) の人工地震探査測線。黒と灰色のコンターは 2011 年 (Lay et al., 2011) と 1978 年 (Yamanaka and Kikuchi, 2004) に発生した地震の地震時滑り域を示す。(b) 震源分布と 2 次元 P 波速度構造 (Ito et al., 2005) の比較。2011 年東北地方太平洋沖地震以前・以後の地震を灰色・黒丸で示す。また、F-net によって推定されている大地震の発震機構解を示す。