3-16 2011 年東北地方太平洋沖地震による首都圏における地震活動変化 Change in seismicity beneath the Tokyo metropolitan area due to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku, Japan, Earthquake

東京大学地震研究所

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

過去に発生した 30,694 地震のメカニズム解を受け手側の断層メカニズム解として,静的クーロン応力変化(Δ CFF)を計算し,2011 年東北地方太平洋沖地震によって首都圏においてどのような地震活動変化が期待されるか調査した.Δ CFF が 0.1bar 以上増加した地震数は約 19,000 個であった.一方,0.1bar 以上減少した地震数は約 6,000 個であった.Δ CFF が増加した地震の割合は,仮定した節面や下限マグニチュードにほとんど依らなかった(第1表).このことは,本震前と同様のメカニズム解の地震が本震後に発生するものとすれば,関東地方における地震活動は相対的に活発化することが期待される.

Δ CFF が増加した地震の割合が多かった領域は,30 km より浅い地震に対しては伊豆を含む静岡県東部と神奈川県西部(箱根)であった(第1図(a)).その一方で,深さ30⁻¹00 km の地震に対しては茨城県南西部と東京湾から銚子に至る領域であった(第1図(b)).茨城県南西部では2つの活発な地震クラスターがあり,いずれのクラスターにおいても計算されたΔ CFF は顕著に正であった.実際に,これらの領域において本震後に地震活動が活発化した(第2図).このことは,本研究が第一近似的に本震後の地震活動を良く予測していることを示している.

本手法は過去に発生したメカニズムと同様の地震が、本震後に発生するという仮定に基づいてい る.したがって、過去の地震のメカニズム解が決定されていない領域、あるいは過去の地震と異な るメカニズム解の地震が発生した領域に対しては適用の範囲外である。例えば、本震後に茨城県北 部から福島県南部にかけて浅発地震が活発化したが、この領域で過去に発生した地震のメカニズム 解データはほとんどなかった。活発化した領域では正断層型の地震が卓越しており、これらを受け 手側の断層メカニズム解として計算した Δ CFF は顕著に正である。したがって、これらの地震も本 震による応力変化によって誘発された地震活動であると解釈できる。本手法による地震活動変化の 予測精度向上には、整備された観測網に基づく微小地震のメカニズム解データの蓄積が必須である。

これまで応力変化の指標として、仮定した受け手側の断層メカニズムにおいて計算されたΔ CFFが用いられてきた.しかしながら、この手法は様々な型の地震が混在する複雑な応力場にお いて、大きな誤差を生じる^{1),2)}.そこで、本研究では過去に発生した地震のメカニズム解を受け手 側の断層メカニズム解としてΔ CFF を計算することで、この不確定性を軽減した.過去の地震の メカニズム解として、防災科学技術研究所において決定された関東・東海地震観測網定常処理によ る初動メカニズム解(1979 年 7 月 1 日~2003 年 7 月 1 日)³⁾を用いた.また、本震時のすべり分 布として GPS 連続観測に基づいて推定された国土地理院モデル(小沢慎三郎博士提供)を、本震 前後の地震活動変化の議論には気象庁による暫定震源カタログをそれぞれ用いた.

2011年東北地方太平洋沖地震は大規模の余震を伴い,また顕著な余効すべりも観測されている. また地震・津波波形などに基づいた様々な震源モデルが提案されている⁴⁾.余震や余効すべりの寄 与による効果やモデル依存性については今後,検討する必要がある.

(石辺岳男・島崎邦彦・佐竹健治・鶴岡弘)

参考文献

- 1) Toda, S. (2008). Coulomb stresses imparted by the 25 March 2007 Mw=6.6 Noto-Hanto, Japan, earthquake explain its 'butterfly' distribution of aftershocks and suggest a heightened seismic hazard, Earth Planets Space, 60, 1041-1046.
- 2) Ishibe, T., K. Shimazaki, H. Tsuruoka, Y. Yamanaka, and K. Satake (2011). Correlation between Coulomb Stress Changes Imparted by Large Historical Strike-Slip Earthquakes and Current Seismicity in Japan, Earth, Planets and Space, 63, 301-314.
- 3)松村正三,関東東海地殻活動観測研究グループ(2002).関東・東海地域における最近20年間の地震観測結果(発震機構解)-特別研究「関東・東海地域における地震活動に関する研究」 観測成果のまとめ(その4)-防災科学技術研究資料,224,1-84.
- 4) Fujii, Y., K. Satake, S. Sakai, M. Shinohara and T. Kanazawa (2011). Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan earthquake, Earth, Planets and Space, in press.
- 5) Ishibe, T., K. Shimazaki, K. Satake, and H. Tsuruoka (2011). Change in seismicity beneath the Tokyo metropolitan area due to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Earth, Planets and Space, in press.



第1図 (a) 0.1bar 以上Δ CFF が増加した地震の割合(深さ 30 km 以浅). 黒線は、グリッド内において 100 個以上のメカニズム解に基づいて算出された領域を表す. (b) 0.1bar 以上Δ CFF が増加した地震の割合(深さ 30 ~ 100 km). (c) 本震後 3 週間の震央分布 (M ≥ 1.0, 深さ 30 km 以浅). (d) 本震後 3 週間の震央分布 (M ≥ 1.0, 深さ 30 ⁻100 km). A-D 領域は第 2 図において抽出された地震の範囲を表す.⁵⁾
Fig. 1 (a) Percentage of earthquakes with positive Δ CFF among all of the earthquakes with significant changes in each 0.3-degree grid square for a depth of 0 to 30 km. The red (blue) regions are expected to be activated (deactivated) by Δ CFF due to the Tohoku-oki earthquake. The grid square surrounded by thick lines indicate that more than

Fig. 1 (a) Percentage of earthquakes with positive Δ CFF among all of the earthquakes with significant changes in each 0.3-degree grid square for a depth of 0 to 30 km. The red (blue) regions are expected to be activated (deactivated) by Δ CFF due to the Tohoku-oki earthquake. The grid squares surrounded by thick lines indicate that more than 100 focal mechanism solutions are available. (b) Percentage for a depth of 30 to 100 km. (c) Epicentral distribution during the three weeks after the mainshock (M ≥ 1.0, depth ≤ 30 km). (d) Epicentral distribution during the three weeks after the mainshock (M ≥ 1.0, 30 km < depth ≤ 100 km). The rectangular regions (A-D) indicate regions where the earthquakes were extracted for Fig. 2. ⁵



- 第2図 (A) 伊豆, (B) 箱根, (C) 千葉県北部, (D) 茨城県南西部における本震前後(2月1日~4月1日) における地震の累積頻度曲線ならびに M-T 図. 灰色の領域は,下限マグニチュードが高 くなっていると考えられる期間を示す.⁵⁹
- Fig. 2 Cumulative frequency curves and magnitude-time diagrams from February 1 to April 1 in the areas of (A) Izu, (B) Hakone, (C) northern Chiba prefecture, and (D) southwestern Ibaraki prefecture. The gray zone indicates possible intervals with a higher magnitude threshold.⁵⁾

第1表 下限マグニチュードを変化させた場合の正, 負, 絶対値が 0.1bar 未満あるいは 15bar 以上のΔ CFF となった地震数.⁹ Table. 1. Number of earthquakes with positive / negative / insignificant or high absolute Δ CFFs as a function of threshold magnitudes.⁹

threshold	positive Δ CFF	negative Δ CFF	insignificant or high	total number
magnitude			absolute Δ CFF	
1 st nodal plane				
2.0	18790 (61.2 %)	5677 (18.5 %)	6227 (20.3 %)	30694
2.5	11992 (59.3 %)	3935 (19.5 %)	4288 (21.2 %)	20215
3.0	5811(58.6 %)	2002 (20.2 %)	2100 (21.2 %)	9913
3.5	2527 (59.9 %)	873 (20.7 %)	819 (19.4 %)	4219
4.0	995 (59.5 %)	365 (21.8 %)	312 (18.7 %)	1672
4.5	354 (57.1 %)	158 (25.5 %)	108 (17.4 %)	620
5.0	90 (53.6 %)	50 (29.8 %)	28 (16.7 %)	168
2 nd nodal plane				
2.0	18828 (61.3 %)	5850 (19.1 %)	6016 (19.6 %)	30694
2.5	11771 (58.2 %)	4211 (20.8 %)	4233 (20.9 %)	20215
3.0	5638 (56.9 %)	2142 (21.6 %)	2133 (21.5 %)	9913
3.5	2395 (56.8 %)	929 (22.0 %)	895 (21.2 %)	4219
4.0	942 (56.3 %)	392 (23.4 %)	338 (20.2 %)	1672
4.5	336 (54.2 %)	161 (26.0 %)	123 (19.8 %)	620
5.0	81 (48.2 %)	53 (31.5 %)	34 (20.2 %)	168