12-19 「余震・誘発地震・余効変動について」概要 Summary of intensive discussion subject "aftershocks, induced earthquakes, and postseismic deformation"

遠田 晋次(京都大学防災研究所) Shinji Toda (Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

第191回地震予知連絡会では、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に関して提出された 資料のうち、余震・誘発地震・余効変動に関するものをレビューし、同地震の短期~長期的影響を まとめた、本稿は、第190回地震予知連絡会で報告した「余震・誘発地震」に関する続報でもある. 以下に概要を簡単に記す.

1. 狭義の余震活動

震源域よりも若干広い範囲に発生した M5 以上の余震については、大森・宇津則にしたがって順 調に減衰している(統計数理研究所の解析によると、p=1.04). 特段の異常は見られない. ETAS モデルによる検討では、二次余震の寄与は小さく、a がきわめて大きい(a =43)という特徴がある. 2. 誘発地震活動

統計数理研究所の解析によると、本震直後に活発化したアウターライズ型正断層型地震の減衰は きわめて速い. ETAS モデルによるフィッティングでは p=2.2 となり、本震約 2 週間後から活動が 静穏化している(第1図). この急減が自然なものか、大地震前の相対的静穏化を示しているのか、 今のところ判断できない.

本震後,東北地方〜中部地方内陸でスポット的に地震活動が活発になった地域がある.産業技術 総合研究所によると地震前後の地震活動度のβ統計値が秋田沖,秋田県南部,喜多方市周辺,長野 県北部,福島県と茨城県県境付近,飛騨山脈,銚子周辺などで高くなっていることが示された(第 2図). それらは,群発地震の特徴を示し,火山周辺または深成岩・火山岩分布地域に集中する特 徴があるという.

3. 余効変動

国土地理院のGEONET データから,余効すべりによると考えられる地殻変動が広い範囲で観測 されている.上下変位に関しては本震時には全域で沈降したが,余効変動では岩手県および青森県 側では沈降が継続しているものの,宮城県以南の太平洋岸では,わずかであるが隆起に転じている. プレート境界でのすべりを仮定してインバージョン解析を行った結果,本震時のアスペリティを取 り囲むように余効すべりが生じていることがわかった(国土地理院,第3図). 特に,深部延長で 最大約2mに達している(5月末時点).さらに,銚子沖でも余効すべりが顕著にみられる. 同様 の解析結果は東京大学地震研究所からも提出された.余効すべりによるモーメント解放量は4月末 の時点で Mw8.3 を超えている.

4. 主要活断層帯への静的クーロン応力変化

国土地理院は、陸上 GPS と海上保安庁による海底地殻変動結果から求めた震源断層モデルを用いて、主要活断層帯におけるΔ CFF を計算した(第4図). この計算結果には5月末までの余効 すべりモデルも加味されている. それによると、東北地方の逆断層にかかるΔ CFF は大きく減少 (0.05 MPa 以上)する一方で、双葉断層だけは 0.6 MPa 以上の増加となった. その他、関東地方で は立川断層への Δ CFF は 0.05 MPa 以上の増加となり、中部地方の北西 – 南東走向の左横ずれ断層にも若干の増加が見込まれる。特に、糸魚川 – 静岡構造線牛伏寺断層では余効すべりの影響まで含めると 0.05MPa を超える Δ CFF の増加となった。余効すべりによる応力変化は本震よりも小さいが、断層によっては本震の 1/3 程度にまで達するものもあり、今後も継続的に影響を検討する必要がある。



- 第1図. アウターライズ正断層型地震活動の ETAS モデルによる解析結果(統計数理研究所). 左図:本震後から5月7 日までの M4.5 以上の震央(気象庁一元化データ). ポリゴンで囲まれた部分が ETAS モデル解析に使われる 地震群. 右上:正断層型地震の時空間分布. 右下:ETAS モデルの解析結果. 赤色の曲線はモデル.
 Figure 1. ETAS model for the outer-rise normal faulting earthquakes (Institute of Statistical Mathematics). Left panel:
- Epicenters of M≥4.5 earthquakes during the period of March 11 to May 7 (JMA catalog). Earthquakes enclosed by the blue-color polygon are used for the ETAS analyses. Top-right panel: spatio-temporal distribution of the earthquakes. Bottom-right panel: analyzed ETAS model and ETAS parameters. The red curve is a model reproduced by the parameter values.



- 第2図. 東北地方太平洋沖地震によって誘発された地震活動を示すβ統計量の分布(産業技術総合研究所). β統計量は 気象庁一元化震源データのM2以上を用い,本震後2週間と本震前10年間を比較し,半径25kmのガウシア ンフィルターで平滑化.
- Figure 2. Beta statistics showing triggered seismicity due to the Tohoku-oki earthquake (Geological Survey of Japan, AIST). Calculated beta-statistics is color-coded using a comparison between two-week seismicity after and ten-year seismicity before the Tohoku-oki earthquake under the Mc=2 assumption. 25-km-radius of Gaussian filter is used for smoothing.



- 第3回. GEONET GPS 観測データにより推定された東北地方太平洋沖地震の本震時のすべり(青色コンター)と余効 すべり(赤色コンター)の比較(国土地理院).本震時のすべり分布は海上保安庁の海底地殻変動のデータも解 析に含まれる.右:電子基準点,山田と銚子で記録された東西成分の余効変動と対数関数近似(国土地理院).
- Figure 3. Variable slip models of the coseismic slip (blue contours) and post-seismic slip (red contours) of the Tohoku-oki earthquake. Crustal deformation data on the ocean bottom obtained by the Japan Coast Guard are included into the coseismic slip model. Right panels are east-west component of the postseismic movement of the permanent GPS stations, Yamada and Choshi. Red curves are logarithmic approximations.



- 第4図. 東北地方太平洋沖地震とその余効すべりによる主要活断層帯での静的クーロン応力変化の合計(国土地理院). 摩擦係数は0.4 とした.表示されたカラーコードは、断層面中央部でのΔ CFF を示す.
 Figure 4. Coseismic and postseismic Coulomb stress changes due to the Tohoku-oki earthquake resolved on major active faults (Geospatial Information Authority of Japan). Coefficient of friction is set to be 0.4. Color-code on
- each active fault shows its stress change at the center of the fault.