

1-3 宮城県沖における海底地震繰り返し観測

日野 亮太（東北大学災害科学国際研究所）

1. 研究の目的

宮城県沖では、東北地方太平洋沖地震の発生前後でプレート境界近傍における中小地震活動の活動度が大きく変化していることが知られています（Suzuki *et al.*, 2012）。本震に伴う断層すべりの大きさが宮城県沖で非常に大きかったこと（Iinuma *et al.*, 2012）を考えると、この現象の理解は超巨大地震の発生メカニズムを理解する上で重要な手がかりを与えるものと期待されます。宮城県沖では、平成 20 年度から海底地震及び水圧観測が行われてきており、こうした海底観測を継続することにより、超巨大地震発生後の地震活動の時空間変化を捉えることを、本研究課題の目的としました。この調査観測とこれまでに蓄積された観測データとをあわせることにより、本震の震源となり大規模な断層すべりが生じた宮城県沖での、地震発生準備～直前～地震時～回復のそれぞれの時期の地震活動の特徴を把握することを通して、超巨大地震発生のメカニズムの理解と、周辺域における大地震の発生の長期評価に貢献することができると期待しました。また、海底水圧観測は、海底での上下方向の地殻変動（隆起・沈降）を可能とする（例えば、Ito *et al.*, 2011; Ohta *et al.*, 2012; Ito *et al.*, 2013; Hino *et al.*, 2013）ものであり、これにより海底変動を捉えることにより、プレート境界断層の固着・すべり状態を把握することを試みました。

2. 研究の実施

海底地震観測は、気象庁観測船「啓風丸」及び「凌風丸」の航海により宮城県沖において海底地震計の設置・回収を行いました（図 1）。これまでに、気象庁一元化処理によって震源が決定されている地震のうち、2012 年 4 月から 2013 年 7 月までに発生した M3 以上の 3,300 個余りの地震について、海底地震計のデータを加えることにより震源を再決定しました（図 2、黒点）。本調査観測期間中では、海底地震観測網下での地震活動が低調で、地震活動（震源の分布等）の明瞭な時間変化を見いだすことはできませんでした。

地震前後の海底圧力観測で蓄積されたデータの検討から、東北地方太平洋沖地震後の宮城県沖における海底地殻変動の状況把握を試みました。

2011 年 3 月 11 日の本震前に設置されていた圧力計のデータからは、地震発生直後のおよそ半年間の変動を見いだすことができ、広い範囲で沈降の変動が継続したことが示されました（図 3、海上保安庁・東北大学, 2013）。

一方で、地震後の 1 年以上の長期間にわたる変動の様子の把握は、想定より地殻変動量が小さかったことから、圧力観測システムの長期不安定性による見かけの変動と真の地殻変動との分離が難しく、現時点では限られた観測点でしか地震後地殻変動の様子を捉えることができませんでした。

図 4 の観測点配置に示された海底圧力観測点のうち、P03 と P06 の 2 観測点では、東北地方太平洋沖地震の発生直後の地殻変動の時間変化が得られていて、地震直後の非常に大きな変動速度があったことがわかります（図 5）。しかし、観測地点で継続した観測結果を追加してその後の長期的な変動をみると、地震発生から 1 年以上経過すると、上下変動

速度は数 cm/年程度の大きさとなってしまいます。図中の破線は、経験的に地震後の地殻変動に良く適合すると考えられている対数関数を地震発生直後の観測データに当てはめたものですが、実際に観測される変動速度は、理論的に予測される変動に比べて早く減衰している可能性が指摘できます。地震直後の観測データがない、KAMN 及び MYGI 観測点での変動の検知を試みましたが、有意な上下変動を検知することはできませんでした。



図1 気象庁「凌風丸」船上での海底地震計

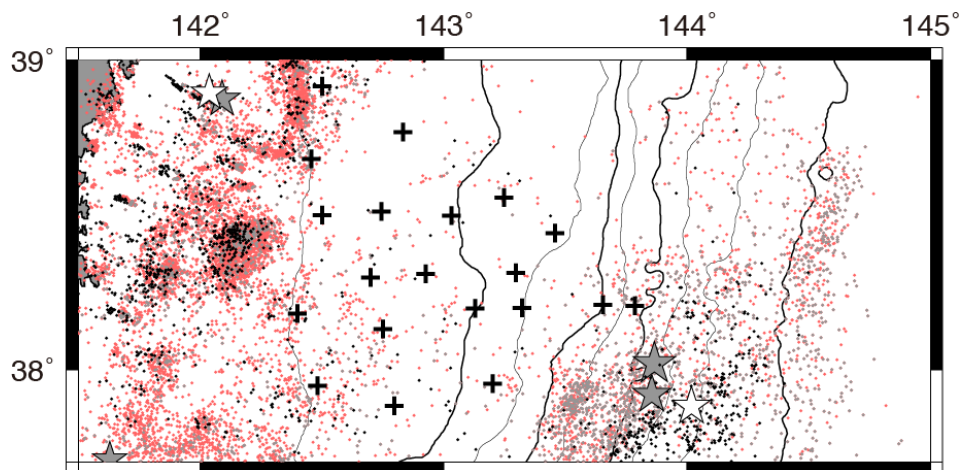


図2 海底地震観測のデータを加えて再決定した震央分布
黒丸が再決定によるもの。灰色・赤点は、気象庁一元化処理による震央（灰色は M3 以上、赤は M3 未満）。黒点は OBS データを用いて再決定されたもの。星印は再決定ができた M6 以上の地震（灰色は一元化処理、白が再決定）。+印は OBS の位置。

2011/04/23~2011/12/10

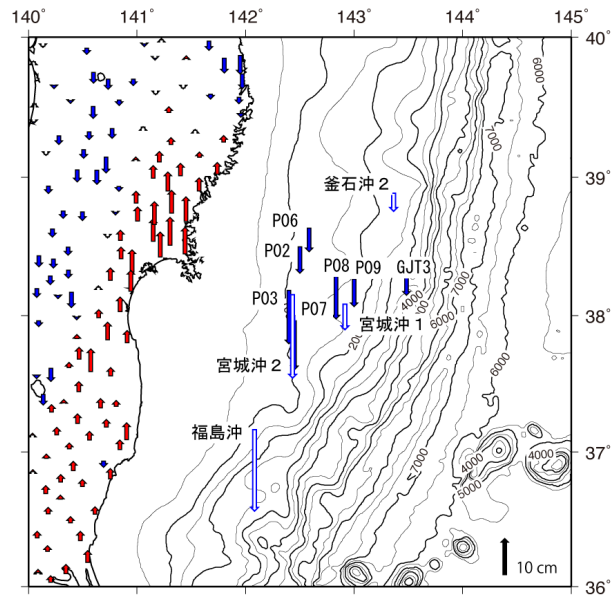


図3 東北地方太平洋沖地震直後の地殻上下変動の分布
陸域の変動は国土地理院のGNSS観測による。海域の白抜き矢印は、海上保安庁の観測の結果（海上保安庁・東北大学，2013）。

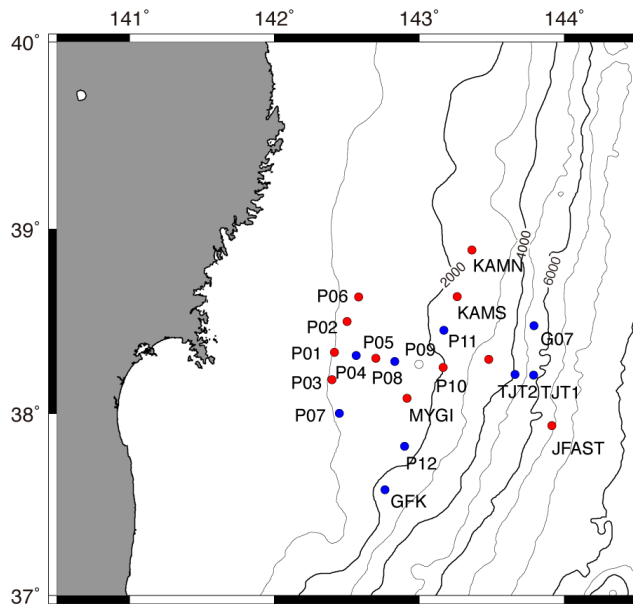


図4 海底圧力観測の観測点配置
赤：2013年5月観測終了、青：2013年10月観測終了、白：2012年10月観測終了。

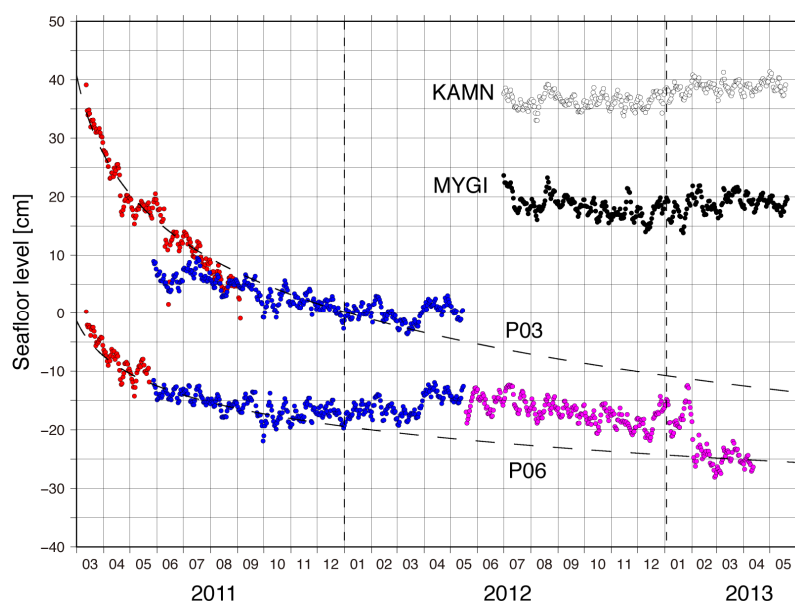


図5 東北地方太平洋沖地震後の海底圧力変化から求めた海底上下変動の時間変化
P03 と P06 の時系列に添えられた破線は、地震発生直後の圧力変化に対数関数を当てはめたもの。

3. 今後の課題

本調査観測の実施期間中では、東北地方太平洋沖地震の震源及び地震時大すべり域が位置する宮城県沖における地震活動の顕著な変化を認めることはできませんでした。しかし、今後本震ですべった断層が地震前の状態に遷移する過程を反映した地震活動の変化は確実に起こるはずですが、それが、どの場所から・どのタイミングで・どのような経緯で起こるのかは予想できません。しかし、この過程を理解することは、超巨大地震の発生メカニズムとその余震活動の推移を理解する上で不可欠であり、この海域の地震観測を継続することは非常に重要です。そうした考えに基づき、我々は本調査観測の終了後も、規模を縮小しつつも観測を継続しています。近い将来、稼働を開始する日本海溝海底地震津波観測網（通称：S-net）によるリアルタイム連続観測データには、こうした観点でも大きな期待が寄せられています。

本調査観測では、宮城県沖周辺での海底上下変動は急速に減衰していることが明らかになりました。これを、他の調査観測で行われている水平方向の地殻変動観測結果と総合すると、現時点での地震後地殻変動の主要因は、地球深部のマントルが粘弾性をもつことにより、地震時の影響が時間遅れをもって現れる現象で説明できることがわかってきました (Sun *et al.*, 2014)。逆に言うと、プレート境界断層は、2011年の地震時に破壊したまま固着を回復していないことを意味します。このことは、顕著な地震活動の変化が見られなかったことと調和します。地震観測と同様に、固着を回復する過程を理解するために継続的な観測体制の維持が求められます。

本調査観測の観測網の中心は、東北地方太平洋沖地震の震源周辺である日本海溝から少し

離れた海域としましたが、本震時に巨大な断層破壊が発生したのは日本海溝のすぐ近くでした。こうした巨大破壊の原因を究明するためには、海溝近くでの超深海観測が必要です。本調査観測でも、一部の観測装置をこうした超深海域に設置し、良好なデータが取得できることが確かめられました。この成果を活かして、科研費など新しい財源の確保の努力を行いながら、日本海溝近傍での長期観測にも着手し、日本海溝のごく近くのプレート境界断層では固着が再開しつつある可能性が見え始めています。

引用文献

- Hino, R., D. Inazu, Y. Ohta, Y. Ito, S. Suzuki, T. Iinuma, Y. Osada, M. Kido, H. Fujimoto, Y. Kaneda, Was the 2011 Tohoku-Oki earthquake preceded by aseismic preslip? Examination of seafloor vertical deformation data near the epicenter, *Marine Geophys. Res.*, DOI 10.1007/s11001-013-9208-2, 2013.
- Iinuma, T., R. Hino, M. Kido, D. Inazu, Y. Osada, Y. Ito, M. Ohzono, H. Tsushima, S. Suzuki, H. Fujimoto, and S. Miura, Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data, *J. Geophys. Res.*, **117**, B07409, doi:10.1029/2012JB009186, 2012.
- Ito, Y., T. Tsuji, Y. Osada, M. Kido, D. Inazu, Y. Hayashi, H. Tsushima, R. Hino, and H. Fujimoto, Frontal wedge deformation near the source region of the 2011 Tohoku Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L00G05, doi:10.1029/2011GL048355, 2011.
- Ito, Y. R. Hino, M. Kido, H. Fujimoto, Y. Osada, D. Inazu, Y. Ohta, T. Iinuma, M. Ohzono, S. Miura, M. Mishina, K. Suzuki, T. Tsuji, J. Ashi, Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Tectonophysics*, **600**, 14-26, 2013.
- 海上保安庁・東北大学, 東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果, *地震予知連絡会会報*, **90**, 3-4, 2013.
- Ohta, Y., R. Hino, D. Inazu, M. Ohzono, Y. Ito, M. Mishina, T. Iinuma, J. Nakajima, Y. Osada, K. Suzuki, H. Fujimoto, K. Tachibana, T. Demachi, S. Miura, Geodetic constraints on afterslip characteristics following the March 9, 2011, Sanriku-oki earthquake, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **39**, L16304, doi:10:1029/2012GL052430, 2012.
- Sun, T., K. Wang, T. Iinuma, R. Hino, J. He, H. Fujimoto, M. Kido, Y. Osada, S. Miura, Y. Ohta, and Y. Hu, Prevalence of viscoelastic relaxation after the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Nature*, doi:10.1038/nature13888, 2014.
- Suzuki, K. R. Hino, Y. Ito, Y. Yamamoto, S. Suzuki, H. Fujimoto, M. Shinohara, M. Abe, Y. Kawahara, Y. Hasegawa and Y. Kaneda, Seismicity near the hypocenter of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake deduced by using ocean bottom seismographic data, *Earth Planets Space*, **64**, 1125 - 1135, 2012.