

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

スラブ内地震の発生に至る過程の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

エ．スラブ内地震の発生機構

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

スラブ内地震の発生には、沈み込む海洋性プレートとともに深部へ持ち込まれる水が深く関与していることが明らかとなってきた。このことは、水の輸送を担う海洋性プレートがもつ不均質構造が、地震発生域の分布を規定している可能性を示している。また、このような水と地震活動との関連については、沈み込む前の海洋性プレート内についても指摘されており、outer rise 領域から深部スラブにいたる広大な領域を総合的に解析することにより、スラブ内地震の理解が深まると考えられる。

スラブ内の岩石の脱水が地震発生に及ぼす影響は二通り考えられる。一つは間隙水圧を上げる(有効法線応力を下げる)ことによりクーロン破壊応力を増加させる効果である。もう一つは蛇紋岩が脱水しても脆性破壊が生じずにクリープが生じ、それが周囲の岩石への応力集中をもたらすという可能性である。このモデルは、非地震性のすべり・変形が地震性領域への応力集中・増加をもたらすという点で、プレート境界型地震のアスペリティ・モデルと同等と考えることができる。どちらの影響が大きいのかは、詳細な構造と大地震の震源過程を調べれば決着がつくはずである。つまり、後者の影響が大きいのであれば、地震時に大きく滑った領域の外側に低速度域が分布することが期待される。

そこで、本研究では海溝外側の outer rise 領域から島弧下のスラブまでの構造を詳細に調べ、さらに、スラブ内地震の詳細な震源分布・震源過程も調べることにより、構造と地震活動との対応関係を明らかにする。その際に、スラブ表面からの震源までの距離やスラブの形状が重要な情報となるため、変換波を用いてスラブ表面の位置を高精度で推定する。このようにして得られた地震時すべり分布と余震活動・先駆的地震活動との関係や地震波速度構造との関係から、スラブ内地震の発生に至る過程をモデル化し、さらにスラブ内大地震が発生する可能性の高い領域の同定を行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

1．海溝外側を含む領域での海底地震観測 (H21 ~ 25 年度)

スラブ内の構造推定と、outer rise 近傍の高精度震源決定を目的として、海溝の外側を含む海域で海底地震観測を実施する。

2. 詳細な震源分布・震源過程の推定 (H21~25 年度)

Hi-net のデータを用いて北海道から関東までのスラブ内の詳細な震源分布を推定する。また、海域については 1. の観測データを用いて、特に outer rise の下の地震の震源決定を行い、この付近で地震活動が二重面を形成しているか否かを検証する。さらに、スラブ内で発生した中~大地震について震源過程を推定する。

3. 詳細な構造の推定 (H21~25 年度)

初動到達時刻のみならず、変換波も用いることにより、特にスラブ表面付近の構造について詳細に調べる。1. の海底地震観測データからスラブ内を長距離通ってくる波線も利用することにより、スラブ内の構造を精度良く推定する。

4. スラブ内地震発生のモデル化 (H25 年度)

上記で得られた詳細な震源分布・震源過程と地震波速度構造の両方を説明できるスラブ内の温度と脱水反応、さらにマントルウェッジへの水の輸送経路について、モデル化する。また、スラブ内地震に対するアスペリティ・モデルの適用の可能性を検討する。さらに、これらの結果に基づき、スラブ内大地震の発生ポテンシャルを評価する。

(7) 平成 23 年度成果の概要:

本年度は関東におけるスラブ内の応力場と、宮城県沖のスラブ内地震の発生場の検討、および沈み込む海洋性地殻の地震波速度について解析を行った。

(1) 関東下のフィリピン海スラブ内の応力場と 1922 年浦賀水道地震

関東下に沈み込むフィリピン海スラブ内の応力場の推定を行った結果、以下のことが明らかになった (Nakajima et al., 2011a)。関東地方の北東部の応力場は down-dip tension であるが、その中でもプレートの先端付近は局所的に down-dip compression になっている (図 1)。一方、関東地震のアスペリティの領域を含む南西部のスラブマントルでは、1 および 3 はプレートの傾斜方向に斜交するという特徴をもち、その方向は関東地震のアスペリティの固着から期待される応力場と調和的である (図 2)。1922 年浦賀水道地震 (M6.8) の P 軸の方位は、現在の微小地震のメカニズム解の P 軸、および関東アスペリティの固着による 1 の方向とほぼ調和的である。浦賀水道地震は関東アスペリティでの固着に関係したフィリピン海プレート内の地震であった可能性が極めて高い。

(2) 2011 年 4 月 7 日のスラブ内地震 (M7.1) の発生場

2011 年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) から約 1ヶ月後の 4 月 7 日に宮城県沖で発生した M7.1 のスラブ内地震について、本震発生前の到着時刻データを用いて、震源域周辺の詳細な地震波速度構造を推定した。その結果、本震および余震は低速度領域で発生していること、断層面とプレート表面とのなす角は約 60 度であることが明らかになった (図 3; Nakajima et al., 2011b; Ohta et al., 2012)。この地震のこの地震の発生は以下のようなモデルで定性的に説明できる。1) アウターライズでの正断層運動によってプレート内に水が取り込まれ、含水化した断層面を形成。2) プレートの沈み込みに伴う温度・圧力の上昇によって脱水分解反応が起こり、断層面に高間隙圧水を供給。3) 断層面での有効法線応力が低下し、面の強度が著しく低下。4) 東北地方太平洋沖地震の地震時すべりによって断層面での剪断応力が増加し、地震が発生。

(3) 沈み込む海洋性地殻の地震波速度分布

東北地方の太平洋プレート上面で発生した地震の波形から、プレート境界面での PS 変換波を同定し、到着時刻の読み取りを行った。読み取った SP 変換波の走時を用いて、海洋性地殻の P 波速度を見積もったところ、火山フロント付近を境に速度が大きく変化し、前弧側では 6.5-7km/s、背弧側では 7.5-8.5km/s の速度が得られた。この速度変化は、海洋性地殻内での相転移と密接に関係していると考えられ、スラブ内地震の発生メカニズムを理解する上で重要な成果である。

(8) 平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
古賀祥子・伊藤喜宏・日野亮太・篠原雅尚・海野徳仁, 日本海溝周辺における太平洋プレート内の地震
発生機構, 地震 2 , 64 , 75-90, 2012 .

Nakajima, J., A. Hasegawa, and F. Hirose, Stress regime in the Philippine Sea slab beneath Kanto, Japan,
Geophys. Res. Lett., 38, L16318, doi:10.1029/2011GL048754, 2011a.

Nakajima, J., A. Hasegawa, and S. Kita, Seismic evidence for reactivation of a buried hydrated fault in the Pa-
cific slab by the 2011 M9.0 Tohoku earthquake, Geophys. Res. Lett., 38, L00G06, doi:10.1029/2011GL048432,
2011b.

Ohta, Y., S. Miura, M. Ohzono, S. Kita, T. Inuma, T. Demachi, K. Tachibana, T. Nakayama, S. Hirahara,
S. Suzuki, T. Sato, N. Uchida, A. Hasegawa, and N. Umino, Large intraslab earthquake (2011 April 7
M7.1) after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake (M9.0): Coseismic fault model based
on the dense GPS network data, Earth Planets Space, doi:10.5047/eps.2011.07.016, in press, 2012.

(9) 平成 24 年度実施計画の概要 :

スラブ内地震発生域の微細構造と応力場について詳細に調査を行う。特に、変換波を使った海洋性
地殻内の地震波速度構造の推定を推進する。スラブ内地震の現在の発生モデルでは、海洋性地殻の
相転移に伴う脱水により地震発生が促進されるので、海洋性地殻内の地震波速度が変化するあたりか
その updip 側で地震活動が活発化していることが期待されるため、そのようなパターンが見られるか
どうかを検証する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

岡田知己・中島淳一・日野亮太・趙大鵬・海野徳仁・松澤 暢・北 佐枝子・内田直希 他計 10 名程
度(大学院生含む)

他機関との共同研究の有無 : 有

地震発生のモデル化については USGS S.H. Kirby, 東工大 丸山茂徳, 大森総一, 京大 小木曾哲ら
との共同研究

海底地震観測については気象庁との共同観測

北海道の陸域下の構造推定については北大 勝俣 啓との共同研究

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

電話 : 022-225-1950

e-mail : zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp

URL : <http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/>

(12) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 松澤 暢

所属 : 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

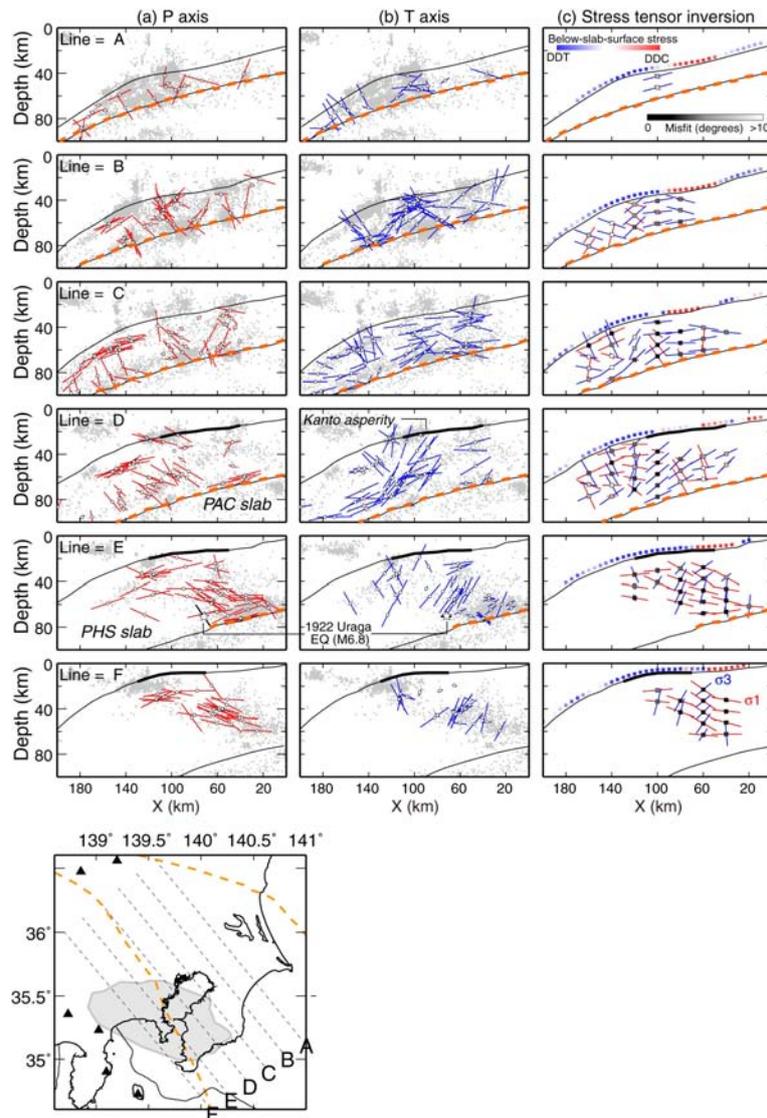


図1．関東下に沈み込むフィリピン海スラブ内の応力場．

挿入図の6つの測線に沿う(a) P軸, (b) T軸, (c) 応力テンソルインバージョンの結果を示す．黒線はフィリピン海プレート, 太平洋プレート上面, オレンジ破線はスラブ接触域, 黒太線は関東地震のasperityである．図(c)のフィリピン海プレート直上の色付き四角はスラブアンベンディングから期待されるプレート境界直下の応力場をあらわす．

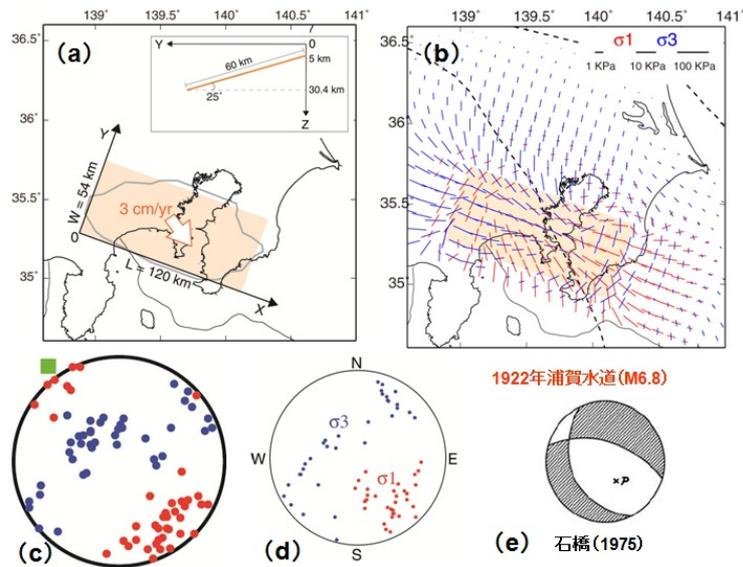


図2. バックスリップモデルを用いて計算した関東地震のアスペリティによるスラブ内の応力分布 . (a) モデル . オレンジ色の領域に正断層型のすべりを与えた . (b) モデルから計算されるフィリピン海プレートの上
部境界から 20km 下の応力場 . (c) 関東アスペリティ下のスラブマントル地震の P 軸 (赤) , T 軸 (青) 分布 . (d) モデ
ルから計算される関東アスペリティ下のスラブマントルの応力分布 . (e) 1922 年浦賀水道地震のメカニズム解 (石
橋, 1975) .

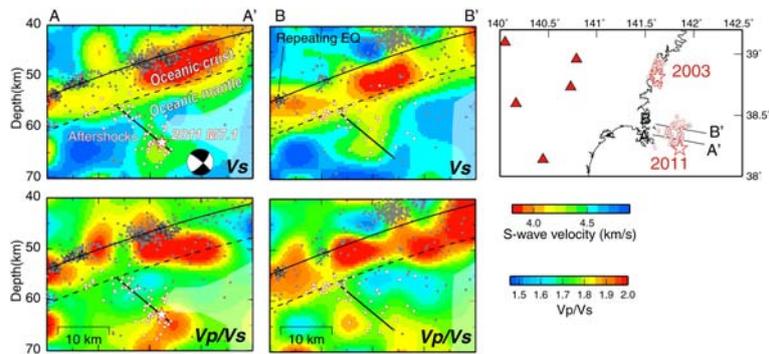


図3 . 2011 年 4 月 7 日のスラブ内地震 (M7.1) の本震・余震の震源分布とその周辺の数値構造 .
震源域を通る測線 A-A', B-B' に沿う鉛直断面を示す . 上が Vs, 下が Vp/Vs 構造 . 再決定された本震を赤星 , 余震
を赤丸で示す . 黒線は余震分布とメカニズム解から推定される断層面 .