3-4 東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動観測結果 Seafloor movements observed by seafloor geodetic observations after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

海上保安庁 Japan Coast Guard 東北大学 Tohoku University

海上保安庁では,2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後,日本海溝沿いに設置した海底基準 点において,順次,海底地殻変動観測を実施している.

ここでは、2012 年 12 月までに実施した日本海溝沿い海域における 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平 洋沖地震後の地殻変動について、海上保安庁が実施している GPS/音響測距結合方式による海底地殻変 動(GPS/A)観測結果^{*1}と、東北大学が実施している自己浮上式海底水圧計(OBP)観測*²の結果を報告 する.

1. 水平変動

第1図に海上保安庁のGPS/A 観測の海底基準点の配置と地震後の累積変動量を,第2図に海底基準 点の地震後の局位置解の時系列を示す^{*3,*4,*5}.

「宮城沖1」では、西北西方向の地殻変動が観測されており、本震後の累積変動量は41 cmとなる. 2011 年7月10日の余震(M7.3)から2012年12月7日の三陸沖の地震(M7.3)までの期間でも、西向きに22 cm の地殻変動が観測されている. なお、2012年12月の地震に伴うと考えられる顕著な変位は検出されていな い. また、「釜石沖1」でも、本震後、西向きに22 cm(暫定値)の地殻変動が観測されているが、同海底基準 点の観測結果は他の海底基準点に比べてばらつきが大きく、観測結果の判断には更なる観測データの蓄 積が必要である. その他、「宮城沖2」では南向きに17 cm、「釜石沖2」では北西方向に6 cmの地殻変動 が検出されている.

一方,「福島沖」及び「銚子沖」では,本震後,東南東方向の余効変動が検出されており,時間とともに減 衰している様子がうかがえる.累計変動量は,「福島沖」で65 cm,「銚子沖」で36 cm である.

第3図に,第2図の「福島沖」及び「銚子沖」の水平成分の時系列に対して対数関数近似を行った結果 を示す.対数関数近似は,国土地理院資料(地震予知連絡会会報第88巻参照)と同様の方法で行った. なお,GPS/A 観測は観測回数が少ないため,観測データだけで時定数を精度よく推定することは困難であ ることから,「福島沖」では国土地理院 GNSS 観測点「いわき」,「銚子沖」では同「銚子」における推定値(そ れぞれ8.89日,1.47日)を使用した.「福島沖」及び「銚子沖」の時系列データは,対数関数によくフィットし ていることがわかる. 2. 上下変動

海上保安庁の GPS/A 観測では、「銚子沖」を除くすべての海底基準点で沈降傾向が見られている(第2 図).特に、「宮城沖2」及び「福島沖」で沈降傾向が大きく、本震後の累積沈降量は、それぞれ約30 cm、約35 cm である.

第4図に,東北大学の自己浮上式海底水圧計(OBP)観測結果を示す.

第4図(a)~(g)は、OBPのデータから、潮汐成分と非潮汐海洋変動成分ならびにセンサーの長期ドリフト 成分を除去することにより得られた地震後の余効変動時系列である. 長期ドリフト成分の推定には、顕著な 地殻変動がないと考えられる 2011 年3月7日までの時系列を用いた. 第4図(a)~(g)から、変動レートが 時間とともに減少する様子が認められる. OBPのデータは期間が短く、その時定数を精度よく推定すること は困難と考えられるので、宮城県沿岸部でのGNSS観測点で観測される余効変動時系列を参考に、時定 数を20日に固定して観測時系列に対数関数をあてはめたところ(第4図(a)~(g)の赤線)、全てのOBPデ ータで良い一致がみられる.

第4図(h)は,2011年4月23日から同年12月10日までのOBP観測,海上保安庁のGPS/A観測及び 国土地理院のGNSS観測で得られた上下変動の分布図である.なお,海上保安庁のGPS/A観測結果は, 地震後1回目の観測から2011年11月の観測までの上下変動量である.OBPで観測される海域での上下 変動はいずれも沈降であり,海溝軸から海岸線に向かって,また観測領域南側に向かって沈降量が大きく なる傾向が見られる.この傾向は,GPS/A観測による上下変動の大きさと空間変化とよく一致している.

東北地方太平洋沖地震の震央周辺では複雑な地殻変動を示しており,地震後の海底地殻変動につい て詳細な議論を行うためには更なる観測データの蓄積が必要である.

*2 東北大学の OBP 観測は, 文部科学省委託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」の一環として実施された.

*5 図2について

- ・図は,海底基準点の位置(複数個の海底局の平均位置)を基準からの差として示している.
- ・解析では、重心推定法(松本ほか、2008)を使用している。全エポックのデータから4台の海底局の相対位置関係を決定し、その位置関係を固定して各エポックの重心(4台の海底局の平均位置)の位
- 置変化(東西・南北・上下)を推定している(右図). ・各海底基準点の位置は、当庁の本土基準点である下里(SLR 観測局)を基準と して決定している.図では各海底基準点の位置を下里のユーラシアプレート安定 域に対する速度(291°, 3.2cm/年; Sengoku(1998); SLR グローバル解析による)で 補正し、ユーラシアプレート安定域に対する速度として示している.



^{*1} 東北大学の「GJT3」の結果については、解析に問題がみつかり、結果が変わり得るため、本報告から除外した.

^{*3 「}宮城沖 2」海底基準点は、文部科学省のプロジェクト「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」(平成 14 ~16 年度)の一環として設置したものである.

^{*4} 解析に用いた KGPS 陸上基準点の一部は、国土地理院の電子基準点であり、1 秒データを提供していただいている. また、この観測は、東京大学生産技術研究所との技術協力のもとに実施している.



- 第1図 海上保安庁の各海底基準点における地震後の水平変動(ユーラシアプレート安定域固定) (a) 各海底基準点の観測期間と累積変動量
 - (b) 各海底基準局の配置と水平変動ベクトル

(黄色及び橙色の星印は, それぞれ本震及び海底基準点近傍で発生した主な余震を示す.)

Fig. 1 Horizontal displacements after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake at the seafloor reference points along the Japan Trench (relative to the stable part of the Eurasian plate), derived by the array constraint method (Matsumoto et al., 2008): (a) observation period and cumulative displacements, (b) locations and displacement vectors. The yellow star and the orange stars show the epicenters of the mainshock and the three large aftershocks near the reference points, respectively.



第2図 海上保安庁の各海底基準点の局位置解の時系列(ユーラシアプレート安定域固定)

Fig. 2 Time series of the estimated position of the seafloor reference points relative to the stable part of the Eurasian plate. Blue circles show the new results, and circles with brackets show the relatively unreliable results due to less data. Green and blue dashed lines show the occurrences of the mainshock and the large aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.



Fig. 2 Time series of the estimated position of the seafloor reference points (continued).



第3図 「福島沖」「銚子沖」海底基準点の局位置解の時系列の対数関数近似

※横軸は、東北地方太平洋沖地震発生日からの通日、縦軸は、地震後1回目の観測からの累積変位量を示す。
※赤の破線は、対数関数近似曲線、括弧は、取得データ量が少ないことを示す。
※グラフ中の緑線は、東北地方太平洋沖地震を示す。
※時定数相当の係数は、「福島沖」は国土地理院 GNSS 観測点「いわき」、「銚子沖」は同「銚子」による推定値を使用した。

Fig. 3 Logarithmic function fit to the time series at FUKU and CHOS (red dashed lines). Green dashed lines show the occurrence of the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. The relaxation times are the values at GNSS stations adjacent to the reference points, estimated by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).



第4図 (a)-(g) 東北大学の自己浮上式海底圧力計 (OBP) 観測による海底上下変動

※黒点は、OBP データの時系列(1 日値)、赤実線は、観測時系列に時定数 20 日を仮定して対数関数 (左下)をあてはめたもの.

(h) 陸上 GNSS 観測網, OBP 観測および海上保安庁の GPS/A 観測で得られた上下変動の分布 ※隆起・沈降を赤上向き,青下向きの矢印で示す. GPS/A 観測の結果は白抜きで示す.

Fig. 4 (a)-(g) Time series of the seafloor levels measured by seven ocean-bottom pressure gauges (OBP) operated by Tohoku University.

Red lines indicate logarithmic function fitted by formula written at the lower left. The relaxation time (τ) was given as 20 days.

(h) The vertical displacements observed at onshore GNSS network (red and blue solid arrows), OBPs (blue solid arrows), and seafloor reference points (blue open arrows).