

(1) 実施機関名：

弘前大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

東北地方北部日本海溝沿いの地震活動モニタリング

(3) 最も関連の深い建議の項目：

5. 超巨大地震に関する当面実施すべき観測研究の推進

(2) 超巨大地震とそれに起因する現象の予測のための観測研究

ア. 超巨大地震の震源域における地殻活動のモニタリング

(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

ア. 列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

(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

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

東北地方太平洋沖地震の発生は，日本海溝沿いでプレートの固着に関する考え方に根本的な見直しを迫るものであった。また，2 日前に発生した M7.3 の地震後にゆっくり滑りの伝播が示唆されていることも，日本海溝沿いの領域での地震活動を監視することの重要性を示している。しかし，その領域においては震源決定精度が劣り，それに伴ってメカニズム解の決定精度も低いという重要な問題がある。本課題では，地震波形を利用することで，日本海溝沿いで発生する地震の震源とメカニズム解の推定精度を向上させることを目標とする。具体的には，震源が既知の地震の波形をテンプレートとし，それとの波形の相関を用いて，震源が未知の地震の震源を決定する手法を開発する。テンプレート震源を sP 波を利用して決定することで，全体の震源精度の向上を図る。また，精度の高い震源と sP 波の振幅を用いることで，メカニズム解も精度良く決定し，日本海溝沿いの地震活動のモニタリングに資する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

(a) テンプレートエンベロープを用いた震源推定 (24 年度)

テンプレートとする地震の波形と観測波形の相関を取ることで地震を検出し，テンプレート地震との相対走時差から震源位置を推定する。日本海溝周辺で発生する地震の波形は，強い前方散乱の効果で S 波到着が極めて不明瞭であるので，波形そのものをテンプレートとしたのでは地震の抽出が困難であることが予想される。そこで，エンベロープの相関を用いた方法を試みる。

(b) エンベロープ振幅を利用した震源メカニズム推定 (24 年度・25 年度)

メカニズム解決定にあたり，(a) で決定した震源とエンベロープ振幅を利用する。特に，sP 波の振幅情報を利用する方法を開発する。

(c) sP 波の波形の時間変化のモニタリング (25 年度)

sP 波は極めて広範囲で観測される。sP 波の波形の時間変化は、震源位置とメカニズム解の時間変動の他に、震源と反射面の間の物性の時間変化を反映する可能性がある。そこで、(a)(b) で決定された震源とメカニズム解を考慮し、物性の時間変化の検出可能性を検討する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度~25 年度)の成果の概要:

平成 24 年度に引き続き、エンベロープ波形をテンプレートとして用いる震源決定法の開発を行った。24 年度には 2004 年新潟県中越地震を対象に検討を行ったが、25 年度には 2011 年東北地方太平洋沖地震を対象に検討した。手法的には以下の 2 点の改善を行った。一つは、エンベロープ波形の相関を計算する際の波形の規格化の際に、各観測点の 3 成分間で規格化を行っていたものを、全観測点の全成分で規格化するように変更したことである。これにより、振幅の空間分布が類似したテンプレートが選択されるようになり、地震検出の際の誤認識が低下した。もう一つは、相対震源決定を行うようにしたことである。これは、観測エンベロープとテンプレートのラグ相関を求め、ラグの分布を説明できるように、テンプレート震源からのずれを求めることを行った。この手法を東北地方太平洋沖地震の本震直後 1 時間のデータに適用した結果、気象庁では震源が求められていない余震を検出し、震源を推定することができた。ただし、この時間帯は目視による地震検出と震源決定は極めて困難であるため、テンプレート法での検出と震源決定が妥当であるかは、慎重に検討しなければならない。

25 年度計画では sP 波の波形の時間変化のモニタリングを計画していたが、これに関しては予定通りに実施できなかった。しかし、当初計画には挙げていなかった、東北地方太平洋沖地震本震の震源付近における地震活動、及び東北地方太平洋沖に発生する地震の応力降下量分布についても、極めて関係が深いテーマとして研究を行った。

東北地方太平洋沖地震本震の震源付近では、2 日前の前震の他、過去に顕著な活動が数回発生していたので、過去の地震活動の時空間分布を詳しく調査した。陸域の地殻変動観測点(GEONET)と海上保安庁および東北大学の海底地殻変動観測点のデータから東北沖地震の滑りを求めると、滑り量が 20 m を超える大滑り域が南北 2 つに分かれて現れる。これら 2 つの大滑り域の周囲には 3 つの顕著な活動域が存在する。1 つは南方大滑り域の西側に分布する深部地震活動域、2 つ目は前震活動の震源域を含む浅部地震活動域、3 つ目は南方大滑り域を東西に 2 分する中部地震活動域である。前震活動とそれ以外の活動の間には、南方大滑り域を囲む地震活動の様式に大きな違いが認められる。前震活動の場合は、先行して発生した一連の地震により南方大滑り域の強度が低下し、その状態で前震活動が発生したため南方大滑り域が破壊され、M9 級の東北沖地震の発生につながったと推測した(図 1)。

応力降下量分布は、防災科学技術研究所 Kik-net の地震波形データを用いて推定した。伝播経路の効果は 3 次元地震波速度構造及び Q 構造を用いて補正した。その結果、海溝付近で低周波地震、沿岸付近で高周波地震が多く発生するという、従来から知られていた一般的傾向に加え、高周波地震は特に宮城県沖の沿岸付近で多く、岩手県沖及び茨城県沖では少ないという地域性が認められた(図 2)。また、アウターライズで発生する地震やスラブ内地震に高周波地震が多いことも明らかになった。

本課題の到達目標は、地震波形を利用することで、日本海溝沿いで発生する地震の震源とメカニズム解の推定精度を向上させることであった。地震波形のエンベロープをテンプレートとする震源推定法の開発を行い、精度検証が課題として残っているが、地震検出と相対震源決定が可能になった。地震検出はテンプレート地震の振幅の空間分布も考慮して行っているため、メカニズム解が類似した地震の抽出ができており、メカニズム解推定もほぼ達成できたと言える。それに加え、東北地方太平洋沖地震本震の震源付近での地震活動特性、及び東北地方太平洋沖での応力降下量分布の地域性を明らかにした。これらの成果は、今後の地震活動モニタリングにおいて、地震活動や応力降下量などがどのような特性を持つ地域を特に注目すべきかについての知見を与えたものと見ることができる。

(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):
Sato, T., S. Hiratsuka, and J. Mori, 2013, Precursory seismic activity surrounding the high-slip patches of the

(9) 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

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

(11) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名: 小菅正裕
所属: 附属地震火山観測所

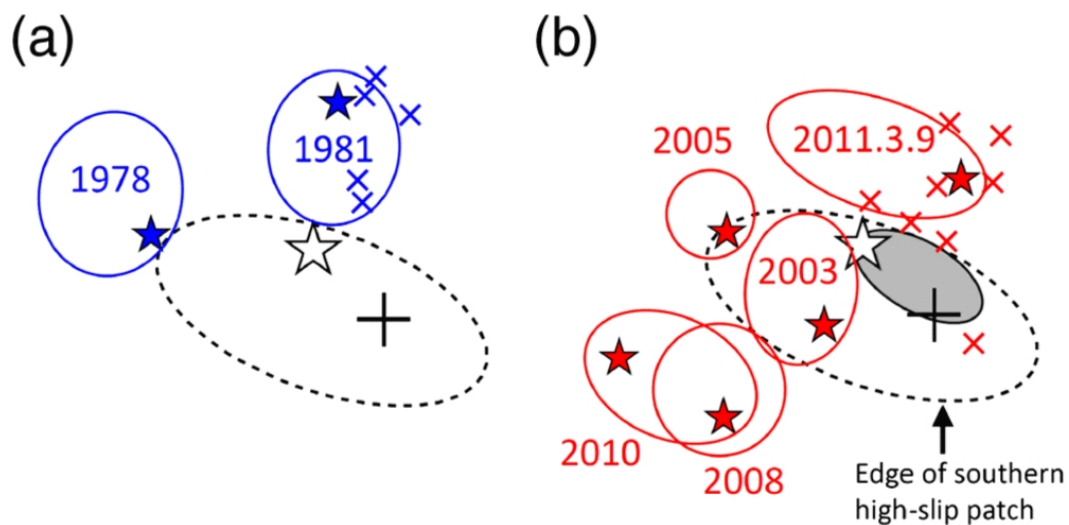


図1 1981年の地震活動と2011年の前震活動に先行する地震活動の違い。

各地震の破壊域を楕円で模式的に示す。色塗りの印は各地震の震央, 白抜きの印は東北沖地震の震央を示す。破線は南方大滑り域の境界を表し, 灰色の楕円の領域は地震活動のドーナツパターンで囲まれた強固なアスペリティを表す。×印はM6台の地震の分布を表す。

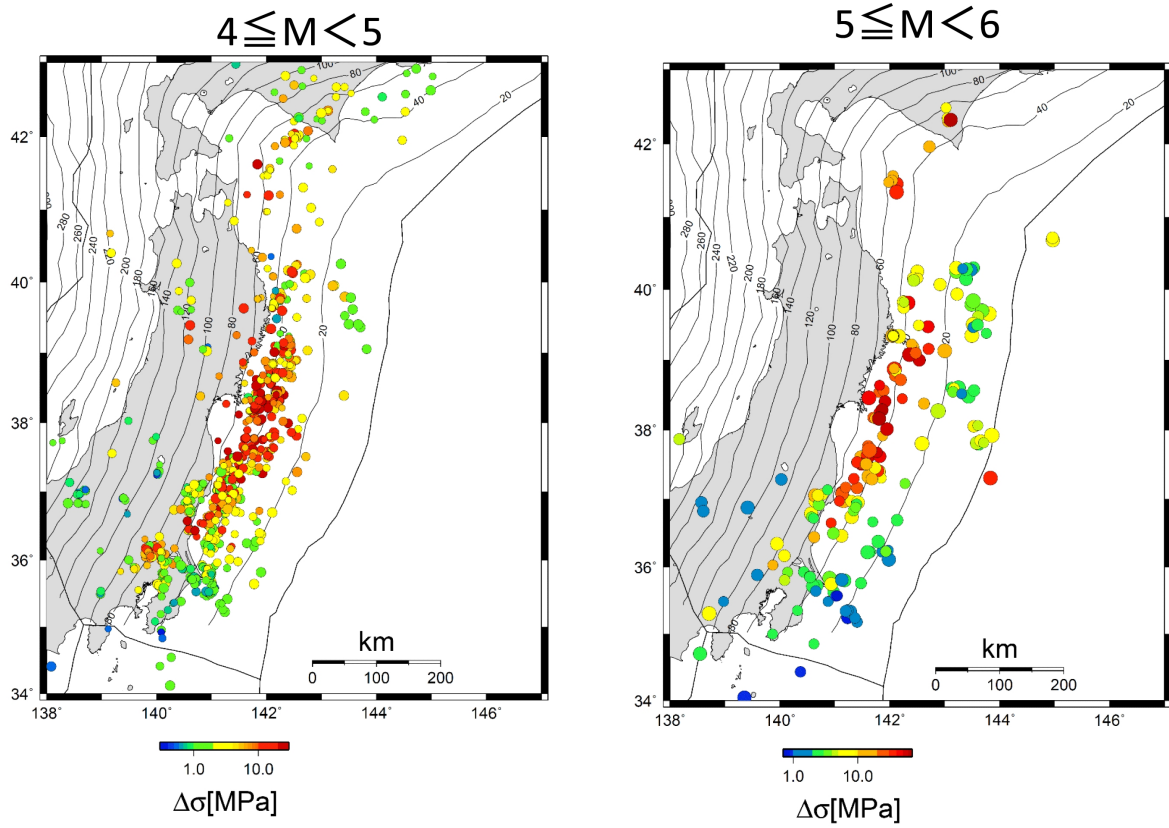


図2 東北地方太平洋沖で発生した地震の応力降下量分布。
 左はマグニチュード 4~5, 右はマグニチュード 5~6 の地震を示す。