

- (1) 実施機関名：東北大学大学院理学研究科
- (2) 研究課題（または観測項目）名：相似地震（小繰り返し地震）の発生ゆらぎをもたらす原因の解明
- (3) 最も関連の深い建議の項目：1. (2) エ. 地震発生サイクル
- (4) その他関連する建議の項目：1. (2) ア. プレート境界域における歪・応力集中機構
- (5) 本課題の平成16年度からの5カ年の到達目標と、それに対する平成16年度実施計画の位置付け：

釜石沖に見られるような小さな繰り返し地震のデータと GPS データや海底地殻変動データを用いて、再来間隔のゆらぎが、そのまわりの準静的すべりの時間変化によるか否かを検証することを5ヶ年の到達目標とする。また、アスペリティの連動破壊が生じる条件の解明も行う。

この実現のためには、すべり量の推定値の信頼度が高いことが必要であるため、平成16年度は準静的すべりの推定の高度化を行う。また、物理的なモデルを構築しなければ上記の検証は完結しないため、摩擦構成則に基づく定量的なモデル化に着手する。

(6) 平成16年度実施計画の概要：

1. 釜石沖固有地震的活動の発生間隔のゆらぎの検証

釜石沖の  $M4.8 \pm 0.1$  の地震の再来間隔は実際には多少揺らいでおり、これはまわりの準静的すべりの時間変化によるとする仮説の検証を行うため、この周囲の準静的すべりの状況を丹念に追跡する。

2. 摩擦構成則によるシミュレーションとの比較

摩擦構成則によって準静的すべりをシミュレーションし、これによって得られる準静的すべりの地域性や時間発展について観測データと比較する。

3. GPS 観測データとの比較に基づく相似地震のスケーリング則の検証

GPS 観測データと相似地震観測データから得られた準静的すべりから期待される内陸の歪を比較し、さらにマグニチュード別相似地震の積算すべりを比較することにより、現在の相似地震のスケーリング則の検証を行う（課題番号 1201：「プレート境界型地震の発生機構の解明」と連携）。

4. 相似地震の高精度震源決定

海底地震観測を元に、相似地震の高精度の震源を決定し、準静的すべりのマッピングの信頼度を向上させる（課題番号 1206：「宮城県沖地震の発生過程の解明」と連携）。

5. 相似地震の検知の自動化

相似地震を自動的に検出し準静的すべりをマッピングするシステムの構築に着手する（課題番号 1206：「宮城県沖地震の発生過程の解明」と連携）。

(7) 平成16年度成果の概要：

1. 釜石沖固有地震的活動の発生間隔のゆらぎの検証

釜石沖の  $M4.8 \pm 0.1$  の地震の再来間隔は1995年の地震の前が最も短く、その地震の後が逆に一番長い。このため、1995年の地震の発生が周囲の擾乱によって早められたという仮説を立てて、これを検証した。周辺の1990年以降の相似地震の活動から準静的すべりの時空間分布を推定したところ、1992～1994年頃にかけて、準静的すべりの加速が東から西に伝播した

様子が捉えられた。「本来 1996 年に発生するはずだった地震がこの準静的すべりの加速によって 1995 年に発生した」と解釈できるため、前述の仮説は正しかったと考えられる。

## 2. 摩擦構成則によるシミュレーションとの比較

すべり速度・状態依存摩擦構成則を用いて、プレート境界型地震の余効すべりのシミュレーションを行った。得られた結果では、浅い領域（海溝に近い領域）で余効すべりの伝播速度が大きく、深い領域（陸に近い領域）で伝播速度が小さくなった。この傾向は相似地震の解析から得られた余効すべりの伝播速度の分布とも整合している。様々なパラメータで検証してみた結果、このような傾向は、有効法線応力が浅部で小さいために生じることが判明した。実際の観測データと合わせるためには有効法線応力を静岩圧の 1/10 程度にする（間隙水圧を静岩圧の 9 割程度にする）必要があり、このことはプレート境界の見かけの摩擦係数が、実験から得られる摩擦係数の 1/10 程度以下であるとする、過去の研究結果とも整合する。

## 3. GPS 観測データとの比較に基づく相似地震のスケーリング則の検証

1994 年三陸はるか沖地震の余効すべりについて GPS の観測結果 (Nishimura et al., 2000) と相似地震解析の結果を比較したところ、大局的には両者は一致し、仮定したスケーリング則が大きくは間違っていないことが検証された。2003 年の十勝沖地震の余効すべりについても同様の検証を進めているところである（課題番号 1201：「プレート境界型地震の発生機構の解明」を参照）。

スケーリング則を確立するためには、相似地震の判定に間違いが無いことが前提条件となる。余震活動のみに現れるバースト型の相似地震については、明らかにプレート内部で発生している地震も存在していることが判明したため、波形のコヒーレンスを計算し、周波数ごとの波形の相似性から、相似地震判定基準について検討した。その結果、M3~4 程度のアスペリティの繰り返し破壊を確実に抽出できるようにするためには、これまで用いられてきたものより高い周波数（8Hz 程度）の波形まで解析に使用することが必要であることが分かった。新しい相似地震の抽出アルゴリズムにより、相似地震が太平洋下のプレート境界型地震発生域のみに分布し、その深部でプレートの相対運動速度 (8cm/year) と同程度のすべりレートを示すという結果が得られた。

## 4. 相似地震の高精度震源決定

相似地震の震源位置について、(1) 陸上の観測データから DD 震源決定法で推定する；(2) 三陸沖の海底地震観測結果から三次元速度構造を求め、その不均質構造を考慮した震源決定を行う；(3) 宮城県沖の観測結果から三次元速度構造を求め、その不均質構造を考慮した震源決定を行う；の 3 通りの検証を行った。その結果、図 1 と 2 に示したように、低速度層としてイメージされた海洋性地殻の表面（すなわちプレート境界）に相似地震が分布しており、いずれの結果においても、定常的に発生している相似地震についてはプレート境界に発生していることが検証された。

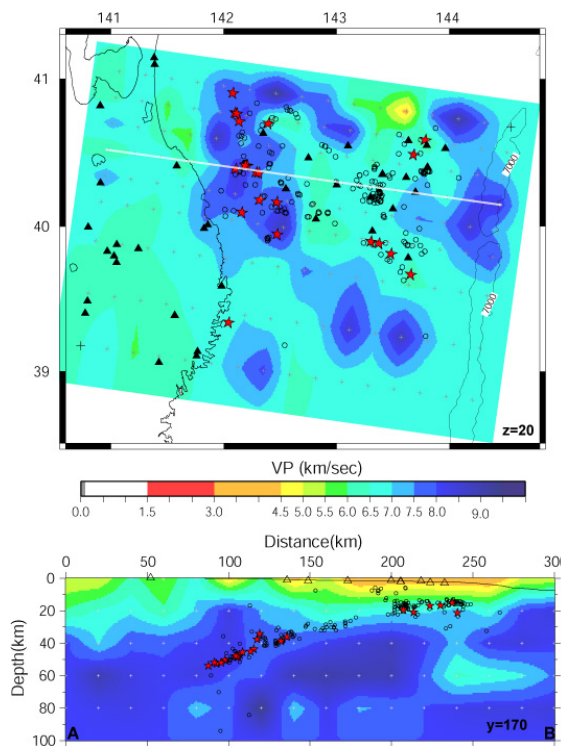


図1 海底地震観測から推定された三陸沖の P 波速度構造と震源分布 (桑野, 2004)。上図: 深さ 20km における速度構造。下図: 上図の白実線で示した部分の断面図。震源の位置を丸印、観測点の位置を三角印で示す。赤丸は相似地震の震源を表す

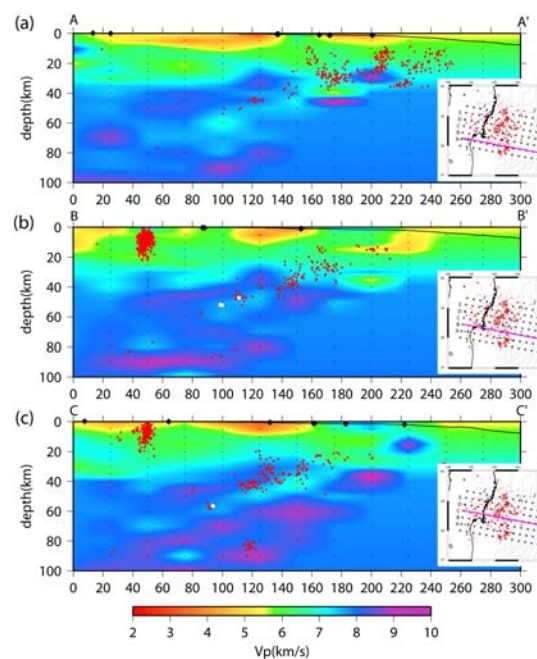


図2 海底地震観測から推定された宮城県沖の P 波速度構造と震源分布 (山本, 2004)。観測点の位置を黒丸、震源の位置を赤丸で示す。ただし相似地震の震源は白丸で示している

## 5. 相似地震の検知の自動化

相似地震を自動的に検出し準静的すべりをマッピングするシステムの構築に着手した。相似地震の抽出については、個々のステップでの自動化が完了し、システムを組み上げる段階にある (課題番号 1206: 「宮城県沖地震の発生過程の解明」を参照)。

### (8) 平成16年度の成果に関連の深いもので、平成16年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等):

Hasegawa, A., N. Uchida, T. Igarashi, T. Matsuzawa, T. Okada, S. Miura and Y. Suwa, Asperities and quasi-static slips on the subducting plate boundary east off Tohoku, NE Japan, SEIZE volume, Columbia University Press, in press, 2005.

桑野亜佐子, 三陸沖海陸プレート境界における地震学的構造に関する研究, 東北大学博士論文, pp125, 2004.

Matsuzawa, T., N. Uchida, T. Igarashi, T. Okada and A. Hasegawa, Repeating earthquakes and quasi-static slip on the plate boundary east off northern Honshu, Earth Planets Space, 56, 803-811, 2004.

菅ノ又淳一, スラブ内地震の発生機構に関する研究, 東北大学修士論文, pp152, 2004.

Uchida, N., A. Hasegawa, T. Matsuzawa, and T. Igarashi, Pre- and post-seismic slow slip on the plate boundary off Sanriku, NE Japan associated with three interplate earthquakes as estimated from small repeating earthquake data, Tectonophysics, 385, 1-15, 2004.

Uchida, N., T. Matsuzawa, A. Hasegawa, and T. Igarashi, Recurrence intervals of characteristic  $M4.8 \pm 0.1$  earthquakes off Kamaishi, NE Japan - Comparison with creep rate estimated from small repeating earthquake data, Earth Planet. Sci. Lett., in press, 2005.

山本揚二郎, 宮城県沖地震震源域の地震学的構造—海底長期繰り返し観測による—, 東北大学修士論文, pp122, 2004.

**(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :**

長谷川昭・藤本博巳・海野徳仁・三浦哲・日野亮太・松澤暢・岡田知己・西野実・  
内田直希・有吉慶介

他機関との共同研究の有無 :

相似地震の解析・シミュレーション関係については東京大学地震研究所との共同研究 (参加予定者 2 名程度)。海底地震観測については、東京大学地震研究所・気象庁・海上保安庁との共同 (参加予定者のべ 10 名程度)。

**(10) 問い合わせ先 :**

部署等名 : 理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター

電話 : 022-225-1950

e-mail : zisin-yoti (アットマーク) aob.geophys.tohoku.ac.jp

(注 : スпам対策をしています。 zisin-yoti@aob... の意味です.)

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