

## 1 2 - 1 第 182 回地震予知連絡会重点検討課題「プレート境界深部すべりに係る諸現象」概要

Summary of intensive discussion subject for phenomena related to interplate slip at a deep portion on the subducting Philippine Sea plate boundary

小原一成 (防災科学技術研究所)

Kazushige Obara

(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

### 1. はじめに

近年の基盤的観測網の整備によって、日本列島における地震及び地殻変動 (GPS) 観測データが質・量ともに充実し、これらの観測データに基づいて様々な地球物理的現象が検出されてきた。その中で、最も特徴的な現象のひとつとして、プレート境界付近で発生するゆっくりすべり (スロースリップ) が挙げられる。この現象は、継続時間の特徴などから 2 種類に分けられる。ひとつは、半年から数年程度継続する長期的スロースリップであり、2000 年後半から 2005 年にかけて東海地域の浜名湖周辺で発生したイベント、及び 1996 年から 1997 年にかけて豊後水道で発生したイベントがこれに当たる。もうひとつは、短期的スロースリップで継続時間が数日程度と短く、さらに深部低周波微動などの地震現象を伴う。後者の現象は、西南日本のフィリピン海プレート沈み込みに対応して広範囲で発生しており、プレート沈み込み過程と密接な関連を有している。したがって、フィリピン海プレートの沈み込み境界深部で発生するすべり現象 (短期的スロースリップイベント) とそれに伴う現象 (深部低周波微動・地震、深部超低周波地震) は、巨大地震発生予測の観点からも重要であるため、これらの現象の発生状況、モニタリングの現状、発生メカニズムに関する研究について理解を深めるとともに、今後のモニタリングの高度化、巨大地震発生との関連等について議論を行ない、プレート間すべりのモニタリングとしての可能性を探ることを目的として、第 1 回目の重点検討課題として取り上げられた。

### 2. 議論の概要

今回は、プレート境界深部すべり現象に含まれる諸現象の全体像を把握する観点で、各機関から説明がなされた。詳しくは、それぞれの報告を参照するとして、概要は以下のとおりである。

#### 2-1. 防災科学技術研究所

プレート境界深部すべりとしての短期的スロースリップイベント、及びそれに係る諸現象としての深部低周波微動、深部超低周波地震の観測記録の特徴、検出の状況、活動の特徴について報告された。特に、活動の周期性、移動性、セグメント間の連動性、さらに微動活動とすべり量との関係について示された。その過程で、エンベロープ相関法によって検出された深部低周波微動とその中に含まれる低周波地震 (気象庁一元化カタログに基づく) の比較がなされた。

#### 2-2. 気象庁・気象研究所

深部低周波微動に含まれる低周波地震のカタログを基に、空間分布に関する特徴を明らかにし、

いくつかのクラスターやギャップを形成すること、微動の帯状分布領域の両端である豊後水道や長野県南部では、活動の終端部に向かって低周波地震の震源が深くなることを示した。また、東海地域に展開されているひずみ計で検出されたひずみ変化と、深部低周波地震のクラスターとの関係に基づき、愛知県内における短期的スロースリップイベントの積算モーメント変化は、長期的スロースリップイベントが終了した 2005 年以降は鈍化しているのに対して、長野県南部では積算モーメントの増加の傾向は大きい状態が継続していることが示された。

### 2-3. 産業技術総合研究所

東南海・南海地震予測精度向上のため、西南日本に新たに整備された多機能地下水等総合観測点のデータ等に基づき、愛知県及び紀伊半島内における短期的スロースリップイベントの検出に関して報告があった。特に、紀伊半島の奈良県南部及び和歌山県中部では、微動活動に同期した短期的スロースリップイベントの存在を明らかにし、それらの現象が常にカップルしていることを示した。また、鉛直地震計アレイを用いることによって、深部低周波微動のモニタリング精度が向上することを示した。

### 2-4. 国土地理院

国土地理院の GPS 観測網 GEONET では、長期的スロースリップイベントだけでなく、房総半島沖で 5～6 年間隔で発生する短期的スロースリップイベントについても、検出及び断層モデルの推定を行なっている。しかし、深部低周波微動に伴う短期的スロースリップイベントについては、防災科研によって推定されている断層モデルから期待される地表変位は高々 1mm 程度であり、これまでの F2 解では検出は困難であった。しかし、F3 解やスタッキング・フィルタリング等の処理技術の高度化により、GPS でも短期的スロースリップイベントを検出できる可能性がある。

### 2-5. 名古屋大学大学院環境科学科・東濃地震科学研究所

和歌山県新宮市に設置された深さ 500m の石井式総合観測装置による地殻変動連続観測により、紀伊半島南部において初めて、微動活動に同期した短期的スロースリップ現象を検出した。さらに、その後のモニタリングに基づき、微動活動に同期したひずみ変化のパターンを抽出し、同様のひずみ変化が微動活動の発生していない時期にも検出されることから、微動活動を伴わない短期的スロースリップの存在の可能性を示した。

### 2-6. 発生メカニズムに関する研究紹介

深部低周波微動の発生に関する特徴として、外的要因によるトリガリングが挙げられる。このようなトリガリング現象は、微動発生メカニズムを解明する上で非常に重要であることから、海洋研究開発機構の中田氏、東大地震研の宮沢氏に、それぞれ地球潮汐及び遠地地震によるトリガリングに関する最新の研究成果を紹介していただき、現象発生に必要な応力変化の要因、及び摩擦パラメータの推定に関する議論を行なった。

## 3. まとめ

短期的スロースリップイベントや深部低周波微動などの、プレート境界深部すべりに係る諸現象は、その存在が認識されてからまだ 10 年も経過していないが、データの蓄積、観測機器の精度向

上や新たな展開、解析手法の開発などによって、その全体像が次第に明らかになってきた。

これらの諸現象、特に深部低周波微動は、空間的には非活発な領域に隔てられていくつかのセグメントに分かれ、セグメント毎に周期性と移動性で特徴付けられる。セグメントサイズが大きい領域では短期的スロースリップイベントが地殻変動として検出されるが、新たなひずみ計などによって、これまでスロースリップが認識されていなかった地域でも、微動活動に同期してスロースリップが発生していることが明らかになった。このことは、微動が短期的スロースリップイベントに誘発されて発生するという考えを裏付け、プレート間すべりをモニタリングするうえで微動活動の評価が有効であることを示すものである。一方、紀伊半島南部で微動を伴わないスロースリップが検出されたこと、あるいは、四国中西部に微動活動の特に顕著な場所が存在することは、短期的スロースリップイベントと微動との関係が多様であることを示唆している。また、深部超低周波地震やスロースリップの分布が西南日本の微動活動域の中でも偏在していること、微動が連続的に移動する際でも深部低周波地震として認識されるイベントは特定の離散的なクラスターに分布することなども、深部すべりに係る諸現象の関係の多様性として捉えることもできるであろう。

短期的スロースリップイベントや低周波微動活動は、その付近に発生する長期的スロースリップイベントによって影響を受ける。特に、豊後水道で2003年後半に発生した長期的スロースリップイベントの際には、活発な微動活動を伴う短期的スロースリップイベントの発生間隔が半年から3ヶ月に短くなり、さらに小規模な微動活動がほぼ連続的に発生するなど、長期的・短期的スロースリップの関係は非常に明瞭であった。一方、2000年末から2005年まで継続した浜名湖のスロースリップでは、特に2003-2004年に積算モーメント速度が増加している期間中、微動活動が頻発しており、豊後水道に見られる関係とほぼ同様である。さらに、2005年に浜名湖のスロースリップが終了した以降も、長野県南部での短期的スロースリップイベントによる積算モーメントが増加傾向にあることは、規模は小さいが浜名湖の北方で長期的なスロースリップが推定されている<sup>1)</sup>ことと調和的である。したがって、短期的スロースリップイベントや深部低周波微動などの深部すべりに係る諸現象は、それよりもやや浅い側で発生する長期的スロースリップとも密接に関連し、いずれも固着域に隣接した深部で発生する現象として、固着域における応力集中との関連についても、今後研究を深める必要がある。

深部低周波微動は、基本的にはそれぞれのセグメントで周期的に発生するが、時には外的要因によって活発化する。この外的要因と微動発生との関係を明らかにすることは、発生メカニズムの解明において大変重要である。微動は、短期的スロースリップイベントの発生とともに活発化した際には、その活動期間中に地球潮汐に影響されて12-24時間周期で盛衰を繰り返す。また、静穏な状態であっても、遠地震による表面波によって動的にトリガリングされることがある。いずれも、微動はわずかな応力変化を敏感に反映することを示すものであり、それぞれのトリガリング現象について適切なモデルが提案された。このようなトリガリング現象は西南日本だけでなく、Cascadiaなどの沈み込み帯、あるいはサンアンドレアス断層や台湾でも観測されており、普遍性と地域性を明らかにすることで、さらに発生メカニズムに関する理解が深まるであろう。

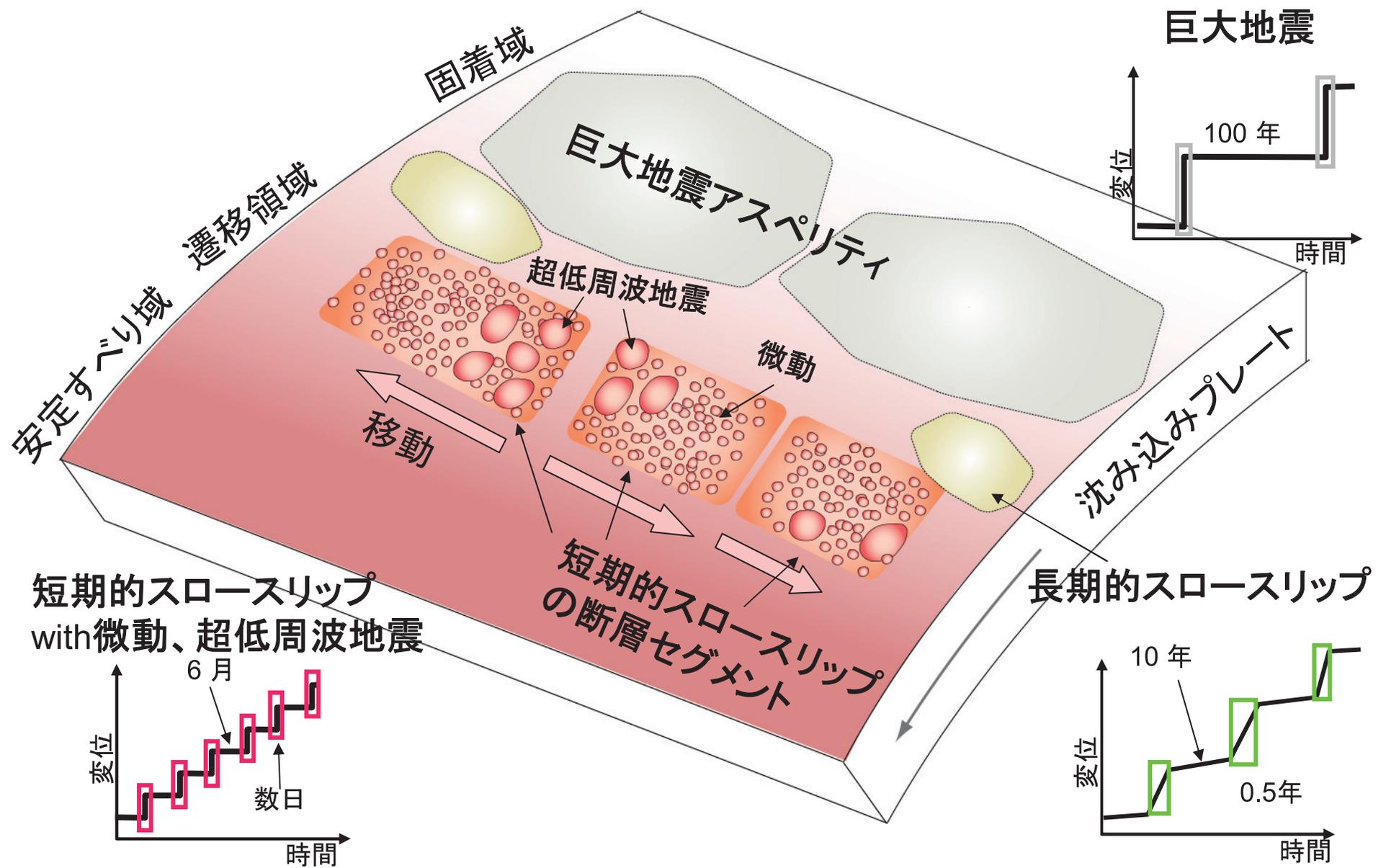
深部すべりに係る諸現象の発生位置は巨大地震発生領域の深部に相当し、固着域での応力集中・地震発生となんらかの関係があるものと予想される。また、深部すべりに係る諸現象はセグメント毎に固有の周期性を有し、時にはセグメント間ですべりが連動するなど、プレート間巨大地震で見られる特徴と同様である。微動の移動はすべりの伝播を反映すると考えると、セグメント内でのすべりの伝播方向は概ね決まっているが、時には異なる方向に伝播することもある。2006年1月に、

紀伊半島側から愛知県側のセグメントに連動したケースでのすべりの伝播方向は通常とは逆方向であり、このような連動を規定する条件を明らかにすることは、巨大地震の連動性を評価する上でも重要である。

モニタリングの精度向上という観点では、観測空白域におけるひずみ計の新規整備が非常に効果的であることが示されたとともに、鉛直地震計アレイを利用した新たな微動検出手法も有効であり、今後の観測網の展開が期待される。また、既存観測網のデータに基づく処理手法によって分解能の高い微動源分布、すべり域分布が得られつつあることは、今後、地下構造探査等によって得られる情報とともに高度化されることで、諸現象間の関連性をより明らかにすることが可能となるものと期待される。

#### 参考文献

- 1) 国土地理院, 2008, 東海地域の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 81, 392-453.



第1図. プレート境界における様々なすべり現象の分布形態.  
 Fig.1 Schematic view of various slip phenomena on the plate interface.