

12 - 11 巨大地震サイクルに伴う ゆっくり地震の活動変化と検知可能性

Detectability for activity change of slow earthquake through a cycle of megathrust earthquake

海洋研究開発機構

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

有吉 慶介・中田 令子・堀 高峰・金田 義行

Keisuke Ariyoshi, Ryoko Nakata, Takane Hori, Yoshiyuki Kaneda

1. 東北地方太平洋沖地震と浅部ゆっくり地震活動との関連性

Relationship between the 2011 Tohoku Earthquake and shallow slow earthquake activity

地震発生帯の遷移域で発生すると考えられている超低周波地震は、南海トラフ沿いの沈み込み帯だけでなく、東北沖でも発生していることが、最近の詳細な解析によって確かめられている (e.g., 防災科学技術研究所, 2012).

その超低周波地震の活動について、東北地方太平洋沖地震の発生前後で比べてみると、岩手・福島・茨城沖では東北地方太平洋沖地震の発生後に活発化したのに対して、宮城沖では不活発となる傾向が続いている (Fig. 1). このような超低周波地震の活動に地域差が見られる要因として、摩擦特性の不均質性が挙げられえるが、一方で、西南日本で捉えられている深部低周波微動は、沈み込みプレート境界面の 30km 等深線上に沿って帯状に分布している (Obara, 2002). このことを摩擦不均質性の仮説が正しいとして当てはめると、南海トラフ沿いの深部側では、それほど不均質性が強くないことを示唆する。その場合、

(A-1) 沈み込みプレート境界面における摩擦特性の不均質性について、南海トラフ沿いと日本海溝沿いで異なる、

(A-2) 同じプレート境界面であっても、浅部側と深部側の遷移域 (Fig. 1) において、摩擦特性の不均質性が異なる、という 2つの条件のうち、少なくとも 1つは当てはまる必要がある。

Ariyoshi et al. (2014) では、沈み込みプレート境界面に速度・状態依存摩擦構成則を適用し、海溝型巨大地震とゆっくり地震が共存するモデルを構築した。ゆっくり地震の活動は、小アスペリティの連鎖破壊によって再現した。この数値シミュレーション結果より、以下のことが明らかになった。

(B-1) 海溝軸方向（走行方向）に沿って摩擦特性が均質であっても、海溝型巨大地震を引き起こす強い固着域が存在する場合、その固着域の中央部と外縁部で、浅部側の超低周波地震の活動は異なる。

(B-2) 固着域の中央部では、隣接する海溝型巨大地震の発生後、強い固着が広がると共に、浅部側の超低周波地震の活動はその周辺で静穏化する。その静穏期間は、海溝型巨大地震震源域の摩擦不安定性が大きいほど長くなる傾向がある。逆に、海溝型巨大地震の発生が近い直前の時期では、固着が剥がれてきているため、活発化する。

(B-3) 固着域の外縁部では、海溝型巨大地震の震源域から離れているため、余効すべりの影響により、海溝型巨大地震の発生後に活発化する。海溝型巨大地震の震源域が強く固着している期間であっても、固着域から遠いため、その影響は弱く、静穏化はみられない。海溝型巨大地震の発生準備段階に入ると、周辺部から固着が剥がれる影響で、超低周波地震の活発化が、中央部よりも早まる。

(B-4) それに対して深部側については、中央部と外縁部の違いが小さく、走行方向全域に渡って

定常的に超低周波地震が発生する傾向がみられる。

(B-5) この浅部と深部の違いについて、地表面の自由境界条件による応力変化の増幅効果が深部側では小さいためである。

2. 東北沖および東南海沖におけるプレート間カップリングの推定に向けて

A trial estimation of interplate coupling off Tohoku and Tonankai

上記の結果を東北沖および東南海沖に適用することで、プレート間カップリングの推定を試みる。東南海沖については、Sugioka et al. (2012) によって見出された浅部超低周波地震の震源分布と東海・東南海・南海地震の想定セグメント (中央防災会議, 2003) を参考にした。その概要は、以下のようによまとめられる。

(C-1) 岩手沖・茨城沖・福島沖は、東北地方太平洋沖地震の震源域外縁部に位置するため、(B-3) により、巨大地震に伴う余効すべりによって浅部超低周波地震が活発化したと考えられる。

(C-2) 宮城沖は、東北地方太平洋沖地震の震源域外縁部に位置するため、(B-2) により、地震直後から強い固着が近傍で生じるため、浅部側において浅部ゆっくり地震の活動が静穏化する。

(C-3) 宮城沖での浅部超低周波地震活動の静穏期間が数十年以上続くことになれば、その周辺でのプレート間カップリングが百年以上耐えられる可能性を示唆する証拠となり得る。

(C-4) 超低周波地震が三河沖で不活発、熊野沖で活発となっているのは、東南海地震震源域の中央部と西縁部に位置しているためだと考えられる。

(C-5) 豊橋沖で不活発となっているのは、東海・東南海地震のセグメント間で固着が強いことを示唆する。逆に、熊野沖で活発となっているのは、東南海・南海地震のセグメント間では摩擦不安定性が相対的に弱いか、あるいは摩擦安定となっていると推定される。

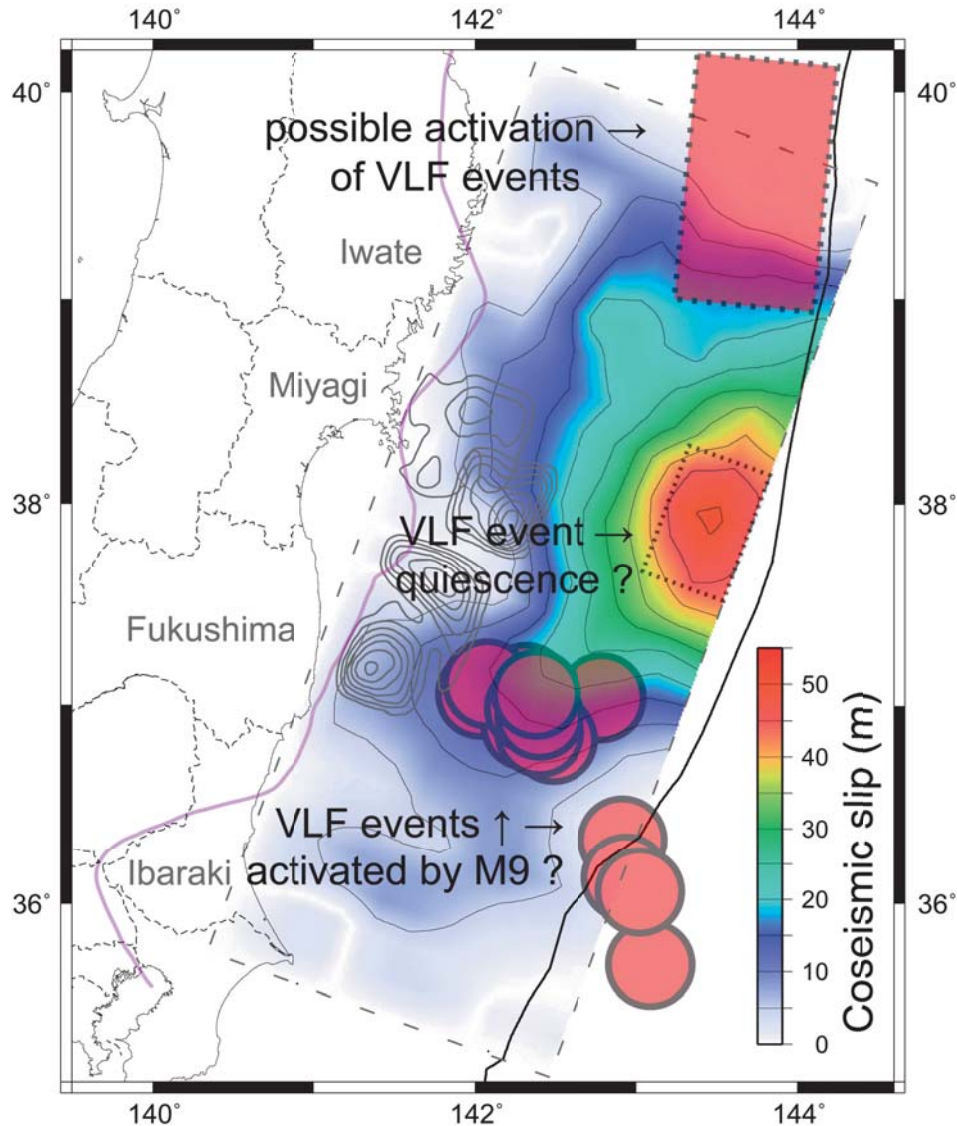
(C-6) これらの考えは、東海地震がこれまで単独で発生していないことや東南海・南海地震の発生に時間差を伴う場合が複数回見られた歴史地震の記録 (e.g., Ishibashi, 2004) とも整合的である。

これらの推定を今後検証するにあたり、DONET や S-net をはじめとする海底観測網を活用して詳細に解析することは、日本海溝や南海トラフにおいて、(D-1) どこで強く固着しているのか、(D-2) スマトラ沖地震 (e.g., Wiseman & Bürgmann, 2011) のように後続する可能性のある海溝型巨大地震が何処なのかを特定する上で有用な手掛かりになると考えられる。

参 考 文 献

- 1) Ariyoshi, K., Matsuzawa, T., Hino, R., Hasegawa, A., Hori, T., Nakata, R. and Kaneda, Y., 2014a. A trial derivation of seismic plate coupling by focusing on the activity of shallow slow earthquakes, *Earth Planets and Space*, vol. 66(55), doi:10.1186/1880-5981-66-55.
- 2) 中央防災会議, 2003. 東南海・南海地震等に関する専門委員会 (第 16 回), http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/16/index.html
- 3) Igarashi, T., Matsuzawa, T., Umino, N. and Hasegawa, A., 2001. Spatial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-plated deep seismic zone, *J. Geophys. Res.*, 106, 2177-2191.
- 4) Ishibashi, K., 2004. Status of historical seismology in Japan, *Ann. Geophys.*, vol.47, pp.339-368.
- 5) 室谷 智子, 2003. 1938 年に起きた複数の福島県東方沖地震の比較研究, 東京大学大学院理学系研究科修士論文.

- 6) 防災科学技術研究所, 2012. 日本周辺における浅部超低周波地震活動 (2011年6月~10月), 地震予知連絡会会報, 87, 5-7.
- 7) Obara, K., 2002. Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, *Science*, 296, 1679-1681.
- 8) Sugioka, H., Okamoto, T., Nakamura, T., Ishihara, Y., Ito, A., Obana, K., Kinoshita, M., Nakahigashi, K., Shinohara, M. and Fukao, Y., 2012. Tsunamigenic potential of the shallow subduction plate boundary inferred from slow seismic slip, *Nature Geosci.*, 5, 414-418, doi:10.1038/NGEO1466.
- 9) Uchida, N., Nakajima, J., Hasegawa, A., and Matsuzawa, T., 2009. What controls interplate coupling?: evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the N. E. Japan subduction zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 283, 111-121, doi:10.1016/j.epsl.2009.04.003
- 10) Wiseman, K. and Bürgmann, R., 2011. Stress and Seismicity Changes on the Sunda Megathrust Preceding the 2007 M_w 8.4 Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 101(1), 313-326.
- 11) Yagi, Y. and Fukahata, Y., 2011. Rupture process of the 2011 Tohoku-oki earthquake and absolute elastic strain release, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L19307, doi:10.1029/2011GL048701.
- 12) Yamanaka, Y. and Kikuchi, M., 2004. Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.* 109, B07307, doi:10.1029/2003JB002683.



第1図 2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の地震時すべり分布 (Yagi and Fukahata, 2011) に、2011年6月1日～11月1日で確認された超低周波地震の震央分布 (赤丸) (防災科学技術研究所, 2012), 地震活動の深部境界線 (桃色線) (Igarashi et al., 2001; Uchida et al., 2009), 深部側の震源域 (灰色) (室谷, 2003; Yamanaka and Kikuchi, 2004) を重ねた空間関係図. この図は, Ariyoshi et al. (2014) から転載したものである.

Fig.1 Epicenter distribution of the VLFs that occurred from June to October, 2011 [red circles determined by NIED (2012)], following the 2011 Tohoku earthquake. Coseismic slip are indicated by a color scale (Yagi and Fukahata, 2011). The gray contours denote the slip areas for the recent major earthquakes at Miyagi-oki in 1978 (M7.4) and 1936 (M7.4), and at Fukushima-oki in 1938 (M7.3, M7.4, and M7.5; Murotani, 2003; Yamanaka and Kikuchi, 2004). The gray broken lines denote the borders of Iwate, Miyagi, Fukushima, and Ibaraki prefectures. Gray and pink bold lines denote the trench axis and the down-dip limit of interplate earthquakes (Igarashi et al., 2001; Uchida et al., 2009). This figure is cited from Ariyoshi et al. (2014).