3-5 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の活断層周辺における地震活動度変化 Change in seismicity rate around the Quaternary active faults due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

東京大学地震研究所

(Earthquake Research Institute, the University of Tokyo)

東北地方太平洋沖地震の発生前後で,主要活断層帯周辺における地震活動度がどのように変化したかを調査した結果,複数の活断層帯において明瞭な変化が認められた.これらの地震活動度変化は、本震ならびに余効変動による静的クーロン応力変化(以下Δ CFF)の増加で概ね説明することができるが、東北地方の逆断層帯など一部の活断層帯周辺では、活断層帯の断層パラメータ(走向,傾斜,すべり角)を仮定したΔ CFF では説明が困難である.これらの活断層帯の周辺で活発化した地震活動のメカニズム解は、その活断層帯の断層パラメータとは不調和であり、このことは応力場が非常に不均質である可能性を示唆する.

それぞれの活断層帯から5km以内において本震前1年間(2010年3月11日~2011年3月10日), 本震後8カ月間(2011年3月11日~2011年11月11日)に発生したマグニチュード(M)1以 上の地震を Ishibe and Shimazaki (2008¹⁾, 2011²⁾)の手法により抽出し、本震前後の地震発生率の変化 と、本震ならびに余効変動によるΔ CFF との対応を調査した. 震源カタログは確定震源が公開さ れている期間(2011年2月末まで)は気象庁一元化震源を、以降は暫定震源を用いた. 本震によ る活断層帯におけるΔ CFF は、GPS と海底地殻変動から推定された余効変動を含めたモデルから 推定された値(地震調査委員会, 2011³⁾)を用いた. なお、活断層帯周辺で本震前に地震が全く発 生していない、あるいは本震前後の期間内に発生した地震数がいずれも10個未満であった活断層 帯は対象外とした.

図1に活断層帯における地震発生率変化を、図2に活断層帯周辺における M-T ダイヤグラムと 累積頻度曲線を示す.北海道や九州に分布する活断層帯では明瞭な地震活動度の変化はほとんど見 られない.一方で、東北地方から中部地方に分布する活断層帯周辺では明瞭な地震活動度の変化が 認められた.

本震前1年間に比べて,本震後の地震活動度(地震発生率)が10倍以上になった活断層帯は境峠・ 神谷断層帯主部,北伊豆断層帯,真昼山地東縁断層帯,長町-利府線断層帯,横手盆地東縁断層帯 北部,牛伏寺断層,十日町断層帯西部,六日町断層帯南部,長井盆地西縁断層帯,高田平野東縁断 層帯,猪之鼻断層帯であった.これらの活断層帯における地震活動の活発化は,地震抽出領域を5 kmから10 kmにした場合や,M2以上の地震を用いた場合においても同様であり,その特徴は以 下の(1)~(4)に大局的に分類される.

(1) 本震後に付近で発生した大地震(誘発地震)に伴う余震を含む活断層帯

その活断層帯の断層面付近には明瞭な活動度変化は認められないが,3月11日以降に発生した 大地震の余震が多数含まれているものである。十日町断層帯西部,高田平野東縁断層帯,六日町断 層帯南部の周辺における本震後の地震活動は,いずれも3月12日に付近で発生した長野・新潟県 境の地震(M6.7)に伴う余震がほとんどである。

(2) 本震後に付近で活発化したクラスター的活動を含む活断層帯

(1)と同様にその活断層帯の断層面近傍ではなく、周辺で活発化したクラスター的活動を含むも

ので,長町 - 利府線断層帯,長井盆地西縁断層帯が該当する.

(3) 活断層帯の断層パラメータで計算された Δ CFF で説明可能な活断層帯

活断層帯の近傍においても明瞭な地震活動度変化が認められ、3月11日の地震によるΔCFFの 増加と調和的であるものである.境峠・神谷断層帯主部,北伊豆断層帯,牛伏寺断層などが該当す る.牛伏寺断層(図2c)では、本震の断層モデルや仮定する見掛け上の摩擦係数等によって値は 異なるが、概ね0.6 bar 程度ΔCFFが増加したことが推定されており、3月11日を境に明瞭な地震 活動の活発化が認められた.また、6月30日にはM5.4の地震がごく近傍で発生した. (4)(1)~(3)のいずれにも属さない活断層帯

活断層帯のごく近傍において明瞭な活動度変化が認められるが,その活断層帯の断層パラメータ で計算されたΔ CFF では説明が困難であるものである.真昼山地東縁断層帯,横手盆地東縁断層帯, 猪之鼻断層帯が挙げられる.猪之鼻断層帯の周辺におけるΔ CFF は,見掛け上の摩擦係数により 値は変化するものの小さい.真昼山地東縁断層帯北部と横手盆地東縁断層帯北部は,1896 年明治 三陸地震の発生から2ヵ月半後に発生した陸羽地震(M7.2)の際に活動したものと考えられてお り,明治三陸地震後に当該領域において活発な群発的活動があったことが報告されている(Imamura, 1913⁴⁾).両断層帯の断層パラメータに対して計算されたΔ CFF は大きな負値を示すにも関わらず, 周辺において地震活動の活発化が見られる(図 2a).この領域を含む,本震後に東北地方において 活発化した領域では,本震前の逆断層型とは異なる正断層型や横ずれ型のメカニズム解の地震が多 く発生しており,その多くは本震前の震源分布と相補的である.また,これらのメカニズム解に対 して計算されたΔ CFF の多数は正である.このことは,応力場が強い不均質性を有し,広域的な 応力場から乖離した,即ち本震前から横ずれあるいは正断層型の地震発生場であった領域が今回の 地震によって活発化したものとして解釈することができる.

上記の活発化した活断層帯とは逆に,会津盆地東縁断層帯周辺の地震活動(図 2g)や2008年岩 手・宮城内陸地震(M7.2)の余震域のように本震後に活動が収束あるいは静穏化した領域がみられ, これらの静穏化は活断層帯の断層パラメータで計算されたΔ CFF と調和的である.

デクラスタリング処理や震源・メカニズム解分布の精査に基づく,より定量的な議論が今後の課題である.また,これらの地震活動度変化には動的な応力変化等,別の要因による活発化の可能性も多分に考えられ(例えば Yukutake et al., 2011⁵⁾),今後の経過については引き続き監視する必要があるものと考える.

(石辺岳男・島崎邦彦・佐竹健治・鶴岡弘)

参考文献

- 1) Ishibe, T. and K. Shimazaki (2008) . The Gutenberg-Richter relationship vs. the Characteristic Earthquake Model: Effects of different sampling methods, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 83, 131-151.
- 2) Ishibe, T. and K. Shimazaki (2011) . Characteristic Earthquake Model and Seismicity around Late Quaternary Active Faults in Japan, *Bull. Seism. Soc. Am., in press.*
- 3) 地震調査委員会(2011). 東北地方太平洋沖地震後の活断層の長期評価について, 12pp.
- 4) Imamura, A. (1913) . The Rikuu earthquake of 1896, Rept. Imperial Earthquake Invest. Comm. 77, 78-87.
- 5) Yukutake, Y., R. Honda, M. Harada, T. Aketagawa, H. Ito, and A. Yoshida (2011) . Remotely-triggered seismicity in the Hakone volcano following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63, 737-740.



図1.主要活断層帯周辺における本震前1年間に対する本震後8ヶ月間の地震発生率変化.

Fig. 1 . Change in seismicity rate during the 8 months after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan Earthquake (March 11, 2011 – November 11, 2011) compared to seismicity rate during 1 year before the earthquake (March 11, 2010 – March 10, 2011).



図 2. 活断層から 5 km 以内の地震活動度変化(M-T ダイヤグラムと累積頻度曲線). 破線は東北地方太 平洋沖地震の発生時を表す.

Fig. 2. Change in seismicity rate within 5 km of the fault (Magnitude-Time diagram and cumulative frequency curve) for (a) Mahiru Sanchi Toen fault zone, (b) Nagamachi-Rifusen fault zone, (c) Gofukuji fault, (d) Sakai-toge Kamiya fault zone, (e) Inohana fault zone, (f) Shibetsu fault zone, (g) Aizu Bonchi Toen fault zone, and (h) Rokko Awaji-shima fault zone. The black dashed line indicates the occurrence time of the mainshock.