

2011年東北地方太平洋沖地震前後の海底地形調査から明らかになった地殻変動 Coseismic displacement of the 2011 Tohoku-Oki earthquake detected by repeated multi-narrow beam bathymetric surveys

富士原 敏也^{1*}, 小平 秀一¹, 野 徹雄¹, 海宝 由佳¹, 藤江 剛¹, 中村 恭之¹, 高橋 努¹, 山本 揚二郎¹, 佐藤 壮¹, 木戸 ゆかり¹, 中村 武史¹, 高橋 成実¹, 金田 義行¹

FUJIWARA, Toshiya^{1*}, KODAIRA, Shuichi¹, NO, Tetsuo¹, KAIHO, Yuka¹, FUJIE, Gou¹, NAKAMURA, Yasuyuki¹, TAKAHASHI, Tsutomu¹, YAMAMOTO, Yojiro¹, SATO, Takeshi¹, KIDO, Yukari¹, NAKAMURA, Takeshi¹, TAKAHASHI, Narumi¹, KANEDA, Yoshiyuki¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の緊急調査として地震直後より、震源・津波波源域で、調査船「かいいい」による日本海溝横断のマルチチャンネル反射法地震探査、マルチナロービーム音響測深海底地形調査が実施された。数調査測線は既存構造調査と同一測線をとって、地震前後の海底地形を比較して海底変動を調べた。結果には鉛直方向に数m、水平方向には20m程度の不確定さがあると思われるものの、桁違いに大きい2011年東北沖地震の地殻変動は海底地形調査で検知された。

宮城沖では、過去1999年と2004年の2度「かいいい」調査が行われている [e.g. Tsuru et al., 2002 JGR; Ito et al., 2005 GRL; Miura et al., 2005 Tectonophys.]. 解析では測深精度のよい観測船直下付近(スワス角45°以内、幅3~6km)のビームが重なる部分のデータを用いた。用いた海中音速の違いに起因するバイアス的な測深差、測位等による位置オフセットは、地震による変動が小さいと思われる海溝海側斜面において推定し調整した。北緯38°の測線の海底地形データを比較した結果、海溝軸(144°00'E付近、水深約7600m)に至るまで、2011年の陸側斜面地形が上昇していることがわかった。これはプレート境界に沿った断層破壊が海溝軸まで達し、海底を隆起させたことを示している。海溝軸から陸側へ西約40kmにある斜面の傾斜変換地点(水深約3700m)までの範囲の陸側斜面最外側部では特に上昇しており、2011年と1999年、2011年と2004年、それぞれ比較すると、海側斜面に対して平均11~16m高くなっている。また、海溝軸の海底に東西長約1500m、高さ約±50mの局所的な地形変化が見られた。これは海底に達したプレート境界断層運動による地形変化と考えられる。地震前の2004年と1999年調査の比較には、高低差に有意な差が出ないことがわかった。

2011年陸側斜面データの測定点位置を水平、西北西方向にずらすと、両調査間の地形がよく相関し、高低差値の分散が小さくなる。水平方向の地形分解能、地形変化が小さい南北方向の拘束がよくないためなど水平移動量・方向には不確定性はあるが、2011年と1999年、2011年と2004年調査の比較とも、50m程度ずらすと両調査間の海底地形の相関が最大となり、海底地形の水平ずれが最小になったと判断できる。このときの高低差は、移動前より小さくなるものの平均7~10m高い。これらの結果は、2011年の陸側斜面最外側部が海側斜面に対して東南東方向に約50m移動し、平均7~10m上方に地震時変動したことを示している。

北緯38.5°の測線上で、2011年と1999年の海底地形データを比較した結果もまた、海溝軸(144°05'E付近)を境にして違いがあり、2011年の陸側斜面地形が浅くなっている。しかしながら、変動量は北緯38°測線に比べて小さい。

本研究と宮城沖に展開されていた海上保安庁海洋情報部、東北大学の海底地殻変動観測の結果 [Ito et al., GRL 2011; Kido et al., 2011 GRL; Sato et al., 2011 Science] を合わせると、水平変動量、隆起量は海溝軸に向かうにつれて大きくなり、海溝軸近傍の陸側斜面が最も大きく変動していることがわかった。陸側斜面最外側部は傾斜角平均約5°の比較的急斜面である。斜面では水平変動が正味の隆起量に加えての海底隆起効果をもたらす [e.g. Tanioka and Seno, 2001 GRL]. 観測された海底上昇量11~16mと推定した地震時隆起量7~10mの差4~6mが斜面の効果であると考えられる。海溝近傍、海溝軸沿いに続く急斜面域が大きな水平変動をしたことが、正味の隆起量に追加した海底上昇効果を引き起こした、これが海底津波計やGPS津波計で観測された短波長で大振幅の津波 [e.g. Maeda et al., 2011 EPS] の原因になった可能性がある。

本調査は、海洋研究開発機構の地震対応緊急調査、および文部科学省の科学研究費補助金(特別研究促進費)による「2011年東北地方太平洋沖地震に関する総合調査」の一環として行われた。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, マルチナロービーム海底地形, 海底地殻変動, 津波, 海底地すべり

Keywords: 2011 Tohoku-Oki earthquake, multi-narrow beam bathymetry, coseismic displacement, tsunami, sub-marine landslide