

(1) 実施機関名：

弘前大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

東北日本沈み込み帯のプレート境界における応力敏感構造の解明

(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

イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の5か年の到達目標：

建議の全体計画においては、アスペリティ分布とプレート内不均質構造並びにプレート内応力場との関連を明らかにして、プレート境界上のアスペリティ間の相互作用を解明することが求められている。本課題ではこれを目標に、相似地震から非地震性滑りを推定することと、震源メカニズム解からプレート境界での応力変化を推定することにより、非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用についての知見を得ることを目指す。相互作用の理解を進めるためには、相似地震以外の地震がどのような地震なのかについての理解も併せて進める必要がある。そのため本課題では、震源メカニズムに基づいたプレート境界地震の識別も行ない、プレート境界で発生する相似地震、プレート境界で発生する非相似地震、プレート境界以外で発生する地震の活動の比較を通して、非地震性滑りとアスペリティの相互作用を検討する。また、アスペリティや非地震性滑り域と応力場の対応関係も、応力テンソルインバージョンなどを用いてこれまで以上に詳細に明らかにする。以上を5か年の第一の到達目標とする。

プレート境界での応力状態や固着状態の変化に伴って地下構造が変化し、それが検出できれば、地震予知に非常に大きな貢献となる。最近適用例が増えている地震波干渉法では、波動場の相互相関によって表されるグリーン関数の時間変化を検出した例がいくつか報告されている。そこで本課題では、研究期間中に何度か発生することが予想される M6 程度以上の中規模地震の前後で、プレート境界での応力状態の変化とグリーン関数の変化を丹念に調べ、両者が対応するような変化の有無を検討する。これを第二の目標とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本課題は、いずれも青森県東方沖のプレート境界域を対象として実施する。実施内容は、相似地震の検出と相似地震を用いた非地震性滑りの推定、震源メカニズム解の決定とそれを用いた応力場の推定、波形の相似性と震源メカニズム解に基づく地震の識別（プレート境界の相似地震、プレート境界の非相似地震、プレート境界以外で発生する地震）、相似地震群をソースとした地震波干渉法による相似地震群間のグリーン関数の時間変化の調査である。これらはほぼ5か年を通して実施する。以上の情報を基に、アスペリティ位置の精密な推定、非地震性滑りの推定、応力場及び非地震性滑りと3種類の地震活動との関係、中規模地震や非地震性滑りと相似地震群間のグリーン関数の時間変化の関

係、について検討する。それらを総合して、非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用についての知見を得る。

21年度においては、相似地震の検出、震源メカニズム解の決定と応力テンソルインバージョンによるプレート境界の応力場の把握を行う。以下、これらを基本解析と呼ぶ。

22年度においても基本解析を継続して実施するとともに、地震波干渉法による解析システムを開発する。

23年度においても基本解析を継続して実施する他、波形の相似性と震源メカニズム解に基づき、プレート境界付近で発生した地震の識別を実施する。

24年度においても基本解析を継続して実施する。また、アスペリティ位置の精密な推定、非地震性滑りの推定、応力場及び非地震性滑りと3種類の地震活動との関係を検討する。

25年度においては、中規模地震や非地震性滑りと相似地震群間のグリーン関数の時間変化の関係について検討し、非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用について考察する。

(7) 平成22年度成果の概要：

22年度には、相似地震の検出と震源メカニズム解の決定を前年度から継続して実施した。また、相似地震と非相似地震の波形の比較検討、及び地震波干渉法による解析システムの開発を行なった。

相似地震の検出は青森県東方沖で発生した地震を対象に、P波からS波直後までのウィンドウに1~4 Hzのバンドパスフィルターをかけ、異なる地震間の波形の相関係数を求めることで行った。抽出された相似地震はプレート境界に分布しているが、詳細に見ると境界よりも数km深部に位置するものがあり、震源位置についてはさらに検討が必要であることがわかった。また、ある観測点での波形を相関係数の値の順に並べて、相関係数の低下とともに波形のどの部分が異なるのかを調べた。図1の例では、波形の違いはS波直後のコーダ波部分に現れており、相関係数の大きい地震と小さい地震では地震波の経路が微妙に異なることを反映しているものと考えられる。このことからすると、今回の方法では震源位置が異なるものは相似地震としては抽出されにくいことを示唆し、抽出法にも検討の余地がある。

震源メカニズム解の決定は、下北半島付近で発生した浅発地震を対象にP波初動極性を用いて行った。決定精度が良いと判断したメカニズム解141個中の9割弱は逆断層的な地震であり、対象領域が圧縮応力場にあることは確かである。しかし、プレート相対運動の方向と調和的ではないP軸方位を示すものが3割程度含まれていることがわかった(図2)。また、断層運動のタイプやP軸・T軸方位の分布は複雑である。そこで応力テンソルインバージョンにより応力テンソルの推定を行った。その結果は西北西-東南東方向の最大主応力軸をもつ逆断層型の応力場を示した。解析対象とした地震の約半数がこのタイプで、空間的にも広く分布している。このことから、P軸・T軸方位の分布分布は複雑であっても、プレート相対運動を反映した応力場が支配的であることがわかった。

地震波干渉法については一通りの解析プログラムの開発を行なったが、実際のデータから結果を得るまでには至らず、解析は23年度に実施する必要がある。

さらに、2008年岩手・宮城内陸地震の余震の中の低周波地震の抽出を行った。これは弘前大学が実施している課題には含まれないが、地震予知研究上有用な知見が得られたと考えられるので本報告に含めることにする。解析には合同余震観測グループによる観測波形と験測値を用いた。2008年6月15日~9月30日の期間に発生した3000個以上の地震に対して、59観測点でのP波・S波・コーダ波部分のスペクトル振幅のピーク周波数を求めた。次いで、ピーク周波数の対数とマグニチュードに対する1次回帰式からの周波数偏差を求め、それを基に低周波地震を抽出した。高周波地震と低周波地震の分布には明瞭な棲み分けが見られ、低周波地震(以下では実体波・コーダ波ともに低周波の地震のことを指す)は、震源の深さ方向への広がりの中では相対的に浅い部分に分布する(図3)。平面図において低周波地震が最も集中的に発生している鳴子火山の北東部は、カルデラ領域とよく対応する。また、栗駒山北部及び焼石岳周辺も低周波地震発生域となっていることから、低周波地震は高温領域において発生していると見ることが出来る。一方、余震域北端部に分布する低周波地震は、余効変動か

ら推定された非地震性すべり域の西側深部延長に分布している。この領域においては、地震時すべりを生じた断層とその浅部延長にかけて、高周波地震の発生域、低周波地震の発生域、非地震性すべり域へと系統的に移り変わり、上載圧の減少と間隙水圧の増加によって準静的すべりが促進されたことを示唆する。

- (8) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
Katsumata, K., M. Kosuga, H. Katao et al., 2010, Focal mechanisms and stress field in the Atotsugawa fault area, central Honshu, Japan, Earth Planets Space, 62, 367 – 380.
小菅正裕・2008 年岩手・宮城内陸地震合同余震観測グループ, 2011, 2008 年岩手・宮城内陸地震の低周波余震, 東北地域災害科学研究, 47, (印刷中).

(9) 平成 23 年度実施計画の概要：

23 年度においても、相似地震の検出、震源メカニズム解の決定と応力テンソルインバージョンによるプレート境界の応力場の把握の基本解析を継続して実施する。これまで、相似地震の検出は 1~4 Hz の帯域での相関係数を基に行っていたが、複数の帯域におけるコヒーレンスから求めるように変更する。また、波形の相似性と震源メカニズム解に基づき、プレート境界付近で発生した地震の識別を実施する。さらに、地震波干渉法を実際のデータに適用し、得られる情報の概要を把握するとともに、構造の時間変化を検出する方法を検討する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

小菅正裕・渡辺和俊・佐藤魂夫・佐藤勝人
他機関との共同研究の有無：無

(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：附属地震火山観測所
電話：0172-39-3652
e-mail：mkos@cc.hirosaki-u.ac.jp
URL：

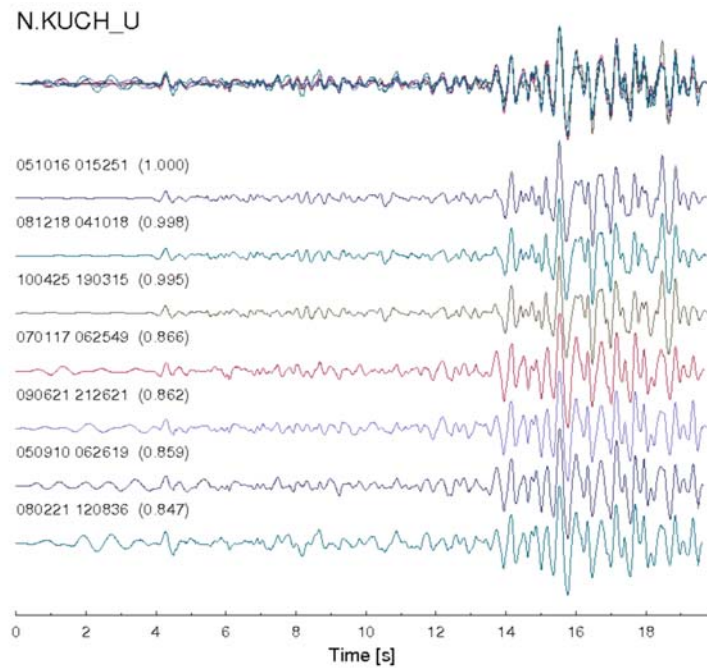


図 1

相関係数の値の順に並べた波形．括弧内の数字は（1.000）の波形との相関係数を表す．最上段は全てを重ねて描いた波形．

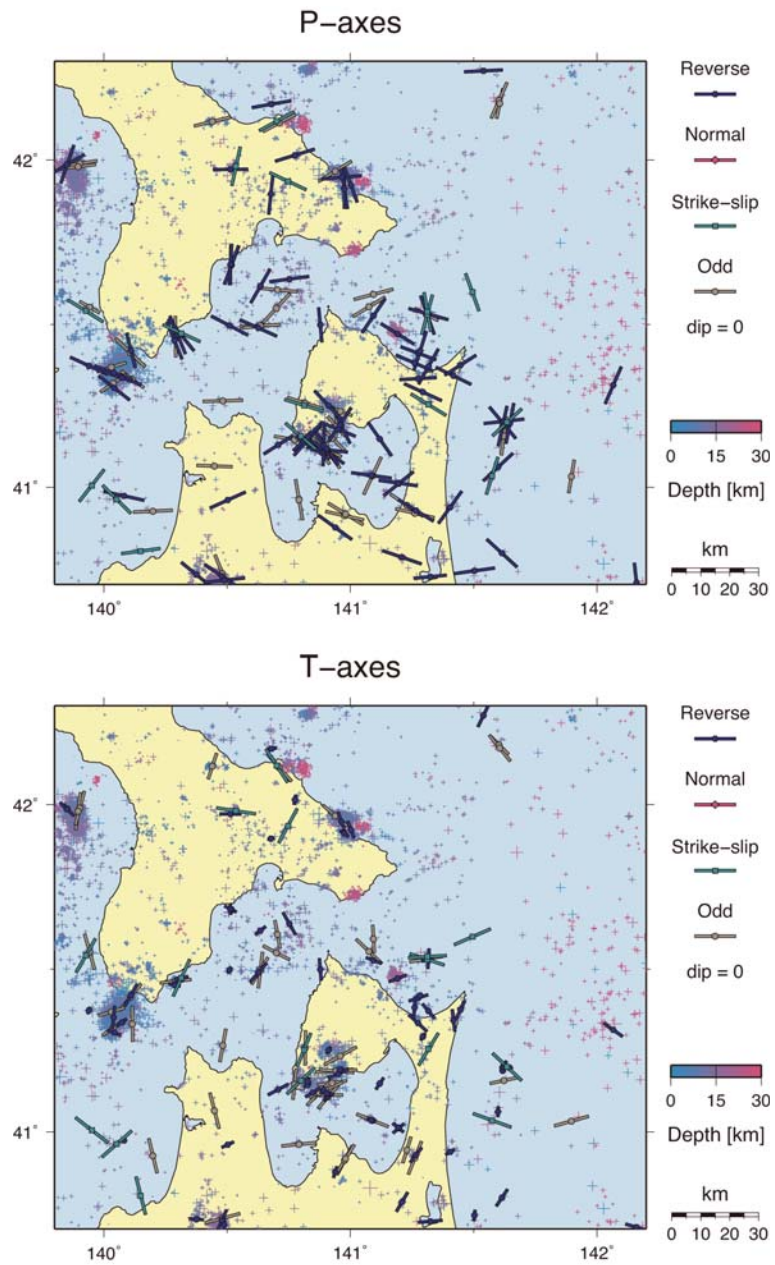


図 2

下北半島周辺で発生した浅発地震の震源メカニズム解の P 軸（上）及び T 軸（下）の空間分布. 棒の向きが軸の方位を表し, 棒の長さは傾斜角を表す. 傾斜が 0° の場合の長さが凡例に示されている. 棒の色は断層運動のタイプを表す. 十字は 1983 年 1 月～2009 年 7 月の期間の浅発地震の震央を示し, 色はスケールバーで表される深さを表す.

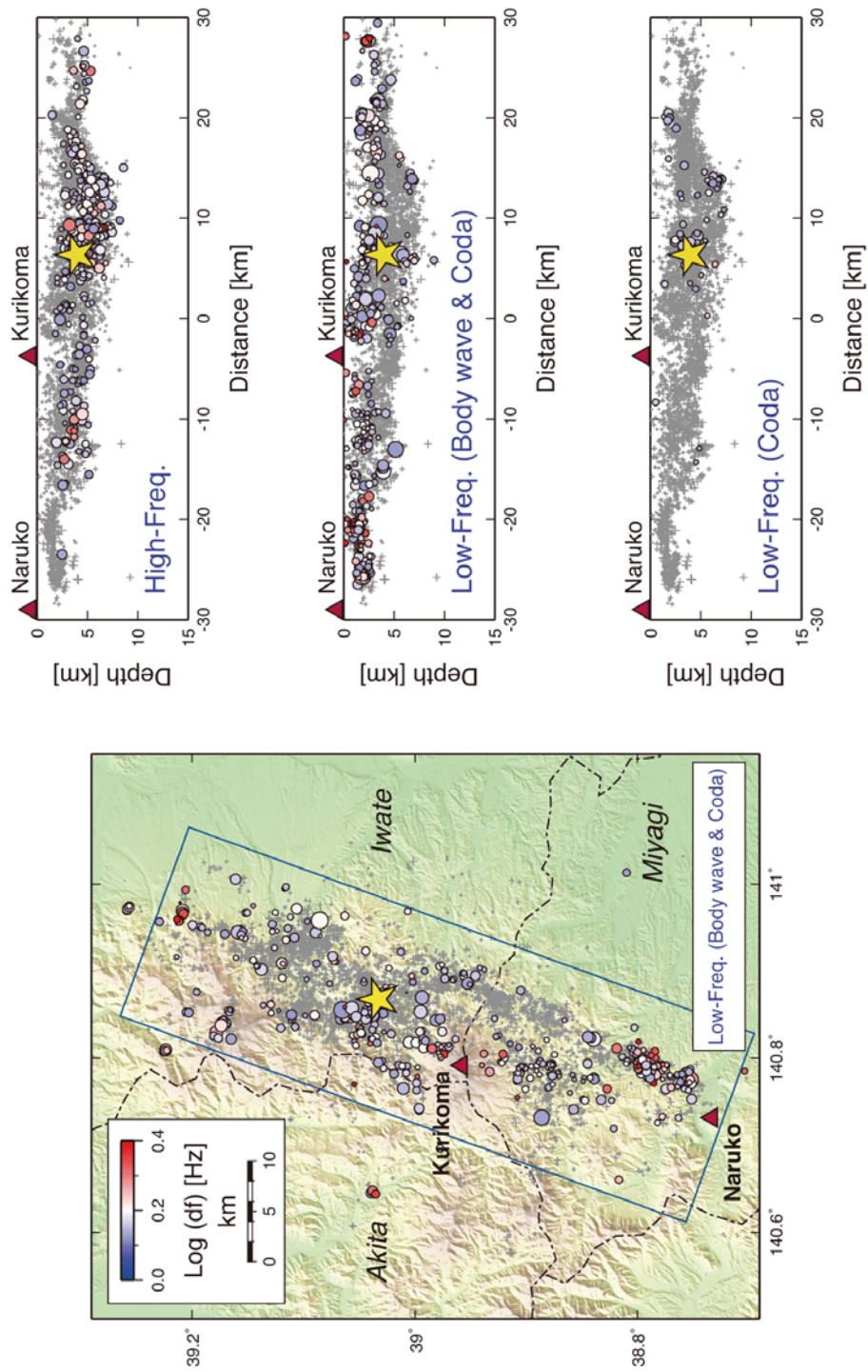


図 3

2008年岩手・宮城内陸地震の余震分布。平面図において丸印は低周波地震の震央を表す。断面図は平面図の青枠内の地震を東南東から投影したもので、上から順に、高周波の地震、実体波・コーダ波ともに低周波の地震、及びコーダ波部分が低周波の地震の深さ分布を示す。灰色の十字は通常地震、星印は本震の震源を表す。丸の色は周波数偏差を示す。