

(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、非地震性の滑り・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滑り分布と余震活動・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、更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、及び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) 計画期間中(平成 21 年度~25 年度)の成果の概要:

1. 海溝外側でのプレート内地震活動

1.1. 海底地震観測によって推定された地震活動と構造の特徴

日本海溝海側のアウターライズ/海溝外側斜面域における海底地震観測によって、この領域で 2005 年 11 月に発生した M7.0 の地震の余震分布を周囲の地震波速度構造とともに推定した結果、破壊域は海洋性地殻下部から上部マントルに及ぶような深さ方向の拡がりを示すことが明らかとなった (Hino et al., 2009)。この断層の拡がりには、2003 年 5 月に宮城県北部で発生したスラブ内地震 (M7.0) と良い一致を示す。

一方で、海洋性リソスフェアの含水化における、アウターライズでの正断層の影響を検証することを目的に、人工地震・自然地震のデータを用いた走時解析を行い、日本海溝近傍の地震波速度構造を推定した (東, 2009)。その結果、日本海溝海溝軸近傍では、平均的な海洋性地殻構造モデルと比して、顕著な P 波速度の低下が認められ、正断層の発達がりソスフェア浅部の地震学的構造の改変に深く関与していることが確認された。しかし、最上部マントルに対して推定された V_p/V_s 比は明瞭な上昇を示さず、スラブマントル内の大規模な含水化は示唆する結果は得られなかった。

さらに、海底地震観測データに陸域地震観測によるデータを統合し、海溝下の地震の震源決定および発震機構解の推定を行った結果、これまで知られている最大のアウターライズ/海溝外側斜面地震である 1933 年三陸沖地震 (Mw8.4) の震源域において、上面と下面の間にも地震が発生しており、プレート境界から約 15km を境に浅部側に正断層型、深部側に逆断層型が分布することが分かった (古賀, 2010)。この観測事実は、海溝近傍のプレート内に形成される二重浅発地震面が、アンベンディングモデルによって説明可能であることを示している。

1.2. 1933 年三陸沖地震の余震の再決定 (H25 年度の成果)

1933 年の三陸沖地震の余震について、三次元速度構造を用いた震源再決定を行った結果、殆どの余震の震源はおおよそ 50km 以浅に求められ、また海溝の陸側と海側の両方に震源が求められた (図 1a; Uchida et al., 2013)。これらの余震について、水沢観測点における波形記録の卓越周波数を調べた結果、海溝を挟んで陸側は低周波、海側は高周波の特徴を持つことが分かった (図 1b)。この特徴は、現在のこれら 2 つの領域における地震活動にも見られるものであり、震源再決定による海溝を挟んだ両側での余震の発生を強く支持する結果である。海溝海側の活動は、南北に約 200km に分布し、1933 年の地震の本震の破壊域を示すと考えられる。

再決定された震源分布の断面図を見ると、V 字形の分布を成し、2 つの断層が複合破壊した可能性

も考えられる(図2)。このようなV字形正断層が発生した場合、プレート境界地震の発生が促進されることが、CFFの計算から明らかになった(図3)。したがって、本震後の海溝陸側の活動(図1aと図2の黒丸)は、本震の正断層破壊によってトリガされたプレート境界の地震を示していると考えられる。

2. スラブ内の応力分布

2.1. 応力中立面と大地震の関係

太平洋スラブ内の起震応力場は、上面がDC(Down-dip Compression)型、下面がDT(Down-dip Tension)型(海野・長谷川, 1975; Hasegawa et al., 1978)であることが示されており、その間に応力の中立面が存在するはずである。スラブ内地震の発震機構解データに応力テンソルインバージョン法を適用し、スラブ内における応力の中立面の位置の推定を行った結果、東北日本ではプレート表面より20-25km、北海道では9-13kmに中立面が存在しており、誤差を考慮してもこの違いは有意であることがわかった(Kita et al., 2010a)。過去に発生したスラブ内大地震の余震分布とを比較すると、東北日本ではDC型のメカニズム解をもつ2003年宮城沖地震の余震はDC領域に留まるように分布し、北海道東部では、DT型のメカニズム解をもつ1993年の釧路沖地震の余震はDT型領域に留まるように分布している。これらの結果は、スラブ内地震の破壊域の広がり、スラブ内の応力場により規定されていることを示している。

2.2. 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DT型であるが、その中でもプレートの先端付近は局所的にDC型になっている。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、 σ_1 および σ_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。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 σ_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。

2.3. スラブ内の応力の急変を示す地震クラスター

新潟県新発田市の下の深さ約155kmで発生している稍深発地震のクラスターについて、波形解析により特徴を調べた結果、地震クラスターは、太平洋スラブの地殻内に位置していること、正断層、逆断層地震が発生していること、波形の相似性から9つの地震グループに分類できることが明らかになった。また、相互相関データを用いた震源決定の結果、正断層地震は逆断層地震よりも1km程度浅部で発生していることが分かった。この結果は、同じクラスターの中で応力場が急変していることを示している。海洋性地殻がエクロジャイト化する際の体積変化に伴って、浅部の引張場、深部の圧縮場が形成されているとすると、観測事実を説明することができる。

2.4. 北海道下のスラブ内地震の応力降下量(H25年度の成果)

北海道下のスラブ内地震のコーナー周波数を慎重に推定して、応力降下量の空間分布を詳細に検討した結果、スラブ内地震の震源が深いほど応力降下量が大きくなる傾向が明らかになった。これはAsano et al. (2003)による結果と矛盾しない。さらに、詳細に推定されたプレート表面を用いてスラブ内を分類すると、スラブ地殻で発生する地震の応力降下量は、スラブマントル内で発生する地震の応力降下量よりも小さくなる傾向にあることが分かった。この応力降下量の違いは、両領域で、剛性率や強度、残留応力、地震発生過程等が異なるためと考えられる。

3. スラブおよびその周辺の詳細な構造

3.1. フィリピン海プレートの詳細な形状

関東地方において、プレート境界の位置を示すフィリピン海プレート上面、下面の小繰り返し地震に加え、下面の小繰り返し地震からの変換波を利用して、フィリピン海プレートの上面深度のみならず、厚さを精度よく求めることに成功した(Uchida et al., 2010)。フィリピン海プレートの厚さは東京の下で約50kmで北東限に向かって薄くなるくさび形をしていること、関東地方の東部ではフィリピ

ン海プレートの沈み込み角度が緩く、北東限の近くでは上向きの変形があることが分かった。このくさび形の形状は、フィリピン海プレートが相模トラフから沈み込む前に前弧域にあった時に形づくられたものと考えられる。一方、フィリピン海プレートの沈み込み角度の変化や、先端付近での変形は、沈み込んだ後の太平洋プレートとの相互作用によるものと考えられる。ここで推定されたスラブの構造は、関東下の地震活動に大きな影響を与えている可能性がある。

3.2. 日高地域下の地震波速度構造から推定される島弧-島弧衝突とスラブ内地震の関係

北海道島弧会合部下で見られる上面地震帯の深部シフトは、この地域に特異に沈み込む地殻物質がスラブ表面の温度上昇を妨げているためであることを前計画において示した (Kita et al., 2010b)。この特異な地殻物質をさらに調べるために、合同観測データ (勝俣・他, 2002) を加えて、詳細な地震波速度構造を求めた結果、スラブ直上に存在する地殻物質の東縁は日高衝上断層に対応していることが明らかになった。一方、日高衝上断層を西縁とする日高変成岩帯下では、橄欖岩と考えられる地震波速度を持つ物質が通常の内陸地殻領域まで深部から西に向かって斜めに貫入していることが示された (Kita et al., 2012)。特異に沈み込む地殻物質の構造を詳しく見ると、高速度層と低速度層の互層になっており、層の傾きはおおよそ 40-60°程度、走行はほぼ南北となっていた。その互層の境界のうち1つは、1982年浦河沖地震の本震断層面に対応していた。互層構造は日高変成帯の東側のマントル物質と地殻物質の境界付近にも見られ、その互層の境界は陸上の地質構造線または活断層の空間分布と対応していることが分かった。またその境界域下のスラブ内を見ると、70°程度の走向で、上面～下面にかけて連続的な筋状の地震活動が見つかった。これは、スリバー運動による千島前弧物質の衝突過程が、同地域でのスラブ内・面間地震の発生原因に関わっていることを示唆している。

3.3. 北海道下の減衰構造 (後半は H25 年度の成果)

北海道下において稠密地震観測網のデータも用いて地震波減衰構造を求めた結果、日高地方下のスラブ地殻内が高減衰域としてイメージされ、分解能テストからもその存在が確かめられた。このスラブ地殻内の高減衰は、この地殻内の地震活動に流体の存在が関与していることを示唆している。

一方、マントルウエッジ内のスラブ表面直上では、北海道東部および南部では深さ 90~100km、その間の大雪山系の西から石狩低地帯にかけての地域では深さ 110~130km でやや高減衰となっていた。前述のとおり、大雪山系の西部から石狩低地帯下では上面地震帯は局地的に深部にシフトしており、その原因としては、深さ 70km まで特異に沈み込んだ大陸地殻物質がスラブ表面と接しているためにスラブ地殻内の岩石の相変化域が深部へ移動するためと考えられている。このような上面地震帯の深さ変化と、スラブ直上でのやや高減衰域になる箇所の深さ変化に対応関係が見られることは、相変化する際にマントルウエッジへ放出された水が、この高減衰の原因となっていることを示唆しており、スラブ内地震の発生が岩石の脱水に関係しているとする仮説 (Kirby et al., 1996) の傍証となっている。

4. スラブ内の流体と地震発生の関係

4.1. 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 (Nakajima et al., 2011b; Ohta et al., 2012)。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滑りによって断層面での剪断応力が増加し、地震が発生。

4.2. 面間地震と海山の関係

東日本の太平洋スラブ内には二重深発地震面があることが知られているが、近年の研究により、その上面・下面の間 (面間) にも定常的な地震活動が一部地域にあることや、大地震の破壊域の一部が二重面の間に達する場合もあることが報告されている。またこのような面間地震の発生は、岩石学的

な研究からも予想されている（例えば Omori et al, 2002）．そこで、北海道を含めた東日本陸域下での震源の空間分布を詳細に検討したところ、大スラブ内地震の余震域を除いた場合でも、面間地震活動が明瞭に存在することが示された．特に東北中央部～南部の前弧側、北海道東部前弧域に集中しており、それらの場所は、海山地形の発達する領域のプレート沈み込み方向延長上に位置している．このような海山では plume によって水が付加されたと考えられており（例えば Kirby, 1995）、海山と面間地震との対応は、面間地震の発生に岩石の脱水反応が関係していることを示唆している．

4.3. 沈み込む海洋性地殻内の地震波速度構造と流体（H25 年度に最終結果）

東北地方のスラブ内地震に見られる太平洋プレート上部境界での PS 変換波（Matsuzawa et al., 1986）の走時を用いて、海洋性地殻の面的な P 波速度構造を推定した（Shiina et al., 2013）．その結果、P 波速度は前弧側で 6.5-7.5 km/s、背弧側で 7.5-8.5 km/s であり、火山フロント下を境に速度が大きく変化することが明らかになった．また、深さ 60-100km の地殻の速度は含水化した MORB から期待される速度よりも遅く、含水鉱物に加えて自由水があることが示唆される．さらに、上面地震帯（Kita et al., 2006）の活動は地震波速度が特に低速度な深さ範囲で活発であり、このことは、スラブ内地震の発生に高間隙水圧が重要な役割を果たしているというモデルを強く支持する．

4.4. 東北地方太平洋沖地震によるスラブ内地震の活発化と震源の移動（H25 年度に最終結果）

2011 年 11 月 14 日に房総半島南端下のフィリピン海（PHS）プレート最下部（深さ 67km）で M4.1 の正断層地震が発生し、その周辺で地震活動が活発化した．この地震活動を詳細に調べた結果、M4.1 の後に発生した地震は相似地震を含むこと、その震源は 6ヶ月で約 6km 浅部に移動すること、応力降下量は 1-40MPa 程度であることなどが明らかになった（Nakajima et al., 2013a）．東北地方太平洋沖地震（本震）から 8ヶ月が経過した後に活発化した活動を説明するために、「本震時または余効滑りにより太平洋プレート上部境界の不透水層が破れ、直上の PHS スラブに高間隙水圧水が流入して断層強度を下げることで活発な活動を引き起こした」というモデルを提唱した．

4.5. フィリピン海スラブ内の地震活動（H25 年度の成果）

最新の研究成果を統合して解釈したところ、西南日本やカスカディアに沈み込む若いスラブでは、地殻内の地震活動が極めて低調であることが明らかになった（Abers et al., 2013）．MORB 鉱物の脱水反応のモデル計算によれば、プレート収束速度が遅い場合には、脱水反応により生成される単位時間あたりの水の量が少なく、間隙水圧を上昇させることができないことが示唆される．この成果は、スラブ内地震の発生には脱水の有無だけではなく、間隙水圧を上昇させるメカニズムが働いているかどうか最も重要であることを強く示唆している．

5. スラブ内地震発生モデル（H25 年度までのまとめと展望）

本研究では、スラブ内地震は、スラブ内の岩石の相転移に伴う脱水により間隙水圧が上昇し、強度が低下することによって発生する、という仮説の検証を行ってきた．上記で示したように、これまで得られた結果はすべてこの仮説を支持しており、この仮説に矛盾する結果は今のところ得られていない．

僅か 1km の範囲内でまったく逆の応力場で地震が発生するという事は、強度が極めて小さいことを示唆している．これは最近、浅発地震やプレート境界地震においても指摘されていることである．一方、深さ 100km では深さ 10km の浅発地震発生域に比べて 10 倍の静岩圧が働いているので、仮に見かけの摩擦係数が浅発地震やプレート境界と同程度であったとしても、実際の剪断応力は 10 倍くらい異なっても良いことに注意が必要である．深い地震ほど応力降下量が大きいうことは、有効法線応力が静岩圧と共にそれなりに大きくなっていることを示唆していると考えられる．もちろん、応力降下量の違いには岩石の弾性定数や残留応力の違いも反映されであろうし、断層中に流体が存在しているのなら、Thermal Pressurization の影響も考慮する必要があるだろう．今後、相転移に伴って期待される体積変化やベンディング・アンベンディングの効果を応力変化に換算し、スラブ内の応力と地震発生の関係を定量的に検討していくことが重要である．

今回の研究で、海洋性地殻内の地震については、アウターライズ/海溝外側斜面での正断層型地震発生に伴って、断層内に水が入って、そこで取り込まれた水と、もともと存在していた水が深部で相転移によって離脱することによって間隙水圧を上昇させ、稍深発地震を発生させている可能性がますます

強くなった。しかし、スラブ地殻については、このモデルで説明できる事象が蓄積されてきたが、スラブマントルについては、それほど明確にはなっていない。今後、スラブマントル中の地震と流体との関係をさらに詳細に調べる必要がある。

一方、もともと面間地震が存在していたり、周囲より低速度となっているところは、すでに強度が低下している領域であると考えられ、そのような場所で大きな地震も発生しやすいと考えられる。その断層面は中立面を越えることは難しいということが示されたことにより、ポテンシャル評価として、スラブ内大地震の発生場所の同定と最大規模の推定にある程度の指針が示されたのは大きな成果であった。今後、さらに事例を蓄積し、スラブ内地震のポテンシャル評価手法が確立すれば、防災・減災対策上、極めて有益であると期待される。

- (8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
- Abers, G. A., J. Nakajima, P.E. van Keken, S. Kita, and B.R. Hacker, 2013, Thermal-petrological controls on the location of earthquakes within subducting plates, *Earth Planet Sci. Lett.*, 369-370, 178-187, doi: 10.1016/j.epsl.2013.03.022.
- 長谷川昭・中島淳一・内田直希・海野徳仁, 2013, 東京直下に沈み込む 2 枚のプレートと首都圏直下の特異な地震活動, *地学雑誌*, 122, 398-417, 2013.
- Nakajima, J., K. Yoshida, and A. Hasegawa, 2013a, An intraslab seismic sequence activated by the Tohoku-oki earthquake: Evidence for fluid-related embrittlement, *J. Geophys. Res.*, 118, 3492-3505, doi: 10.1002/jgrb.50246.
- Nakajima, J., N. Uchida, T. Shiina, A. Hasegawa, B.R. Hacker, and S.H. Kirby, 2013b, Intermediate-depth earthquakes facilitated by eclogitization-related stresses, *Geology*, 41, 659-662.
- Nakajima, J., 2014, Seismic attenuation beneath Kanto, Japan: Evidence for high attenuation in the serpentinized subducting mantle, *Earth Planets and Space*, in press.
- Shiina, T., J. Nakajima, and T. Matsuzawa, 2013, Seismic evidence for high pore pressure in the oceanic crust: Implications for fluid-related embrittlement, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 2006-2010, doi:10.1002/grl.50468.
- Uchida, N., S. H. Kirby, N. Umino, R. Hino, and E. A. Okal, 2013, The Great 1933 Sanriku-oki Earthquake: Possible Compound Rupture of Outer Trench Slope and Triggered Interplate Seismicity, AGU 2013 Fall Meeting, San Francisco, Moscone Center, December 2013.

(9) 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・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

スラブ内の地震活動・地震学的構造については防災科研 北佐枝子との共同研究

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, 放送大 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

(10) 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/>

(11) 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

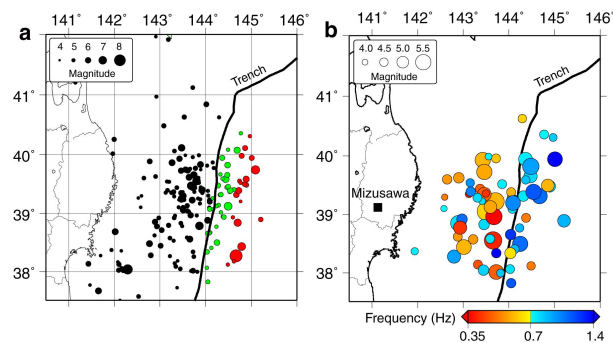


図 1. 1933 年三陸沖地震の余震分布と卓越周波数 .

(a) 3次元速度構造を用いたダブル・ディファレンス法により再決定した 1933 年三陸沖地震の本震後 3ヶ月間の地震分布 . (b) 水沢観測点におけるすず書き記録から読み取った卓越周波数 . 震源位置は再決定後のもの (Uchida et al., 2013) .

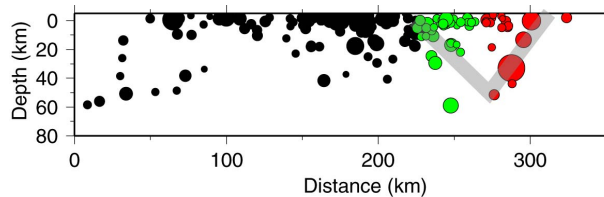


図 2. 図 1(a) の東西断面 .

丸の色は図 1 と同様 (Uchida et al., 2013) .

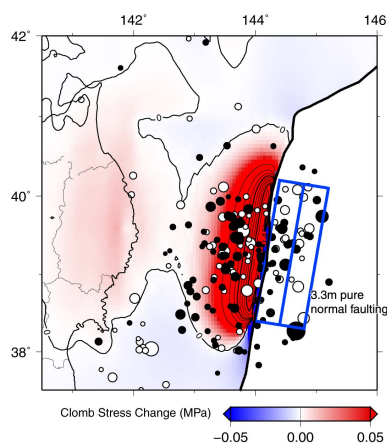


図 3. 1933 年三陸沖地震本震 (2つの矩形) によるプレート境界上の低角逆断層地震に対する CFF .

コンター間隔は, 0.01MPa . ソースの断層 (青矩形) は 10-45km の深さに位置し 3.3m の正断層滑りを与えた . CFF を計算する地震については, プレート境界上で, プレート相対運動方向の逆断層とした . また, 剛性率 30 GPa, ポアソン比 0.25, 摩擦係数 0.3 を用いた . また, Nakajima and Hasegawa (2006) および Kita et al. (2010) のプレートモデルを用いた . 黒と白の丸はそれぞれ, 1933 年 3 月 3 日 ~ 31 日, 1933 年 4 月 1 日 ~ 8 月 28 日の地震の震央分布を示す (Uchida et al., 2013) .

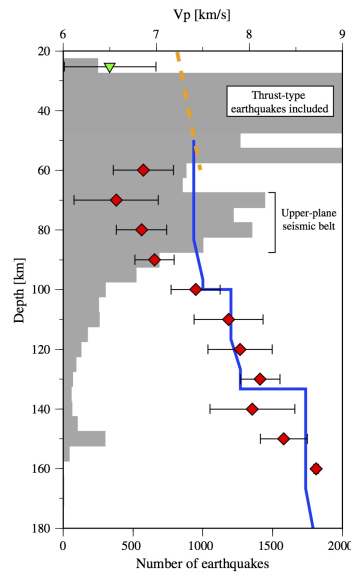


図4．PS変換波から推定された沈み込んだ海洋性地殻のP波速度分布（Shiina et al., 2013）．

10 kmの深さごとの海洋性地殻のP波速度の平均値について、本研究結果を赤菱形で、Ito et al. (2005)による構造探査結果を緑逆三角で示す．青線はMORBから期待されるP波速度分布（Hacker et al., 2003）、橙破線は実験的に求めたローソン石青色片岩のP波速度（Fujimoto et al., 2010）を示す．灰色のヒストグラムは一元化震源カタログによる、海洋性地殻内で発生した地震の個数の頻度分布を表す．