

3-44 小繰り返し地震から推定された 2011 年東北地方太平洋沖地震震源域周辺の準静的すべり

Quasi-static slip around the source area for the 2011 Tohoku earthquake estimated from small repeating earthquakes

東北大学大学院理学研究科
Graduate School of Science, Tohoku University

波形の相似性を利用して抽出した小繰り返し地震の積算すべりから、2011 年東北地方太平洋沖地震震源域周辺のプレート境界での準静的すべりの時空間変化を推定した。

第 1 図に示したように、小繰り返し地震の分布（黒点）と、GPS 観測から推定された本震の地震時すべり（コンター）¹⁾ を比べると、小繰り返し地震の密度が比較的小さい宮城県沖に地震時すべりの最大値がみられる。これらの小繰り返し地震の積算すべりから求めたプレート境界での準静的すべり領域のすべりレートを、プレート収束速度で割ることで、震源域周辺の地震前のプレート間カップリング率の空間分布を求めて、第 1 図にカラーで示した。この図から、本震のすべり域は広域に大きなカップリング率を持つ場所に存在することが分かる。特に海溝側では浅い場所までカップリング率も大きく、ここでのすべりが津波の励起源となった可能性もある。また、地震時すべりは、フィリピン海プレートが太平洋プレート上に存在する領域（第 1 図の破線より南）、プレート境界型地震西縁付近（実線沿い）および岩手県沖（北緯 39-40° N）の比較的小さい場所には、あまり及んでいない。このことは、これらの低カップリング領域が地震時すべりの拡大を阻害した可能性を示唆する。地震前における時間変化については、震源断層の updip（浅い側）で、海溝に沿って 2008 年以降これまで見られなかった速いすべり速度が見られ、その南北の拡がりも、およそそのすべり域と一致していた。

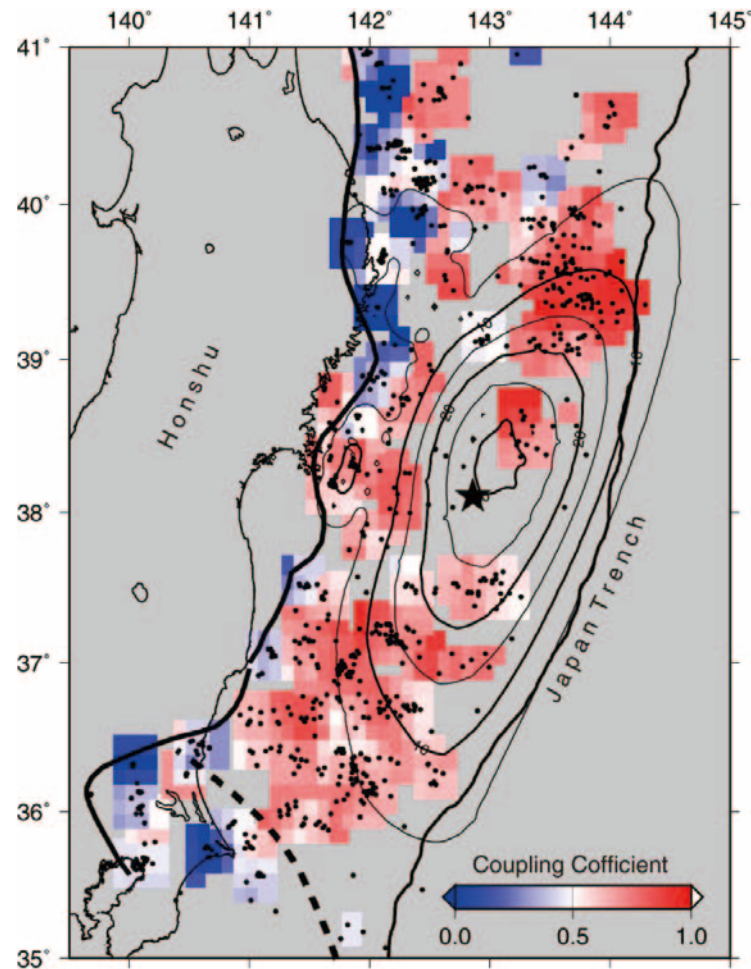
さらに、地震後の準静的すべりについても、繰り返し地震データから調べた。地震後は大きな余震が頻発しており小規模の地震の解析が難しいため、中規模（M4.3 以上）の地震について調べた。1984 年～2011 年 4 月 30 日の地震について内田・他（2010）²⁾ による中規模繰り返し地震の抽出基準（2つのペアのうち小さい方の地震のコーナー周波数の 1/2～2 倍の範囲での平均コヒーレンスが 0.8 以上）を適用した。2011 年 3 月以降、三陸沖や茨城県周辺で多くの繰り返し地震が発生しており、余効すべりの発生が示唆される（第 2 図）。本震後 2 ヶ月間の積算すべり量の空間分布（第 3 図）を見ると、すべりは主に本震の大すべり域の周囲に見られ、大すべり域内の繰り返し地震は本震以降ほとんど活動していない。また、1994 年三陸はるか沖地震及び 1968 年十勝沖地震の南側アスペリティ近傍にも余効すべりがおよんでいる。なお、本解析では用いている地震数が少なく、グリッドに 1 つしか繰り返し地震グループがない場合も表示しているため、推定精度はあまり高くない。また本震後の欠測、地震の重なり、震源過程の変化等により、繰り返し地震を取り逃している可能性もある。

次に、いくつかの領域での準静的滑りの時間変化について見ると（第 4 図）、大すべり域に近い領域 3,4 では直後から比較的大きなすべりが見られるのに対し、比較的小さい領域 1 では、すべり量が小さく立ち上がりも鈍い傾向が見られることが分かった。

（内田直希・松澤暢）

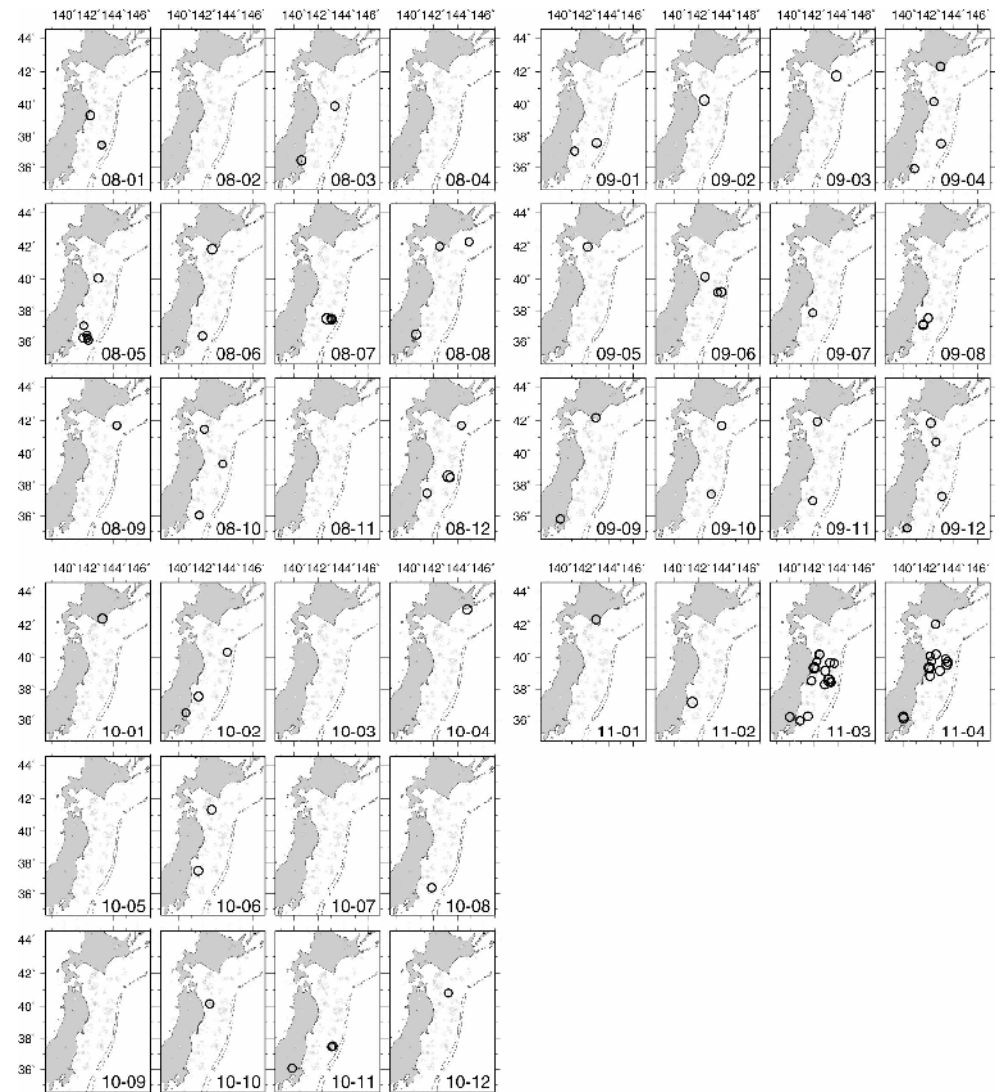
参 考 文 献

- 1) Iinuma, T., M. Ohzono, Y. Ohta, and S. Miura, Coseismic slip distribution of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) estimated based on GPS data -- Was the asperity in Miyagi-oki ruptured?, *Earth Planets Space*, in press, 2011.
- 2) 内田直希・松澤暢・長谷川昭, 東北日本の中規模繰り返し地震の分布とそのアスペリティでの特徴的地震活動, 日本地震学会講演予稿集 2010 年度秋季大会, P3-32, 2010.
- 3) Uchida, N. and T. Matsuzawa, Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, *Earth Planets Space*, in press, 2011.
- 4) Igarashi, T., T. Matsuzawa, N. Umino, A. Hasegawa, Spacial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquake associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone. *J. Geophys. Res.* 106, 2177–2191, 2001.
- 5) Uchida, N., J. Nakajima, A. Hasegawa, and T. Matsuzawa, What controls interplate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 283, 111-121, 2009.
- 6) Yamanaka Y. and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, 109, B07307, doi:10.1029/2003JB002683, 2004.
- 7) 東北大学大学院理学研究科・海上保安庁海洋情報部・東京大学地震研究所・気象庁気象研究所, 海陸地殻変動データから推定した 2011 年東北地方太平洋沖地震の地震時すべり分布, 連絡会報, 86, 印刷中, 2011.



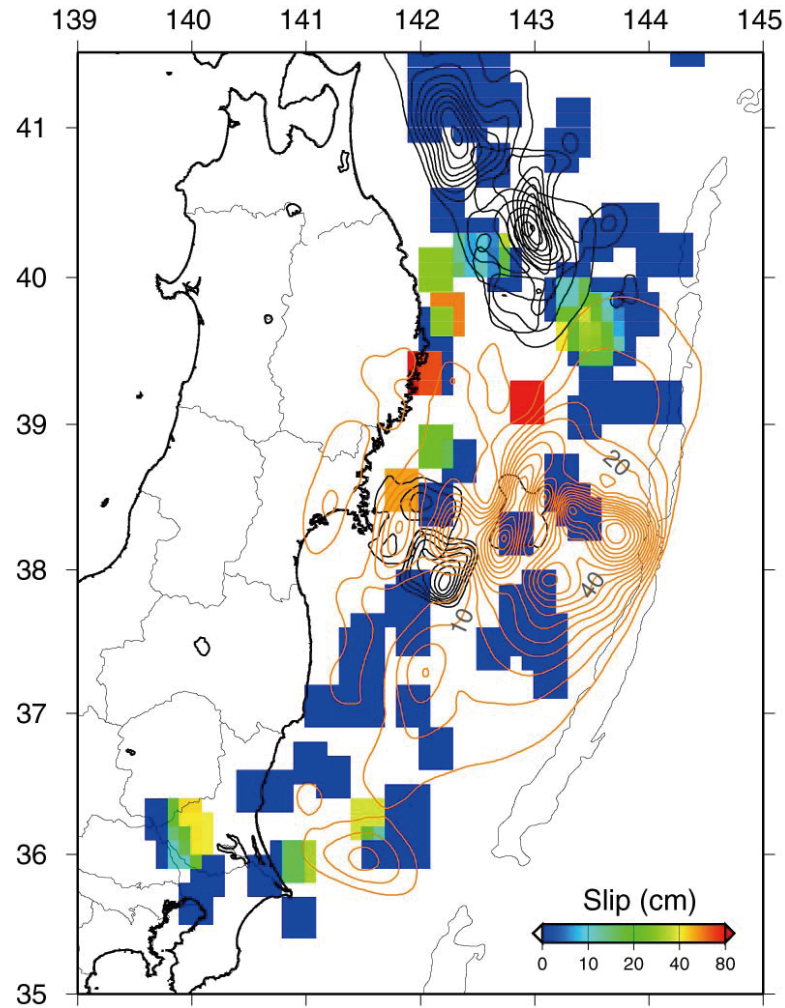
第1図. 1993-2007年の小繰り返し地震（黒点）のすべりレートから計算された太平洋プレート上面のカップリング率の分布³⁾. コンターはGPS観測から求められた本震の地震時すべり量の分布¹⁾. コンター間隔は5m. 黒星は気象庁による本震の震央. 黒太線はプレート境界型地震の西縁^{4),5)}. 破線はフィリピン海プレートの北東限⁵⁾を示す.

Fig.1 Coupling coefficient at the upper boundary of the Pacific plate (color) for the period from 1993 to 2007 estimated from small repeating earthquakes (black dots)³⁾. Black contours denote the coseismic slip distribution for the 2011 Tohoku earthquake estimated from GPS data¹⁾. The contour interval is 5m. Black star shows the epicenter of the 2011 Tohoku earthquake. Black bold line and black dashed line show the down-dip limit of interplate earthquake^{4),5)} and the NE limit of the Philippine Sea plate⁵⁾.



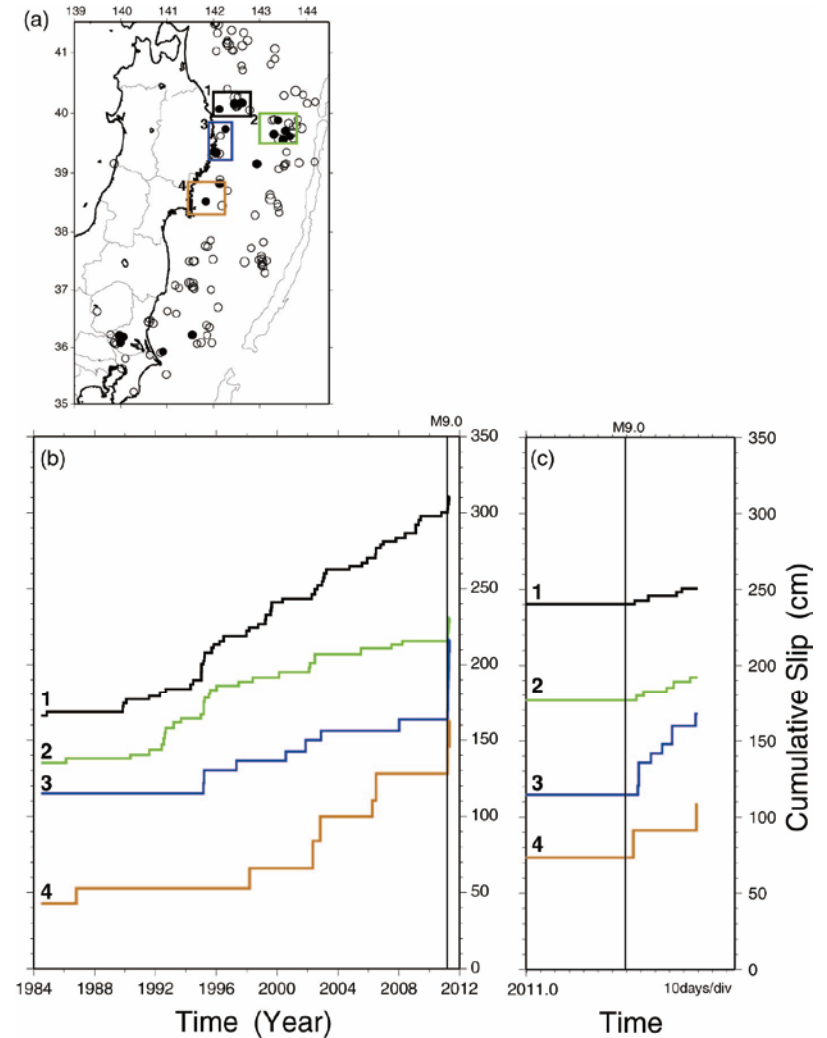
第2図. 1月ごとのM4.3以上の繰り返し地震の震央分布. 年月はそれぞれの図の右下に示す.

Fig. 2. Monthly epicenter distribution of repeating earthquakes with magnitude 4.3 or larger. The year and month are shown at the bottom right corner of each figure.



第3図. 中規模繰り返し地震の積算すべりから推定した余効すべり量分布. 2011年東北地方太平洋沖地震以降4月30日までについて、 $0.3 \times 0.3^\circ$ のグリッドごとに、平均のすべり量を推定した. 白い部分は中規模繰り返し地震が存在しない場所. 黒コンターはM7以上の地震のすべり量分布⁶⁾, 橙色コンターは海陸地殻変動データから推定されたすべり量分布⁷⁾ (単位 m).

Fig. 3. Afterslip distribution estimated from the cumulative slip of middle sized repeating earthquakes (color). Averaged slip was estimated for 0.3 by 0.3 degree spatial window. White area shows the place where no repeating earthquake exists. Black contours show co-seismic slip distributions for previous $M \geq 7$ earthquakes⁶⁾. Orange contours show co-seismic slip distribution of the 2011 Tohoku earthquake in meter⁷⁾.



第4図. 4つの領域での平均の積算すべりの時間変化. (a) 設定した解析領域. 黒丸は2011年東北地方太平洋沖地震以降4月30日までに地震を起こしたグループ. (b), (c) 領域1-4での積算すべり. 縦線は2011年東北地方太平洋沖地震の発生時を示す.

Fig. 4. Time evolution of averaged cumulative slip in four areas. (a) Four study areas (rectangles) and the distribution of moderate sized repeating earthquakes (white circles). Solid circles denote repeating earthquakes that occurred after the 2011 Tohoku earthquake. (b, c) Averaged cumulative slip for regions 1-4. Vertical line denotes the occurrence time of the 2011 Tohoku earthquake.