

12 - 7 北海道太平洋沖海底構造調査結果及び海底地震観測レビュー

Review for seismic structure and activity off the Pacific coast of Hokkaido

東 龍介(北海道大学大学院理学研究院)

Ryosuke Azuma (Faculty of Science, Hokkaido University)

1. はじめに

2004年度に始まった文部科学省委託研究「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」の一環として、2004~2007年度に北海道太平洋側において長期海底地震観測と、並行して屈折法構造調査を実施した(文献 1)と 2)). 一連の調査観測により、高い決定精度の震源分布を得、陸上地震観測網では検出の困難な微小地震活動を把握できた。震源分布と構造調査結果から、沈み込むプレートの形状を詳細に推定できた。一方、北海道大学の主導で2003年十勝沖地震以降に行われた構造調査では、プレート境界面の反射強度の空間変化を把握し、地震時および余効すべりの分布との相関性を示した。

2. 文部科学省委託の調査研究

この委託研究は、海域での詳細な地震活動の把握と地震発生場のプレート形状の推定を目的とし、その一環として千島海溝周辺の観測を実施した。18~42台の長期観測型海底地震計を使用した地震観測を根室沖で2005~2006年、三陸沖北部では2004~2005年と2006~2007年に実施し(第1図)、いずれも8~10ヵ月程度の連続波形記録を取得した。海底地震観測網内において制御震源にエアガンを使用した地殻構造調査も行った(第1図)。

海底地震観測により、陸域観測網では検出の難しい沖合の地震活動を正確に把握できた。一元化震源に比べ5~10kmほど系統的に浅く求まった震源分布は、一元化震源よりも明瞭にプレート境界面の位置を投影した(第2図)。1973年根室沖地震震源域よりも海溝側の領域と1968年十勝沖地震震源域において、プレート間の地震活動が非常に低調であることは一元化震源からも指摘されていたが、海底観測によってさらに明白になった(第3図、第4図)。海陸データを統合したトモグラフィ解析により、海域に高分解能をもつ3次元地震波速度構造の推定にも成功し、日高山脈下に剥落する千島弧下部地殻を明瞭に捉えた(第5図左)。また、海洋性地殻内の高速度異常の分布が地震時すべり分布と空間的に相関があることが新たにわかったが(第5図右)、原因はまだ判明していない。

稠密観測網を併用した人工地震探査により、大地震発生帯における地殻のP波速度(V_p)構造を高精度で推定した。例えば、日本-千島海溝会合部の調査の結果、深さ20km程度でプレート境界の傾斜が緩やかになり、変化に富んだ形状であることを示した(第6図)。

海底地震観測と構造調査の結果を統合して推定したプレート境界面は、陸域データのみによる深さ分布よりも5~10kmほど浅い。プレート境界面の形状分布と地震活動の間には、スラブの凹部分の位置に1968年(Yamanaka et al., 2004)と2003年の十勝沖地震の震源域(Yamanaka et al., 2003)が分布する関係性があり(第4図)、プレート形状が大地震時すべりの空間的広がりを規定する要素となる可能性を示唆した。

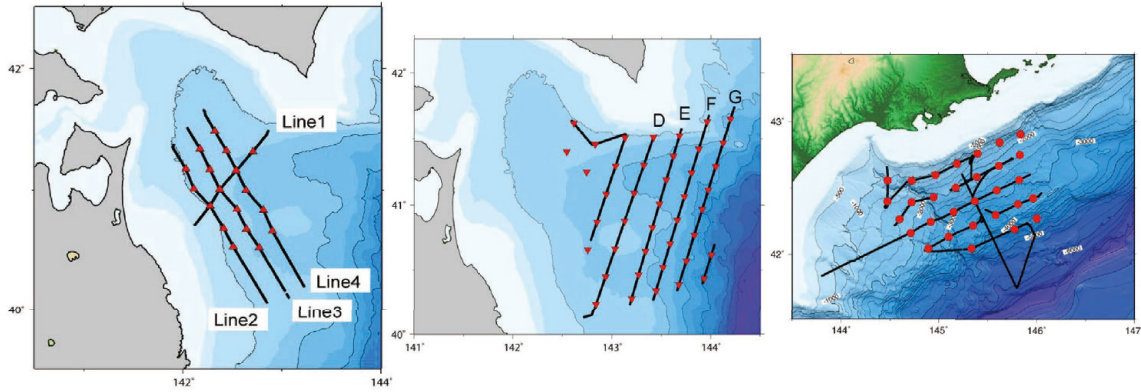
3. 北海道大学の用船航海による調査観測

北海道大学が2004年以降に実施した探査測線は、十勝沖・根室沖で4測線にのぼる(第7図)。2004年測線以外は、十勝沖と根室沖の両セグメントを横断する測線で、2003年十勝沖と1973年根室沖

の両地震の地震時すべり域(Yamanaka et al., 2003), そして両震源域間の空白域(1952年十勝沖地震震源域(Hirata et al., 2003)の東端)の各領域における構造的特徴の抽出を目的とした。これらの探査データから推定されたVp構造には, 十勝沖に比べ根室沖の方が若干の高速度であることが認められる。もっとも特徴的な結果として, プレート境界面からの反射波が2003年と1973年のアスペリティ内で観測されず, その間の空白域で明瞭に捉えられた。通常, 強反射はプレート間に入り込んだ堆積層の存在を示唆し, そこでは安定すべりを起こすと考えられるが, 2010年(Azuma et al., under revision)と2005年の調査により空白域で強反射が観測された(第8図)ことから, この領域のすべり様式が, 地震時に特定の条件下で十勝沖または根室沖アスペリティに同期してすべるが, 地震間は基本的に単独では地震性すべりを起こさない条件付き安定すべり域である可能性が示唆された。

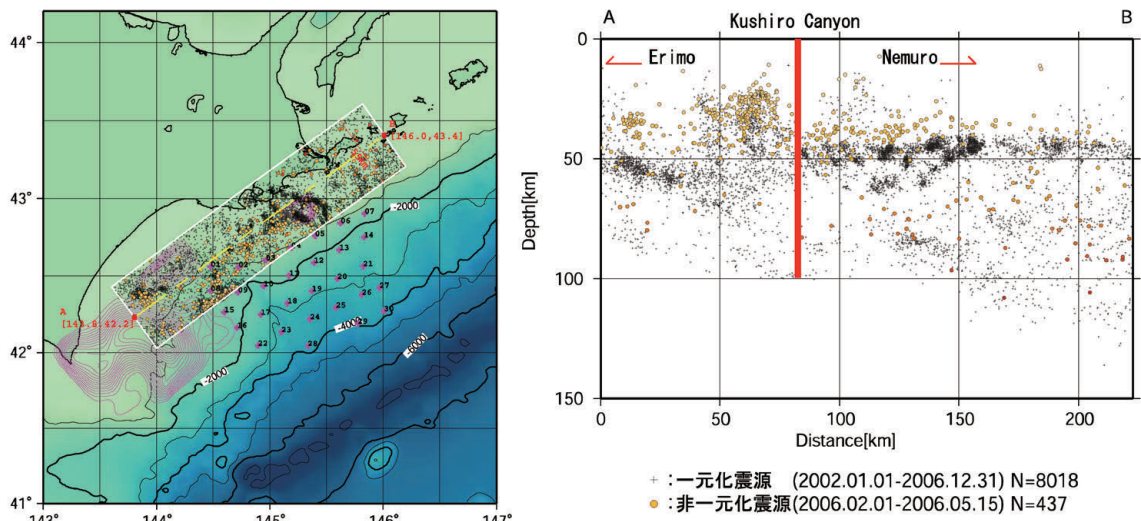
参考文献

- 1) 科学技術振興費主要5分野の研究開発委託事業「東南海・南海等海溝型地震に関する調査研究(東南海・南海地震)(日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震)」平成18年度成果報告書。
- 2) 科学技術振興費主要5分野の研究開発委託事業「東南海・南海等海溝型地震に関する調査研究(東南海・南海地震)(日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震)」平成19年度成果報告書。
- 3) Azuma, R., Y. Murai, K. Katsumata, Y. Nishimura, T. Yamada, K. Mochizuki, M. Shinohara, Was the 1952 Tokachi-oki earthquake ($M_w = 8.1$) a common earthquake?: Plate interface reflectivity measurement by an airgun-ocean bottom seismometer experiment in the Kuril trench, under revision in *Geochem. Geophys. Geosci.*
- 4) Hirata, K., E. Geist, K. Satake, Y. Tanioka, and S. Yamaki, Slip distribution of the 1952 Tokachi-oki earthquake ($M 8.1$) along the Kuril Trench deduced from tsunami wave form inversion, *J. Geophys. Res.*, *108* (B4), 2196, doi:10.1029/2002JB001976, 2003.
- 5) 山田知朗・篠原雅尚・金沢敏彦・平田直・金田義行・高波鐵夫・三ヶ田均・末廣潔・酒井慎一・渡邊智毅・植平賢司・村井芳夫・高橋成実・西野実・望月公廣・佐藤壮・荒木英一郎・日野亮太・宇平幸一・塩原肇・清水洋, 稠密海底地震観測による2003年十勝沖地震の余震分布, *地震*, *2*, 57, 281-290, 2005
- 6) Yamanaka, Y., and M. Kikuchi, Asperity map along the subduction zone in northern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, *109*, B07307, doi:10.1029/2003JB002683, 2004
- 7) Yamanaka, Y., and M. Kikuchi, Source process of the recurrent Tokachi-oki earthquake on September 26, 2003, inferred from teleseismic body waves, *Earth Planets Space*, *55*, e21—e24, 2003.



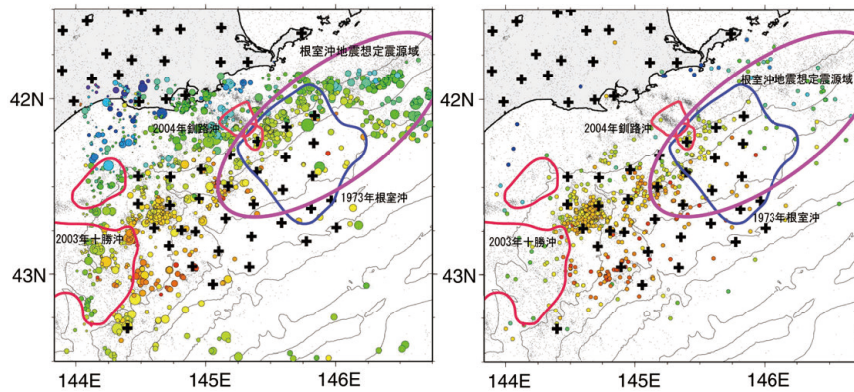
第 1 図 文部科学省委託研究で調査した観測海域. 赤プロットは 2004 年(左), 2006 年(中央), 2005 年(右)に, それぞれ展開した海底地震計観測網(文献 1)と 2)による). 赤記号は海底地震計の位置. 黒線は構造探査測線を示す.

Fig. 1 Map of the study areas in 2004 (left), 2006 (center), and 2005 (right), by MEXT (References 1) and 2)). Red symbols denote the locations of the ocean bottom seismometers. Black lines represent seismic profiles.



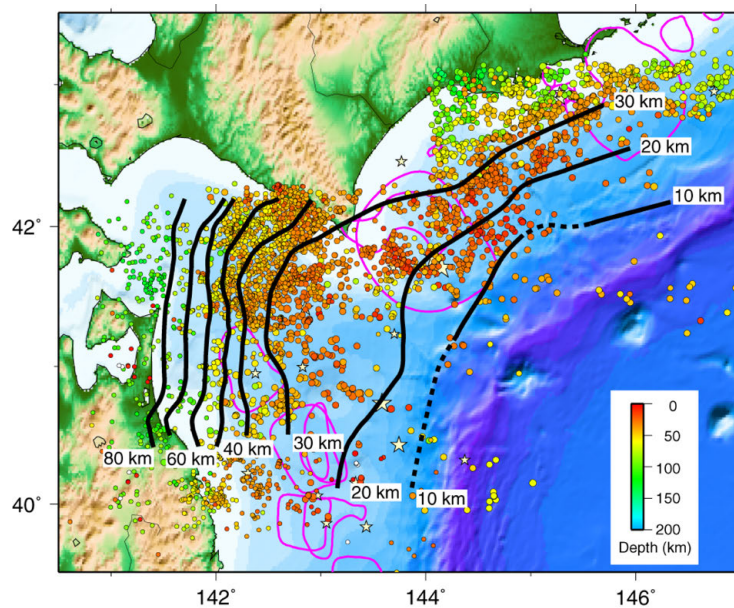
第 2 図 左: 釧路・根室海岸域における気象庁一元化震源(黒十字)および非一元化震源(黄○)の震央分布(文献 2)による). マゼンタ十字は海底地震計とケーブル式海底地震計の位置. コンターは 2003 年十勝沖地震のすべり域の位置(文献 7)による). 右: 左図白枠内の地震を AB 測線断面に投影した震源分布.

Fig. 2 Left: The epicenter distribution of the JMA catalog and that of relocated catalog by using OBSs data (Reference 2)). Magenta crosses denote the location of the OBSs and cable-type OBSs. Contour indicates the source area of the 2003 Tokachi-oki earthquake (Reference 7)). Right: The hypocenter in the area within the white rectangular in the left map projected on the vertical profile beneath the line AB.

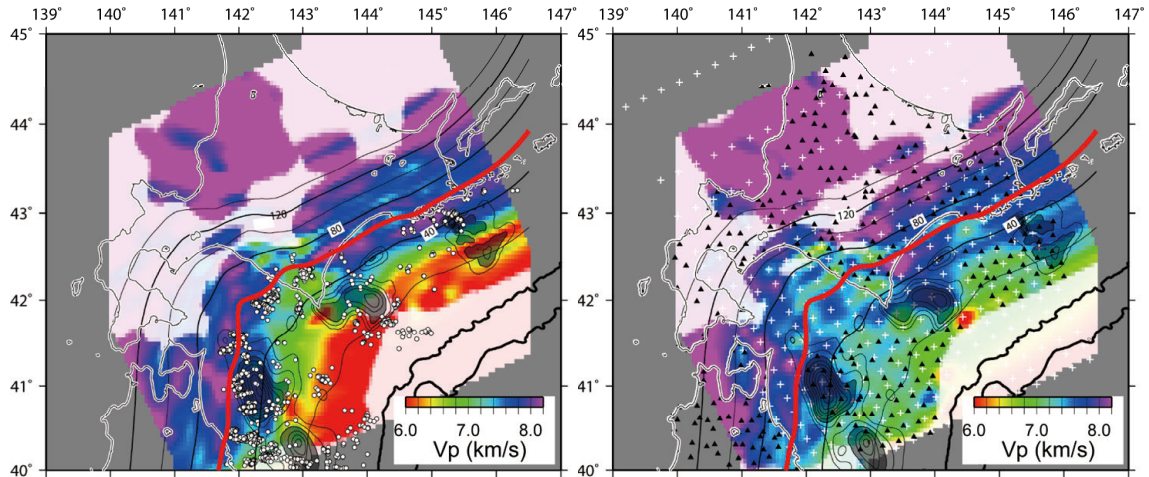


第 3 図 左：気象庁一元化震源リストのうち、海底地震計データを用いて再決定した地震の震央分布(文献 1)による). 黒点は 2002 年から 2006 年までの一元化震源の震央. 黒十字は陸域観測点, 海底地震計, ケーブル式海底地震計の位置. 右：海底地震計記録のみで決定した, 非一元化震源の地震の震央分布(文献 1)による).

Fig. 3 Left: The relocated epicenters included in the JMA catalog, using OBS data (Reference 1)), and epicenters in the JMA catalog since 2002 to 2006 (black dots). Black crosses denote the location of inland stations, OBSs, and cable-type OBSs. Right: The epicenter distribution from OBS data, except for the JMA catalog.

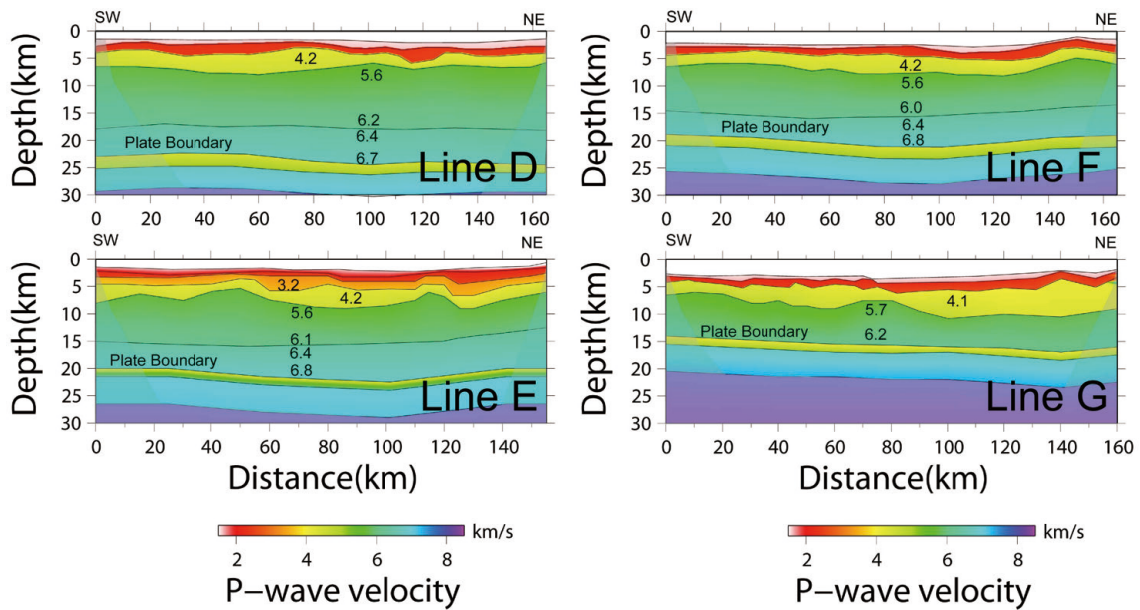


第 4 図 2003 年から 2007 年に収集した海底地震計データを用いて再決定した全地震の震央と深さの分布(文献 1)と 2))による). コンターは探査構造を含めて作成したプレート境界面深さ. Fig. 4. The epicenter and depth distribution determined from OBS data since 2003 to 2007 (References 1) and 2)). Contour indicates the depth of the plate interface determined from the hypocenter distribution of interplate events and the velocity structures by seismic experiments.



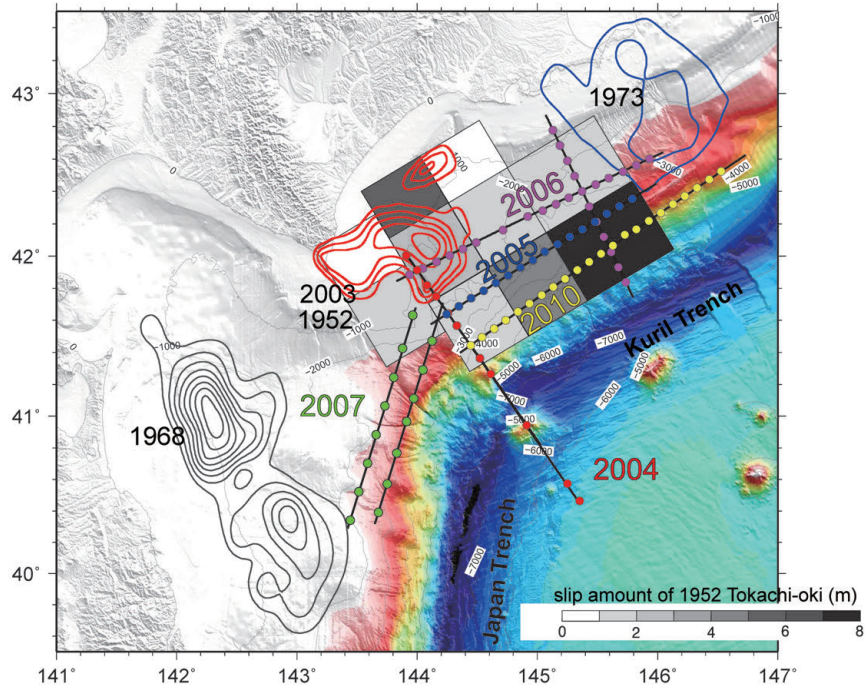
第 5 図 プレート境界面から 5 km 上方(左)と下方(右)の Vp 分布プレート境界型大地震のすべり域 (文献 2)による). コンターは, トモグラフィ解析から推定されたプレート境界面の等深度線(深さ 60 km は赤線). 黒三角は解析に使用した観測点の位置.

Fig. 5 The Vp distributions above 5 km (left) and beneath 5 km (right) from the plate boundary that estimated from tomographic analysis (Reference 2)). Contour represents depths of the plate boundary (a depth of 60 km is lined by red). Black triangles represent the locations of inland and OBS stations used during the analysis.



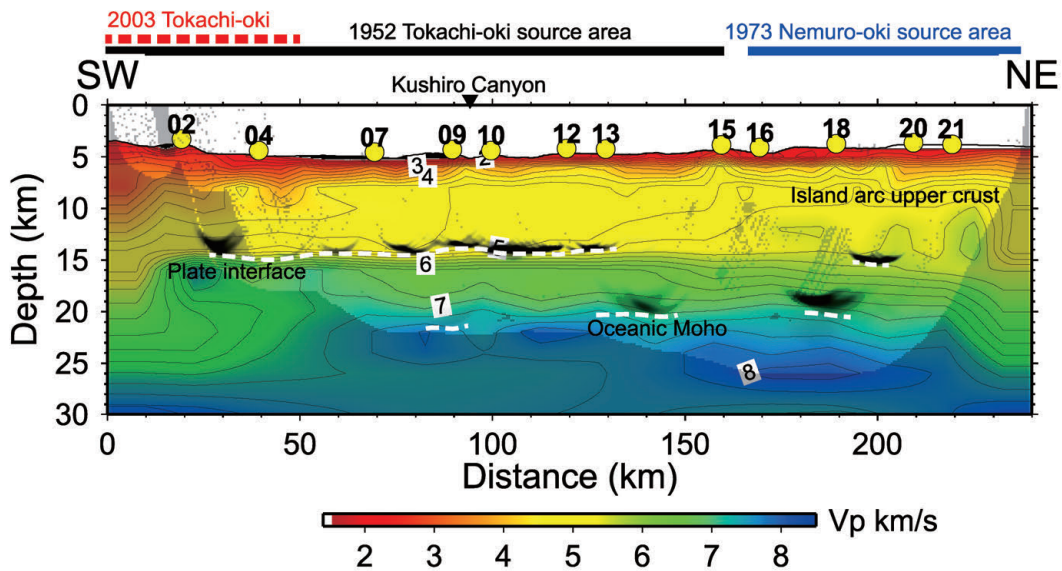
第 6 図 2007 年観測網(第 1 図中央, 文献 2)による)の D~G 測線下の Vp 構造.

Fig. 6 The P-wave velocity models beneath the profiles E~G of the 2007 OBS array shown in Fig. 1 center, (Reference 2)).



第 7 図 北海道大学による構造調査測線の位置. 大地震のアスペリティは文献 4), 5), 6)による. 海底地形データは海上保安庁, 海洋研究開発機構による.

Fig. 7 The locations of wide-angle profiles by Hokkaido University. Asperities were estimated by references 4), 5), and 6). The seafloor topography data were collected by Japan Coast Guard and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology.



第 8 図 2010 年測線(第 7 図)下の Vp 構造と反射分布(文献 3). 地震時すべりの範囲は, 文献 4), 6)による.

Fig. 8 The Vp structure and the distribution of reflectors beneath the profile 2010 in Fig. 7. The slip areas above the Vp model refer 4) and 6).