12-2 東北地方太平洋沖における最近の地震活動 Recent seismic activity in off the Pacific coast of Tohoku

汐見 勝彦(防災科学技術研究所)

SHIOMI Katsuhiko (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience)

2011 年東北地方太平洋沖地震(M9.0)の発生から約10年が経過した.本震発生直後,CMT解析 や繰り返し地震解析から,本震時の大すべり域でプレート境界付近の地震活動が大幅に低下した一 方,その周辺部での地震活動が活発化したことが報告された^{1),2)}.本報告では,気象庁一元化震源カ タログ(以下,一元化カタログ)を用い,一元化カタログの地震検知力がほぼ一定になったと考えら れる2004年1月から2021年1月までを対象に,東北地方太平洋沖における深さ100km以浅の地震 活動の推移を調査した.震央範囲を限った特徴を評価する際には,気象庁地震月報(カタログ編)³⁾で 用いられている震央地名区域に基づいた分類を採用した.深さ方向については,太平洋プレート上 面深度モデル⁴⁾⁻⁶⁾から±5km以内の深さに位置するものをプレート境界付近の地震として評価した.

第1図に、大すべり域近傍のプレート境界付近で発生した地震の M-T 図を表す. ここで、大すべ り域近傍の地震として、「宮城県東方はるか沖」ならびに「福島県東方はるか沖」に分類される地震 のうち北緯 37.25 度以北で発生した地震を抽出した. M-T 図から、本震発生直後を除き M5(破線) を超える地震はこの約 10 年間で1 イベントしか観測されていない. M3 以上の地震について、地震 前の 2004 年から 2010 年までの7 年間で 76 イベント観測されているのに対し、直近7 年間 (2014 年 ~2020 年)では 17 イベントに過ぎず、この領域での活動が依然として低調なまま推移していること が分かる.

東北地方太平洋沖地震の余震域内ならびに本震後に地震活動が活発化した大すべり域周辺の地震 活動の推移について,大森-宇津則 ^フ n (t) = K /(t+c)^p を適用した.第2図,第3図及び第1表に大森 -宇津則の適用結果を示す.背景地震活動率 µは,2004 年 1 月から 2010 年 12 月までの一元化カタ ログから評価した.余震域はほぼ海域に相当するため,推定された震源深さの精度は十分では無い 可能性が高い、そこで、余震域全域を対象に評価するケースについては、地震発生層(震源深さ)に よる区別をしない場合と、プレート境界付近の震源のみの場合の2種類を検討した.余震域全体で 見ると, M5 以上の地震活動は, 発生層をプレート境界付近に限定するかどうかに関わらず, 2021 年 1月末時点でほぼµ値と同等レベルにまで戻っているように見える.しかし, M3以上の地震活動で 同様の評価を行うと,いずれのデータも活動レベルはμ値よりも高い状態にある.今回の報告で背 景地震活動率の算出に用いた 2004 年から 2010 年は、中規模以上の地震活動がそれ以前よりもやや 活発化していた期間に該当している. M5 以上の地震活動はこの期間の活動レベルと同等であると考 えると, M5 以上の地震活動も依然として通常よりやや活発な状態にあると言える. 一方, 第3 図か ら、本震時に大きくすべった領域の北部に位置する三陸沖(「青森県東方沖」、「岩手県北東沖」、「岩 手県東方沖」,「三陸東方はるか沖」)や大すべり域の深部延長であるプレート境界付近の深さ 40 km 以深で発生する地震活動も、やや活発な状態が継続している.福島県沖から茨城県沖(「福島県東方 沖」,「福島県東方はるか沖」,「茨城県東方沖」,「茨城県東方はるか沖」,「関東東方はるか沖」)のプ レート境界付近で発生する地震と宮城県・福島県のはるか沖、海溝軸の外側で発生する全ての地震 (「本州北部東方はるか沖」,「本州中部東方はるか沖」のうち北緯 36.5 度から 38.5 度の範囲)は, μ 値に漸近している.福島県沖から宮城県沖はμ値が他の地域よりも高く,普段から地震活動が活発 な地域であることに注意が必要である.また,両地域とも,日別地震数がμ値に近づくにつれて値 にばらつきが見られるようになっている.

東日本大震災の発生を受け、防災科研は房総沖から十勝沖の海域に日本海溝地震津波観測網(Snet)を整備し、2016年5月より順次運用を開始した⁸⁾. 2020年9月より一元化カタログ構築にS-net データが利用されており、既に東北地方太平洋沖で発生する地震の検知率や震源決定精度の向上が 確認されている.今後は、震源分布や発震機構解などから地震発生層を分類し、それぞれの層での 地震活動推移が評価できるようになることが期待される.また、S-net データ解析を通じ、東北地方 太平洋沖から十勝沖におけるスロー地震活動の検知力も格段に向上した.これまでの解析で、プレ ート境界型大地震の震源域や余震域とスロー地震の震央分布がすみ分けていること、発生頻度が場 所によって異なることなどから、海溝軸に沿ってすべり挙動に強い不均質性が存在することが示唆 されている.スロー地震解析を通じ、当該地域で発生しうる巨大地震についての重要な情報が得ら れることを期待したい.

> (汐見 勝彦) SHIOMI Katsuhiko

謝辞

大森-宇津則の地震カタログへの適用は,統計数理研究所・尾形良彦名誉教授による地震活動解 析プログラム⁹を使用させて頂きました.また,北海道大学,弘前大学,東北大学,東京大学,青 森県,海洋研究開発機構,地震予知総合研究振興会,気象庁及び防災科学技術研究所等の観測デー タを気象庁と文部科学省が協力してデータを処理した「気象庁一元化震源カタログ」を使用しまし た.

参考文献

- 1) Asano, Y. et al. (2011), Spatial distribution and focal mechanisms of aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, **63**, 29, doi: 10.5047/eps.2011.06.016.
- 2) Uchida, N. & Matsuzawa, T. (2013), Pre- and postseismic slow slip surrounding the 2011 Tohoku-oki earthquake rupture, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **374**, 81-91, doi: 10.1016/j.epsl.2013.05.021.
- 3) 気象庁, 地震月報 (カタログ編), https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html, 2021 年 3 月 8 日確認.
- 4) Kita, S. et al. (2010), Anomalous deepening of a seismic belt in the upper-plane of the double seismic zone in the Pacific slab beneath the Hokkaido corner: Possible evidence for thermal shielding caused by subducted forearc crust materials, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **290**, 415-426, doi: 10.1016/j.epsl.2009.12.038.
- Nakajima, J. & Hasegawa, A. (2006), Anomalous low-velocity zone and linear alignment of seismicity along it in the subducted Pacific slab beneath Kanto, Japan: Reactivation of subducted fracture zone?, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16309, doi: 10.1029/2006GL026773.
- 6) Nakajima et al. (2009), Seismic evidence for thermally-controlled dehydration reaction in subducting oceanic crust, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L03303, doi: 10.1029/2008GL036865.

- 7) 宇津徳治 (1957), 地震のマグニチュードと余震の起りかた, 地震 2, 10, 35-45, doi: 10.4294/zisin1948.10.1_35.
- 8) Aoi et al. (2020), MOWLAS: NIED observation network for earthquake, tsunami and volcano, *Earth Planets Space*, **72**, 126, doi: 10.1186/s40623-020-01250-x.
- 9) Ogata, Y. (2006), Statistical analysis of seismicity updated version (SASeis2006), *ISM Computer Science Monographs*, **33**, https://www.ism.ac.jp/~ogata/Ssg/ssg_softwares.html, 2021 年 3 月 8 日確認.



第1図 東北地方太平洋沖地震時の大すべり域付近の M-T 図(2004 年1月~2021 年1月). 評価対象とした震央領 域を地図中に灰色で示した. 星印は東北地方太平洋沖地震の震央位置を表す.

Fig. 1 M-T diagram of earthquakes from Jan. 2004 to Jan. 2021 in the gray area, corresponding to the large slip area of the Tohoku earthquake, on the left map. The star on the map denotes the epicenter of the Tohoku earthquake.



- 第2図 (a) 2011/3/11 から 2021/1/31 までに東北地方太平洋沖周辺で発生した M5 以上の地震の震源分布と解析対象 とした余震域(矩形). (b)-(e) 東北地方太平洋沖地震の余震域内における1日あたりの地震数(黒点)と大 森ー宇津則の適用結果(赤線). 橙破線は 2021 年1月末,青線は背景地震活動率μを表す. (b) M5 以上. (c)プレート境界付近で発生した M5 以上の地震. (d) M3 以上の地震. (e) プレート境界付近で発生した M3 以上の地震.
- Fig. 2 (a) Hypocenter distribution of $M \ge 5$ earthquakes that occurred off the Pacific coast of Tohoku observed from March 11, 2011 to January 31, 2021. The rectangle denotes the aftershock area of the Tohoku earthquake. (b)-(e) Daily number of earthquakes that occurred within the aftershock area (black dots) and the fitting results of the Omori-Utsu law (red line). The orange dashed and blue lines denote the timing of the end of January 2021 and the background seismicity rate μ , respectively. (b) Earthquakes with $M \ge 5$. (c) $M \ge 5$ earthquakes that occurred near the plate boundary. (d) Earthquakes with $M \ge 3$. (e) $M \ge 3$ earthquakes that occurred near the plate boundary.



- 第3図 (a) 評価対象とした地震の震央分布.(b)-(e) 各領域での1日あたりの地震数(黒点)と大森-宇津則の適用結果(赤線). 橙破線は2021年1月末,青線は背景地震活動率μを表す.(b) 三陸沖のプレート境界付近で発生する M5以上の地震.(a)に黄緑色,濃緑色で表示されている.(c) 福島県沖および茨城県沖のプレート境界付近で発生する M5以上の地震.(a)に水色,紺色で表示されている.(d) プレート境界付近で発生する深さ40km以深,M5以上の地震.(a)に濃緑色、暗灰色,紺色で表示されている.(c) 宮城県及び福島県はるか沖の海溝軸外側で発生する M5以上の地震.(a)に紫色で表示されている.
- Fig. 3 (a) Epicenter distribution of target earthquakes. (b)-(e) Daily number of earthquakes that occurred within each target area (black dots) and the fitting results of the Omori-Utsu law (red line). The orange dashed and blue lines denote the timing of the end of January 2021 and the background seismicity rate μ , respectively. (b) $M \ge 5$ earthquakes that occurred near the plate boundary in the off Sanriku region. The target events are indicated as yellow-green and dark green circles in (a). (c) $M \ge 5$ earthquakes that occurred near the plate boundary in the off Sanriku region. The target events are indicated as sky-blue and dark blue circles. (d) $M \ge 5$ earthquakes that occurred near the plate boundary with a depth of 40 km or deeper. The target events are indicated as dark green, dark gray, and dark blue circles. (e) $M \ge 5$ earthquakes that occurred in the far off Miyagi and Fukushima. The target events are indicated as purple circles.

Dataset		μ	Κ	С	р
Aftershock area / All events $M \ge 5$	(Fig. 2-b)	5.12E-02	6.45E+01	2.18E-16	9.25E-01
Aftershock area / Plate boundary $M \ge 5$	(Fig. 2-c)	1.84E-02	1.41E+01	1.40E-16	8.42E-01
Aftershock area / All events $M \ge 3$	(Fig. 2-d)	1.96E+00	3.19E+03	2.57E+00	8.61E-01
Aftershock area / Plate boundary $M \ge 3$	(Fig. 2-e)	7.49E-01	6.78E+02	1.95E+00	8.01E-01
Off Sanriku / Plate boundary $M \ge 5$	(Fig. 3-b)	3.91E-03	2.56E+00	3.22E-15	7.48E-01
Off Fukushima & Ibaraki / Plate boundary $M \ge 5$	(Fig. 3-c)	7.82E-03	7.70E+00	7.35E-18	8.81E-01
$Z \ge 40 \text{ km}$ / Plate boundary $M \ge 5$	(Fig. 3-d)	5.87E-03	4.14E+00	3.81E-18	7.47E-01
Far off Miyagi & Fukushima M≥5	(Fig. 3-e)	1.96E-03	4.44E+00	1.12E-01	9.31E-01

第1表 第2図及び第3図に示した大森-宇津則の適用結果

Table 1 Fitting results of Omori-Utsu formula shown in Figs 2 and 3.