

## 12 - 11 東北地方太平洋沖地震後の関東地方の相似地震活動

### Repeating earthquake activity below the Kanto region after the Off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED)

#### 1. はじめに

関東地方ではフィリピン海プレートおよび太平洋プレートの沈み込みに伴って多数の相似地震が見出されている<sup>1)2)</sup>。関東地方の相似地震はプレート境界上の微小なアスペリティにおける破壊の繰り返しと考えられ、その活動は周囲のプレート運動を反映すると期待される。そこで、防災科研ではプレート運動モニタリングを目的として相似地震の自動解析を行なっている<sup>2)</sup>。一方、2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生した(以後、東北沖地震とする)。この地震には多くの余震が伴い、また余効すべりが継続しており関東地方下でもプレート運動が大きく変化した可能性がある。そこで、関東地方下のプレート運動を明らかにする目的で、この地震の後の相似地震の発生メカニズムについて確認し、次いでその活動変化について調査した。

#### 2. 相似地震カタログの作成

防災科研では地震波形記録の相互相関解析に基づき相似地震の自動検出を行っている<sup>2)</sup>。解析手法および相似地震と判定する条件は、東北沖地震以前と同じ内容(Kimura et al., 2006; 木村, 2010)<sup>1)2)</sup>を採用した。相互相関解析に基づき相似地震ペアが得られた後、共通した地震を共有するペアを同一のグループと見なし、同一の地震が複数のグループに含まれなくなるまでグルーピングを繰り返した。さらに、定常的に活動する相似地震を抜き出すため、活動期間が10年以上の相似地震グループを抽出した。検出された相似地震は、震源位置および発震機構解に基づきフィリピン海プレートおよび太平洋プレートの分類を行なっている<sup>2)</sup>。本稿では、2012年3月31日までに発生した相似地震を解析した。東北沖地震後に発生した相似地震については、同一グループ内の地震の、この地震以前の分類に基づき区分けした。解析の結果、東北沖地震後も多数の相似地震が検出され、全期間でフィリピン海プレートでは190グループ1033イベント、太平洋プレートでは376グループ3868イベントが抽出された。

#### 3. 相似地震の発生メカニズム

東北沖地震後、日本列島各地で地震活動が大きく変化したことから、まずこの地震後の相似地震の発生メカニズムを確認した。この目的で、特に発震機構解および詳細分布について調査した。

防災科研 AQUA<sup>3)</sup>による相似地震の発震機構解を第1図に示す。フィリピン海プレートについて見ると、フィリピン海プレートと日本島弧との間の相対運動方向と調和的な低角逆断層型の発震機構解が得られている。これは、東北沖地震後に発生した相似地震(赤線で縁取ったシンボルで示す)についても同様である。次に、太平洋プレートについて見ると、フィリピン海プレート北限(上野ほか, 2008)<sup>4)</sup>より北では太平洋プレートと日本島弧、南では太平洋プレートとフィリピン海プレートが接する。こちらもそれぞれの領域の相対運動方向<sup>5)6)</sup>と調和的なすべり方向を有する低角逆断層型

の発震機構解が得られている。東北沖地震後も同様である。

次に、相似地震の発生場を明らかにするため、相似地震の詳細分布を決定した。手法はこれまで（木村ほか, 2009）<sup>7)</sup>と同様である。2002年9月以降に発生した相似地震を対象とし、相似地震グループ毎に波形相関を用いた Double Difference 法<sup>8)</sup>により詳細震源分布を決定した。波形相関は、グループ内の地震すべてのペアについて解析した。

得られた結果の一例を第2図に示す。シンボルの大きさは地震の規模から予想されるおおよその断層サイズを表し、東北沖地震後に発生した相似地震を赤シンボルで示す。東北沖地震後も含めて、すべての相似地震が断層サイズ内に分布した。これより、このグループの相似地震は、東北沖地震の後も同一のパッチで破壊を繰り返したことが分かる。関東地方の相似地震グループについて同様の解析を行ったところ、太平洋プレート・フィリピン海プレートいずれでも、東北沖地震後を含めてほぼすべて(98%)の相似地震が断層サイズ内に分布した。

発震機構解および詳細分布より、関東地方のフィリピン海プレートおよび太平洋プレート上面で発生する相似地震は同じパッチで破壊を繰り返しており、相似地震の活動は周囲のプレート間すべりを反映すると期待される。

#### 4. 相似地震の活動変化

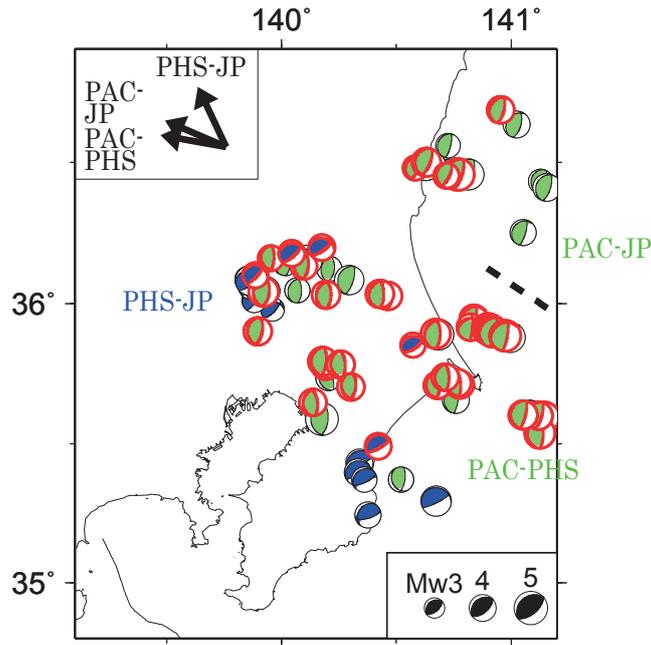
相似地震の活動変化を明らかにするため、東北沖地震前後の相似地震の繰り返し間隔の変化に着目した。東北沖地震前の繰り返し間隔の平均値を  $\Delta t_1$ 、東北沖地震後の繰り返し間隔の平均値を  $\Delta t_2$  とし、繰り返し間隔の変化率  $\Delta t_2/\Delta t_1$  をグループ毎に求めたところ、その頻度分布は第3図のようになった。 $\Delta t_2/\Delta t_1$  が1より小さい、すなわち東北沖地震後に繰り返し間隔が短くなった相似地震グループが、フィリピン海プレートおよび太平洋プレートいずれでも見出された。相似地震の繰り返し間隔が短縮したことは周囲でプレート間すべりが加速したことを示すと考えられる。その発生場所を見るため、繰り返し間隔の変化率の空間分布を第4図に示す。繰り返し間隔の短縮した相似地震は、フィリピン海プレートでは関東北部、太平洋プレートでは関東地方東部で見られた。

太平洋プレートでは、フィリピン海プレート北限を越えて関東直下でも繰り返し間隔の短縮が見られた。GPSデータのインバージョン解析<sup>9)</sup>により岩手県から福島県および銚子の沖で大きな余効すべりが推定されており、銚子沖の余効すべりにより深部でもすべりが誘発された可能性がある。詳しく見ると、相似地震の活動変化は一様ではなく、銚子付近ではM6級地震の発生前にすべりの減速が見られる<sup>10)</sup>。同様の現象は以前にも報告している<sup>2)</sup>が、減速の期間が以前は2~5年だったのに対し、今回は約1ヶ月と短い。フィリピン海プレートでは関東北部で繰り返し間隔の短縮が明瞭だったが、関東南部では明瞭ではない。一方、房総沖では2011年10-11月にスロースリップイベント(SSE)が発生した<sup>11)</sup>。房総SSEは平均6年間隔で繰り返し発生してきたが、2011年はこれまでで最短の4年2ヶ月で再来した。関東北部のすべりにより南部でも応力が蓄積しSSEの発生に至った可能性がある。

(木村尚紀)  
Hisanori Kimura

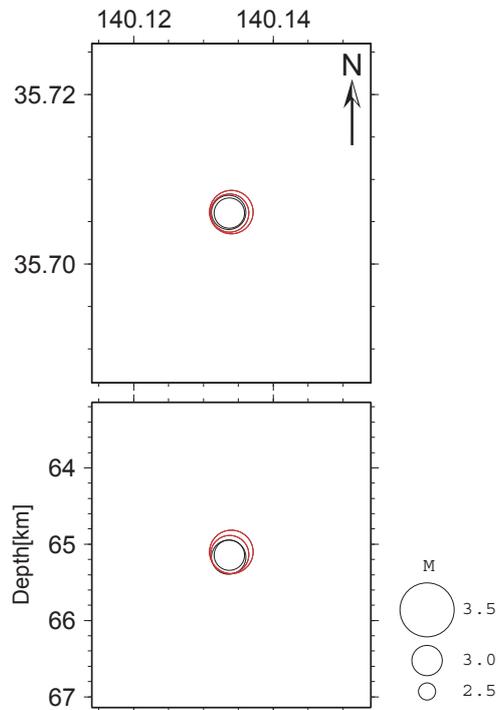
## 参考文献

- 1) Kimura, H., Kasahara, K., Igarashi, T., and Hirata, N.: Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan: a new plate configuration revealed by interplate aseismic slips. *Tectonophysics*, 417, 101–118, 2006.
- 2) 木村尚紀, 関東地方の相似地震, 連絡会報, 83, 596-608, 2010.
- 3) 松村 稔・伊藤善宏・木村尚紀・小原一成・関口渉次・堀 貞喜・笠原敬司: 高精度即時震源パラメータ解析システム(AQUA)の開発, 地震 2, 59, 167-184, 2006.
- 4) 上野友岳・武田哲也・木村尚紀・小原一成・笠原敬司・鶴哲郎, 関東東方沖における太平洋およびフィリピン海プレートの沈み込みの形態と地震活動, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, J248-005, 2008.
- 5) Seno, T., Stein, S., Gripp, A.E., A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological data. *J. Geophys. Res.* 98, 17941– 17948, 1993.
- 6) Seno, T., Sakurai, S., Stein, S., Can the Okhotsk plate be discriminated from the North American plate? *J. Geophys. Res.* 101, 11305– 11315, 1996.
- 7) 木村尚紀・武田哲也・小原一成・笠原敬司, 関東地方の相似地震に見られるすべり速度の分布, 日本地震学会講演予稿集, P3-47, 2009.
- 8) Waldhauser, F. and Ellsworth, W. L.: A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 1353-1368, 2000.
- 9) Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita, and T. Imakiire, Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, *Nature*, 475, 373–376, 2011.
- 10) 松原誠・汐見勝彦・武田哲也・木村尚紀・松本拓己・廣瀬 仁・浅野陽一・齊藤竜彦・松澤孝紀・上野友岳・木村武志・三好崇之・田中佐千子・エネスクボグダン・松林弘智・風神朋枝・針生義勝, 防災科学技術研究所高感度地震観測網が捉えた 2011 年東北地方太平洋沖地震—観測記録・被害・対応—, 防災科学技術研究所 主要災害調査, 48, 15-51, 2012.
- 11) 木村尚紀・廣瀬仁, 房総半島沖スロースリップイベント (2011 年 10-11 月), 連絡会報, 87, 185-190, 2012.



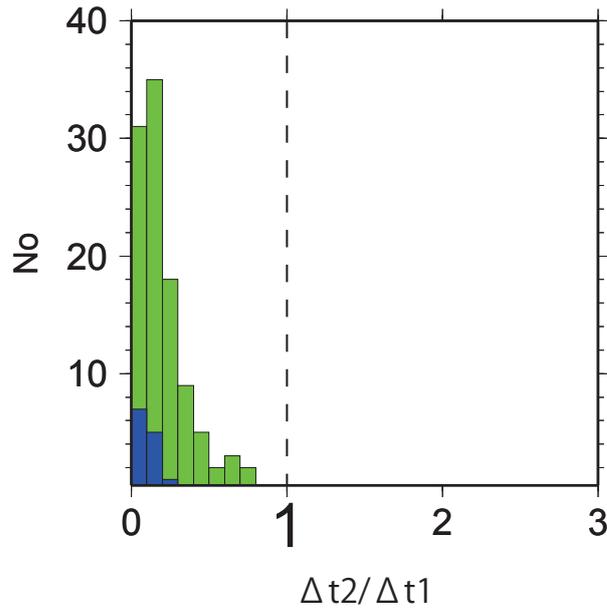
第1図 防災科研 AQUA<sup>3)</sup>による関東地方の相似地震の発震機構解の分布。フィリピン海プレートおよび太平洋プレート上で発生する相似地震をそれぞれ青および緑色のシンボルで示す。赤線で縁取ったシンボルは東北沖地震後に発生した相似地震を示す。フィリピン海プレート北限(黒破線)<sup>4)</sup>およびプレート相対運動方向<sup>5)6)</sup>をあわせて示す。

Fig. 1 Focal mechanisms of repeating earthquakes determined by NIED AQUA<sup>3)</sup> at Kanto region. Repeating earthquakes on the Philippine Sea plate (PHS) and the Pacific plate (PAC) are shown by blue and green symbols, respectively. Symbols with red lines denote repeating earthquakes after the 2011 Pacific coast of Tohoku Earthquake (hereinafter, Off-Tohoku Earthquake). The northern edge of the PHS (thick broken line)<sup>4)</sup> and directions of relative plate motion<sup>5)6)</sup> are also shown.



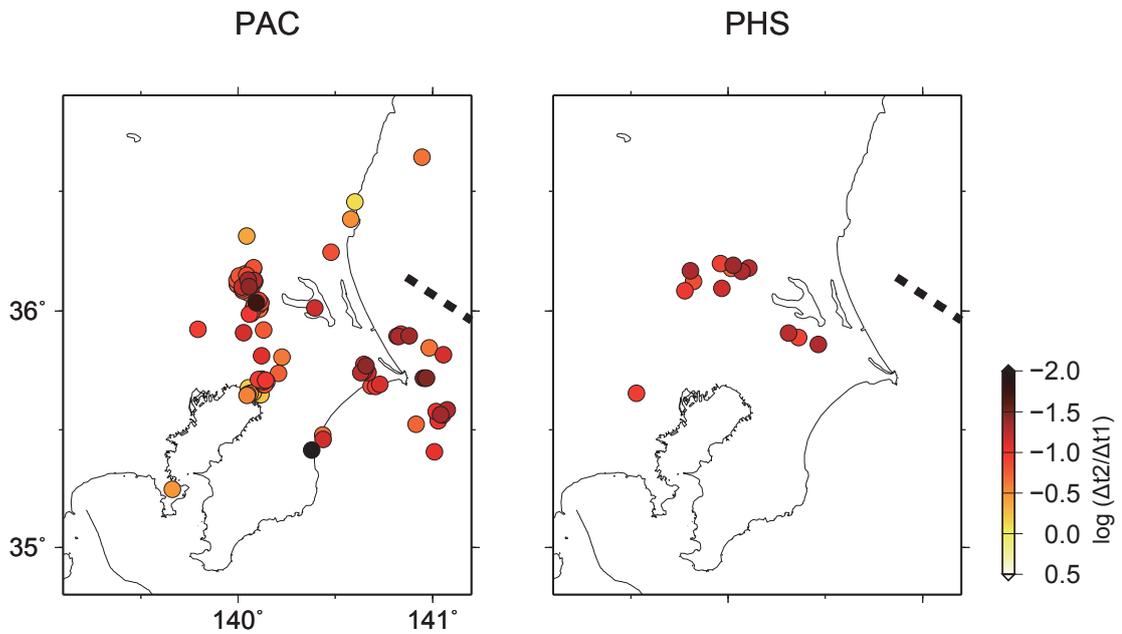
第2図 同一グループの相似地震の詳細分布。震央分布および東西断面を示す。シンボルサイズはおおよその断層サイズを表す。

Fig. 2 Detailed hypocentral distribution in the identical repeating earthquake group. The epicentral distribution and the E-W cross section are shown. Size of symbol represents fault dimension, approximately.



第3図 相似地震グループ毎の東北沖地震前後の繰り返し間隔の平均値の変化率の頻度分布。フィリピン海プレートおよび太平洋プレートの相似地震をそれぞれ青および緑で示す。

Fig.3 The frequency of the ratio between the averaged recurrence intervals before and after the Off-Tohoku Earthquake for each repeating earthquake group. Repeating earthquakes on the PHS and the PAC are shown by blue and green bars, respectively.



第4図 相似地震グループ毎の東北沖地震前後の繰り返し間隔の平均値の変化率の空間分布。黒破線はフィリピン海プレート北限<sup>4)</sup>を示す。

Fig.4 The spatial distribution of the ratio between the averaged recurrence intervals before and after the Off-Tohoku Earthquake for each repeating earthquake group. Each symbol denotes the ratio for each repeating earthquake group. The northern edge of the PHS<sup>4)</sup> is shown by thick broken line.