

- (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17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17年度も昨年度に引き続き、準静的すべりの推定の高度化を行う。特に大地震のアスペリティ近傍の小繰り返し地震の震源域については、大地震時に同時に破壊されている可能性が高く、単純に小繰り返し地震の積算すべりのみを計算するとこの領域のすべり量の見積もりを間違えてしまう可能性があるため、この問題の解決法を探る。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を推進する。これらの解析を元に、実際に準静的すべりの加速によって地震発生が早められたと考えられる事例について定量的な検討を行う。

(6) 平成17年度実施計画の概要：

準静的すべりの推定の高度化を行うため、課題番号 1201 や 1206 の研究とも連携し、GPS データと小繰り返し地震の両方を同時に使った解析手法の開発に着手する。

また、これまでの解析により、大地震のアスペリティの極近傍では本震の直後ではむしろ小繰り返し地震の活動が低調となる場合が多いことが判明してきた。これは、大地震時にはこれらの小繰り返し地震が発生する領域まで大きな地震性すべりが生じ、大きな歪エネルギーが解放されたために、しばらくは準静的すべり域も含めてすべることができないと考えれば説明ができる。この仮説が正しければ、本震の後に低調となった小繰り返し地震のクラスターの位置を高精度で決定することにより、本震時の地震性すべり域を同定できる可能性があり、一方、このような小繰り返し地震のみの積算滑りでは、この領域のすべりの積算の推定はできないことになるため、この仮説の検証を推進する。

上記の仮説や本課題のもともとの仮説の検証のためには、摩擦構成則に基づく数値シミュレーションが不可欠である。16年度までの解析により、速度強化域におけるパラメータについては、ある程度目安が得られつつあるため、本年度はいよいよ複数のアスペリティの相互作用の問題に着手する。

これらの解析を元に、釜石沖の  $M4.8 \pm 0.1$  の地震群の事例や、2004年の釧路沖の地震群の事例についてより詳細な解析を行い、準静的すべりの加速と地震発生との関係について検討を行う。

(7) 平成17年度成果の概要：

### 1. GPS データと小繰り返し地震データとの比較

GPS データと小繰り返し地震データの両方を用いた準静的すべりの推定を実現するためには、両者の推定の癖を把握している必要がある。このため、2003 年十勝沖地震の余効すべりについて、両者のデータから推定される時空間分布を比較した (図 1)。その結果、大局的な傾向は一致するものの、小繰り返し地震からの準静的すべりの推定値のほうが GPS からの推定値よりも小さく見積られる場合があることがわかった。海溝近くの領域についての不一致は、GPS の解析結果の誤差が大きいと考えられるが、陸に近いところでも、小繰り返し地震のほうが過小評価する場合があります、この原因の解明は重要である。

### 2. 本震震源域近傍の小繰り返し地震の挙動

図 2 で示したように、大小二つのアスペリティが共存する場合の系についてシミュレーションを行った。その結果、余効すべりが通過すると、小アスペリティにおけるイベントの発生間隔は狭まるが、一回のイベントにおけるすべり量はほとんど

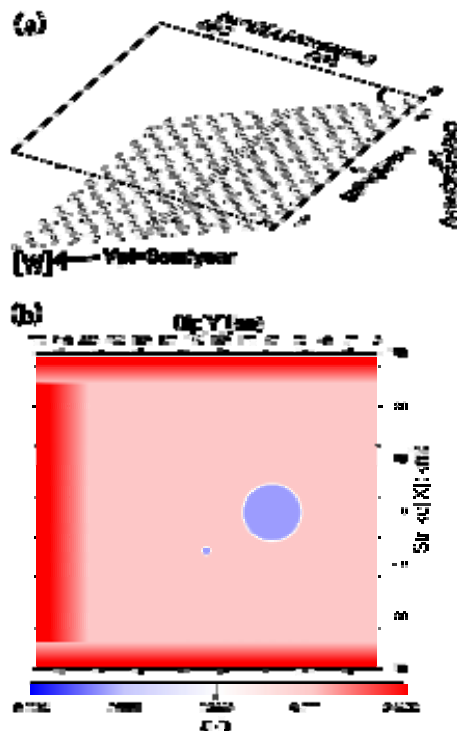


図 2. シミュレーションの設定。(a) セルの配置図。実際のセルより 4 倍粗く表示している。(b) 仮定した摩擦パラメータの分布。大小二つの青丸がアスペリティに相当する。

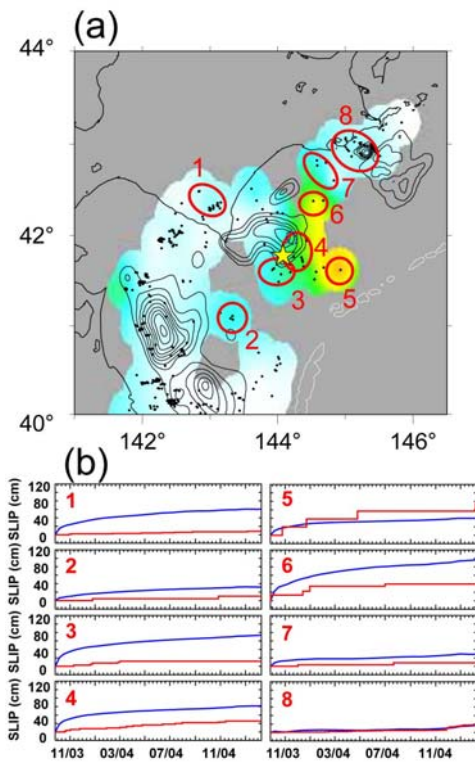


図 1. 相似地震解析による 2003 年十勝沖地震の余効すべり。(a) 空間分布。黄色いところが余効すべりが大きい。(b) 図(a)の 1~8 の領域における GPS (青線) と相似地震 (赤線) から推定された余効すべりの時間変化。

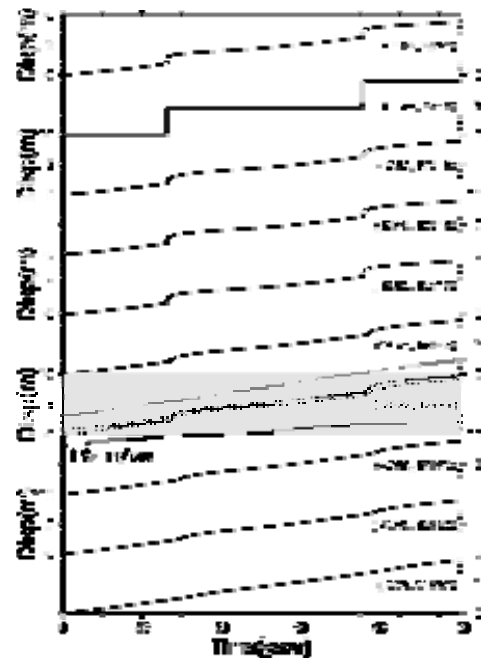


図 3. 様々な地点のすべり履歴。ハッチ部が小アスペリティ域に相当し、灰色線は大アスペリティが無かった場合の積算すべり、破線は小アスペリティが無かった場合の積算すべりを示す。すべり速度が 1mm/秒を越える部分だけの積算すべりもその下に示す。

ど変化せず、また小アスペリティにおける積算すべりは、小アスペリティが無い場合の積算すべりと包絡線が一致している（図3）。これらは小繰り返し地震から準静的すべりを見積もることの正当性を明確に示したものである。

一方、余効すべりが活発な時期は小繰り返し地震の再来間隔が極めて短くなり、その場合、小繰り返し地震を生じさせるアスペリティの破壊はスローイベントになりやすいことも、数値シミュレーションによる解析により明らかになった。つまり、一度、地震性すべりが生じた後、断層の強度が十分に回復する前に強制的に破壊させられるので、高速すべりになりにくくなっているのである。このようなスローイベントは小繰り返し地震とは同定されず、結果として、計算された小繰り返し地震の積算すべりは、その小アスペリティの真の積算すべりよりも小さくなってしまふ。また、スローイベントまではいかなくとも、通常地震よりは低周波が卓越すると期待されるため、やはり小繰り返し地震と同定されない危険性がある。

つまり、大きな地震の震源域の近傍の小アスペリティは、当初考えていたように本震発生時に一緒に破壊される危険性があるだけでなく、本震時にすべらなくても、スローイベントや低周波地震となってしまうと、小繰り返し地震から推定した余効すべりは真のすべりより過小評価してしまう危険性があることを、このシミュレーションは示している。今後、このような観点から、小繰り返し地震の同定とその積算すべり量の推定について、より詳細に検討する必要がある。

### 3. 釜石沖の M4.8±0.1 の地震群と 2004 年の釧路沖の地震群の詳細な解析

釜石沖については、M4.8 の本震のまわりの小さな地震群と本震との相対的位置関係を検討した。その結果、そのまわりの 3 つの小地震クラスターのうちの 1 つは本震の震源域の中に含まれている事が判明した。この地震クラスターは本震発生直後には活動しておらず、本震震源域近傍における小繰り返し地震のアスペリティは本震発生時に一緒にすべってしまい、このようなグループから余効すべりを推定すると過小評価してしまうという当初の仮説の正しさを裏付けている。

2003 年十勝沖地震の余効すべりの詳細な解析により、2004 年の釧路沖の地震群は、2003 年の余効すべりが近傍に到着してから 1 年近くたってから発生していたことが明らかになった。このことは、2003 年十勝沖地震の余効すべりによって 2004 年釧路沖地震がトリガされたというよりも、地震発生を促進されたと考えるのが妥当であることを示している。これについて、どのくらいの影響が本当にあったのかを、単純な clock advance ではなくて、摩擦構成則に基づいて見積もることが必要である。このような観点から余効すべりと地震発生との関係についての定量的評価の解析に着手した。

#### (8) 平成 17 年度の成果に関連の深いもので、平成 17 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

有吉慶介，数値シミュレーションに基づく沈み込みプレート境界における地震発生過程に関する研究，東北大学博士論文，136pp.，2005.

有吉慶介・松澤暢・長谷川昭，沈み込みプレート境界における余効すべり伝播速度の空間分布，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会講演予稿集，S044-001，2005.

有吉慶介・松澤暢・長谷川昭，沈み込みプレート境界における余効すべり伝播速度の空間分布（その 2），日本地震学会 2005 年秋季大会講演予稿集，P132，2005.

有吉慶介・松澤 暢・長谷川 昭，速度強化域における摩擦特性と小アスペリティの破壊との

関係, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会講演予稿集, 印刷中, 2006.

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., 233, 155–165, 2005.

内田直希・松澤暢・中山貴史・長谷川昭・本谷義信・一柳昌義・高田真秀・岡山宗夫・笠原稔, 相似地震活動から推定された過去約 10 年間の十勝沖～釧路沖の準静的すべり, 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会講演予稿集, S044-003, 2005.

内田直希・松澤暢・平原聡・長谷川昭, 小繰り返し地震による千島・日本海溝沿いプレート境界の準静的すべりモニタリング, 日本地震学会 2005 年秋季大会講演予稿集, A051, 2005.

内田直希・William L. Ellsworth・松澤暢・岡田知己・長谷川昭, 釜石沖「固有地震」周辺の微小地震活動, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会講演予稿集, 印刷中, 2006.

**(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・松澤暢・日野亮太・岡田知己・内田直希・有吉慶介・他

他機関との共同研究の有無 : 有

釜石沖の地震の解析 : 東京大学地震研究所 (五十嵐俊博)

北海道近傍の相似地震の解析 : 北海道大学 (笠原稔・他)

**(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>