

1 2 - 1 第 183 回地震予知連絡会重点検討課題「プレート境界浅部の固着とすべりのモニタリング」概要

Summary of intensive discussion subject for monitoring of the interplate coupling and slip along shallow plate boundaries in the subduction zones

松澤 暢（東北大学大学院理学研究科）

Toru Matsuzawa

(Graduate School of Science, Tohoku University)

1. はじめに

この 10 年の地震予知研究の大きな進歩の一つが、アスペリティの繰り返し破壊の検証と、それに基づくアスペリティ・モデルの改良である。この新しいアスペリティ・モデルによれば、プレート境界の地震発生域は、普段は固着していて地震時にすべる「アスペリティ」と、常時ゆっくりと滑っている「非地震性すべり域」に大別される。もし、非地震性すべり域に囲まれたアスペリティが孤立していれば、そのアスペリティでは毎回同一規模の地震が発生し、その周囲の非地震性すべりが一定速度で進行すれば、アスペリティの破壊は極めて周期的になる。釜石沖で発見された M5 弱の地震や小繰り返し地震のかなりの部分はこのような状況にあると考えられる。

一方、アスペリティのまわりの非地震性すべりの速度が一定でなければ、アスペリティで生じる地震の周期性に揺らぎが生じる。しかし、この非地震性すべりをモニターし続ければ地震発生時期の予測の幅を狭めることができると期待される。また、アスペリティが孤立していない場合には、ときには複数のアスペリティが連動破壊し、ときには単独破壊するといった複雑な挙動を示すと考えられる。それでも、アスペリティの分布と破壊履歴が明らかになっていれば、将来、どのアスペリティ群が同時に破壊しやすいか、その予測はある程度可能となると考えられる。

このような観点から、プレート境界の固着とすべりのモニタリングについて現時点での検出能力についてレビューを行い、各手法の長所・短所を理解し、またそれらの手法の今後の改良法について議論を深めることができれば、モニタリングの高度化をさらに進めることができると期待される。さらに、このモニタリングに基づく予測の現状や、大小の繰り返し地震の発生の規則性と不規則性についても検討することにより、モニタリングによってどの程度の予測が可能となるか、ビジョンを得ることができると考えられる。

以上の重要性を考慮して、「プレート境界浅部の固着とすべりのモニタリング」が第 2 回目の重点検討課題として取り上げられ、様々な議論が行なわれた。

2. 議論の概要

今回の議論では、以下の 3 項目を目標とした。

- 1) プレート境界の固着やすべり状況に関する現状のモニタリング能力（感度・分解能・信頼度）を把握し、このようなモニタリングをさらに高度化（高感度化・高分解能化・高信頼度化）するための方向性を得る。
- 2) 固着やすべり状況についての共通性（普遍性・法則性）と多様性・地域性を理解する。
- 3) アスペリティの破壊の規則性と複雑性を把握し、モニタリングによってどの程度の予測が可能となるか展望を得る。

詳しくは、それぞれの報告を参照していただくとして、その概要を以下に記す。

2-1. 国土地理院

日本周辺のプレート境界でのすべり欠損の分布を GEONET から推定した結果が示された。観測点が陸上に限定される問題、プレート形状モデルの不確定性の問題、プレート境界以外の原因による経年的な変動や内陸地震等のイベントの除去の問題、三次元構造の問題等、今後解決すべき問題が提示された。

2-2. 海上保安庁

2005 年宮城県沖地震 (M7.2) によるひずみの解放から蓄積再開に至る一連の過程を捉えることに成功したことが報告され、海底地殻変動観測網の今後の充実が極めて重要であることが示された。

2-3. 東北大学理学研究科

小繰り返し地震によって推定された千島弧から東北日本弧にかけてのプレート境界すべりの時空間分布について報告がなされた。小繰り返し地震による推定は、陸上 GPS で検知できない沖合のすべりも推定できるが、そのすべりのスケールング則については、さらに検討の余地があることが示された。

2-4. 防災科学技術研究所

関東・東海および十勝沖における小繰り返し地震 (相似地震) についての報告があった。規則的な活動を示す M4~5 の繰り返し地震については 1 年程度の誤差で発生時期が推定可能であることや、スローイベントや大地震の前後に特徴的な活動が見られる場合があることなどが示された。

2-5. 鹿児島大学理学部

日向灘・南西諸島北部域での小繰り返し地震活動について報告があった。小繰り返し地震とその他の地震との比率については地域性がかなりあるが、規則的な活動を示すグループの積算すべりは、ほぼ 5cm/年と共通していることが示された。

2-6. 気象庁地震火山部

日本全国の M4~6 程度の中規模の繰り返し地震について報告があった。極めて近接しているグループがお互いに影響を及ぼさないで活動しているように見える場合がある一方、より大きな繰り返し地震の活動が、その近傍の一回り小さな繰り返し地震の活動を促進しているように見える場合があることなどが示された。

2-7. 繰り返し地震に関する統計的研究の紹介

小繰り返し地震のうち、規則的なグループについては長期予測が可能であり、その豊富なデータから小繰り返し地震の統計的性質を明らかにすることにより、プレート境界型大地震の統計的性質も推定できる可能性がある。一方、大地震の短期・中期予測において、アスペリティの周りの準静的すべりの加速を精度良く把握することが重要と考えられるが、このような加速を小繰り返し地震の発生揺らぎから正しく推定するためには、データの統計的処理が必要となる。小繰り返し地震の

発生についての統計的研究は、これら二つの観点から極めて重要であるため、気象研究所客員研究員の岡田正実氏に「繰り返し地震の周期性と揺らぎに基づく発生予測」と題した講義をお願いした。事前確率を組み込んだベイズ統計に基づく小繰り返し地震の予測は指数分布による予測より有意に優れているが、2009年前半の予測では中率がやや低く、2008年の茨城県沖地震(M7.0)の余効すべりの影響が考えられる等、小繰り返し地震の発生予測の現状が報告され、またこの手法で小繰り返し地震の発生の揺らぎが生じたことが有意であるかどうかの検定もできることが示された。

3. まとめ

プレート境界のモニタリングの状況についてレビューが行われ、プレート境界の固着状況の地域性やモニタリングの現状が明らかになった。

日本各地の小繰り返し地震は、その中に規則的なグループが存在しており、このような周期的な地震群について Nadeau and Johnson (1998)¹⁾ のスケーリング則から推定されたすべりレートは、それぞれの領域で安定であり、プレート間相対速度とほぼ一致する。このことは、広い地域で上記のスケーリング則が成立していることを示しており、少なくとも規則的な活動を示す地震については、そのアスペリティの性質に普遍性があることを示唆しており、これはプレート境界型地震の発生予測において重要な意味を持つ。一方で、不規則な活動を示す小繰り返し地震や、明らかに上記のスケーリング則では過小評価していると考えられるグループもあり、これらがどのような原因で生じているのかを解明することが重要となっている。

GEONETの整備はプレート境界のモニタリングにおいて極めて重要な貢献をしているが、長期広域にわたって安定にプレート境界の固着とすべりをモニターすることは、かなり難しいこともまたわかってきた。今後、内陸の地震発生の影響の除去や3次元不均質粘弾性構造の導入といった研究を推進していく必要がある。

そのような改良が行なわれたとしても、GPS観測網が陸域にしかなければ、沖合のプレート境界の状況を把握することはできず、この意味で小繰り返し地震や海底地殻変動の観測は極めて重要である。小繰り返し地震は強力な道具となるが、それが発生していない領域について調べることが出来ないため、特に海溝近くの非地震性領域等における海底地殻変動観測の増強は重要である。

一方、プレート境界型地震の予測シミュレーションの実現のためには、プレート境界におけるアスペリティとその周囲の挙動と摩擦パラメータとの関係の解明が極めて重要であり、今後、数値シミュレーションや実験も援用しながら、小繰り返し地震やスローイベントの発生に至る過程を詳細に明らかにしていくことが重要になる。これが明らかになれば、大地震の前に生起するプレスリップ等の前駆的現象の規模や時期、時定数について制約が与えられ、それを検知するための観測網の最適化に進むことが出来ると期待される。

参考文献

- 1) Nadeau, R. M., and L. R. Johnson, Bull. Seismol. Soc. Am., 88, 790-814, 1998.