

12-6 日本海溝地震発生帯の地下構造とその地震学的意義

Structures of the Japan Trench seismogenic zone and its seismological implications

小平秀一, 中村 恭之, 藤江 剛, 富士原 敏也 (海洋研究開発機構)

Shuichi Kodaira, Yasuyuki Nakamura, Gou Fujie, Toshiya Fujiwara (JAMSTEC)

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)発生直後から地震、地殻変動、津波等のデータを用いて地震時の断層すべり量分布が求められてきた。それらの結果によると日本海溝中部の海溝軸極近傍で50 mを超えるすべりが推定されている。また、日本海溝中部北緯38度付近の海溝軸を横切る測線では地震前と地震直後に取得された海底地形、地下構造データを比較することによって、地震時の断層すべりが海溝軸まで達し、海底変位量は水平方向約50 m、鉛直方向(隆起)約10 mに及ぶことが示された¹⁾。

これらに加え、IODP JFAST プロジェクトでは北緯38度海溝軸近傍でプレート境界までの掘削を行い、断層での温度計測と岩石試料の回収に成功した。その結果、プレート境界断層はスメクタイトに富んだ遠洋性粘土層の中の厚さ5 m以下の破碎帯として形成されていることが明らかにされた。また、岩石試料の高速摩擦実験と温度計測の結果から地震時の断層面の摩擦係数が0.08程度の小さな値となることが示された。これらの一連の結果は日本海溝地震発生帯に沈み込む遠洋性粘土層が海溝軸近傍の地震時巨大すべり(と、その結果としての巨大津波)を規定する物質的要因である可能性を示唆した。

しかしながら、これら海底地形、地下構造、掘削データは日本海溝中部北緯38度の測線上に限られており、海溝域巨大地震性すべりの海溝に沿った拮がりやそれらを規定する要因に関するデータは十分議論されていなかった。本報告では、地震発生後に海溝軸、及び沈み込む海洋プレート上において広域で実施された海底地形、地下構造探査データとその解釈について述べる。

2. 海底地形データ

日本海溝中部では上記北緯38度測線に加え、北緯38.5度の測線においても地震前後の海底地形データの解析(差分地形解析)が行われた。その結果によると、震央から約50 km北に位置するこの測線においても水平方向に69 mの大きな海底地形変位が求められた²⁾。また、この測線の海底地形変位も海溝軸で明瞭に急減しており、大きな海底変位域は海溝軸まで及んでいることを示した。一方、さらに北方に位置する北緯39.5度付近の2本の測線に沿った差分地形解析の結果からは水平方向0~17 m、鉛直方向-4~5 mの海底地形変位が求められた(第1図)。また、地形変位の海溝軸近傍での急変は確認されなかった³⁾。差分地形解析の精度が水平約20 m、鉛直方向数 mであることを考慮すると、これらの結果は北緯39.5度では差分地形解析の精度を超えた大きな地震時海底地形変位は起きていないことを示している。

3. 遠洋性粘土層分布

IODP JFAST の成果より日本海溝から沈み込む遠洋性粘土層が海溝域巨大すべりを規定する物質的要因の一つであることが提案されていた。またグローバルな海洋性堆積層のコンパイルからは北

西太平洋の広域にわたって遠洋性粘土層が分布していることが示されていた。一方で、日本海溝に沈み込む海洋プレート上で実施された反射法地震探査データからはアウターライズ近傍で局所的に堆積層が非常に薄い領域が確認され、遠洋性粘土層の不均質な分布が示唆されていた。そこで、地震発生後に海溝軸近傍と沈み込む海洋プレート上で実施された反射法地震探査のデータから詳細な海洋堆積層構造のコンパイルを行った。

その結果、1) 大局的には厚さ約 500 m の海洋堆積層が日本海溝・千島海溝南部に沈み込んでいくこと、2) 一方、アウターライズ域や海溝軸近傍では局所的に海洋堆積層が極端に薄い領域が存在すること、が明らかになった。広域に広がる約 500 m の厚さを持つ堆積層は地震学的特徴からは二層に分類でき、上層は成層した弱い反射面からなる層であり、その下位に地震波の散乱の強い層が確認された。日本海溝海側の海洋プレート上では DSDP によって海洋堆積層から海洋地殻基盤までの掘削が行われており、その結果と反射法探査データの比較から、上層の成層した層は半遠洋性泥質層からなり、その下位の散乱の強い層は白亜紀のチャート層からなることが示された。さらに、その二層の間に十数 m の遠洋性粘土層が挟まれていることが確認されていた。この遠洋性粘土層は反射法地震探査データから分解できない厚さであるが、上記掘削結果と反射法探査記録の比較から成層した上層と散乱が強い下層の地震学的層序が認められる領域では、その二層の間に遠洋性粘土層が存在していると考えられることができる。そこで、その特徴を利用して遠洋性粘土層分布のマッピングを行った。その結果、北緯 37 度から 41 度の日本海溝軸近傍では 39.5 度に遠洋性粘土層が存在しない領域（以下、遠洋性粘土層の「窓」）があることが示された。

4. 考察と結論 — 構造的特徴と地震時断層すべりの関係 —

もし JFAST の結果から提案されたように、遠洋性粘土層が海溝軸の大きな地震性すべりを規定した物質的要因であるのであれば、地震探査データから確認された遠洋性粘土層の「窓」と地震時滑り分布に何らかの関係がみられるはずである。そこで、遠洋性粘土層分布と地殻変動⁴⁾、地震⁵⁾データから求められた地震時すべり分布を比較した。その結果、地殻変動⁴⁾、地震⁵⁾データともに地震時の海溝軸の大きな滑りは北緯 39 度付近を北限としており、遠洋性粘土層分布と非常に良い相関を示した。また、上記差分地形解析の結果も北緯 39 度から 39.5 度にかけてのデータからはその分解能以上の海底地形変位が確認されておらず、このデータも遠洋性粘土層分布と整合的である。以上の結果から、2011 年東北沖地震の海溝軸近傍の大きな地震性滑りの海溝に沿った北方への伝搬は北緯 39.5 度付近に存在する遠洋性粘土層の「窓」に何らかの影響を受けた可能性がある」と結論した。

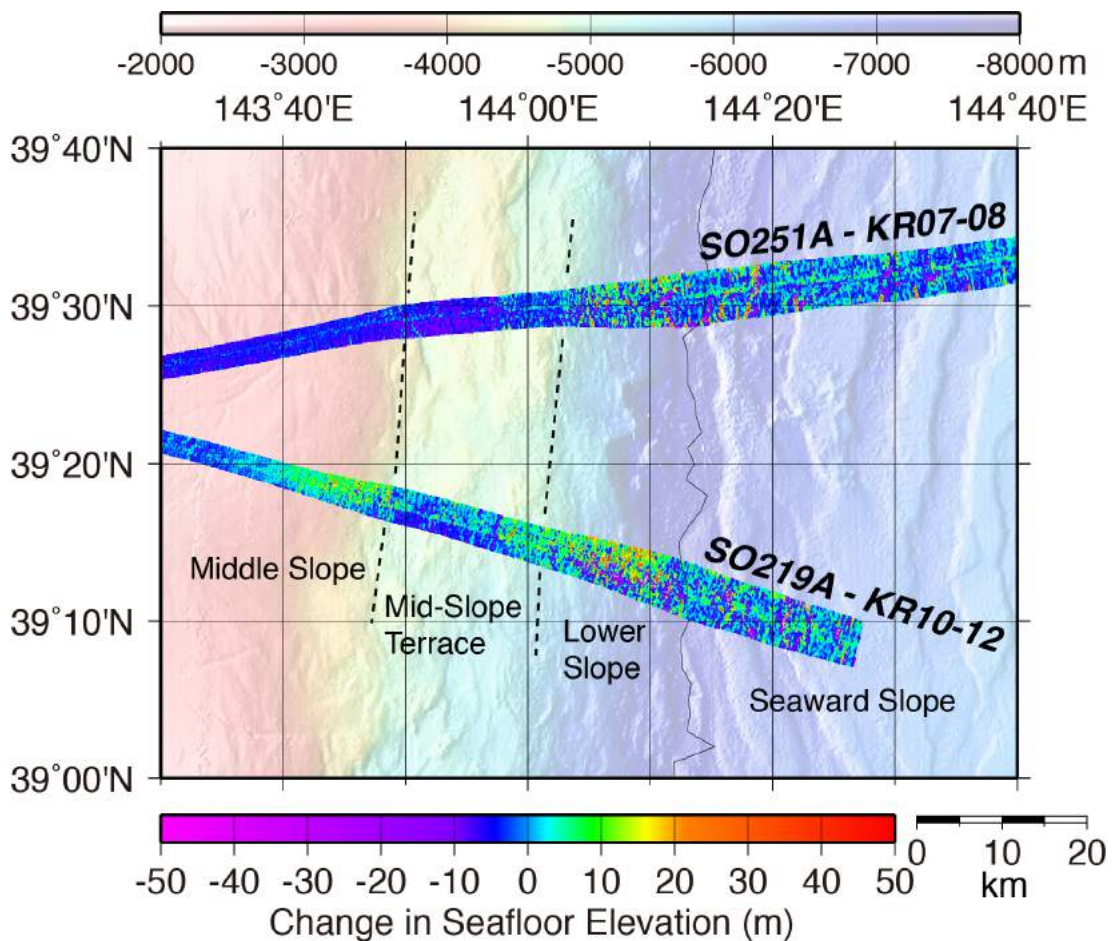
一方で、津波データ⁶⁾を用いた地震時すべり分布は北緯 39.5 度付近にも津波波源となる地震時すべりが求められている。この結果は遠洋性粘土層分布とは整合的ではない。この矛盾に対する解釈の一つとしては、39.5 度付近の津波がプレート境界の断層すべり以外に起因された可能性があげられる。例えば、上盤側に高角で抜ける分岐断層、海溝軸近傍の海底地すべり、上盤側の海溝軸付近に存在する低速度の前縁プリズムの非弾性的変形などが考えられる。しかしながら、これまでに得られている地震探査データからは分岐断層は認められておらず、また海底地すべりや前縁プリズムの変形も差分地形解析の精度以下の変形である必要がある。この北緯 39.5 度の津波生成の原因に関する問題は今後解決すべき課題である。

謝辞

本研究の一部は科研費特別推進研究(26000002)、及び基盤研究(S)(15H05718)によって行われた。

参考文献

- 1) Fujiwara, T., Kodaira, S., No, T., Kaiho, Y., Takahashi, N., & Kaneda, Y. (2011). The 2011 Tohoku-Oki earthquake: Displacement reaching the trench axis. *Science*, 334(6060), 1240-1240.
- 2) Kodaira, S., No, T., Nakamura, Y., Fujiwara, T., Kaiho, Y., Miura, S., Takahashi, N., Kaneda, Y. & Taira, A. (2012). Coseismic fault rupture at the trench axis during the 2011 Tohoku-oki earthquake. *Nature Geoscience*, 5(9), 646-650.
- 3) Fujiwara, T., Santos Ferreira, C., Bachmann, A. K., Strasser, M., Wefer, G., Sun, T., Kanamatsu, T. & Kodaira, S. (2017). Seafloor Displacement After the 2011 Tohoku - oki Earthquake in the Northern Japan Trench Examined by Repeated Bathymetric Surveys. *Geophysical Research Letters*, 44(23).
- 4) Inuma, T., Hino, R., Kido, M., Inazu, D., Osada, Y., Ito, Y., ... & Miura, S. (2012). Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9. 0) refined by means of seafloor geodetic data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B7).
- 5) Lay, T., Ammon, C. J., Kanamori, H., Xue, L., & Kim, M. J. (2011). Possible large near-trench slip during the 2011 M w 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, planets and space*, 63(7), 32.
- 6) Yamazaki, Y., Cheung, K. F., & Lay, T. (2018). A Self - Consistent Fault Slip Model for the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 123(2), 1435-1458.



第1図 北緯39.5度付近で得られた差分地形解析の結果³⁾
 Fig. 1 Differential bathymetry image obtained around 39.5°N³⁾