

## 12 - 8 第 205 回地震予知連絡会重点検討課題「物理モデルに基づいた地震発生予測研究 その(2)」概要

### Summary of intensive discussion subject "Researches on earthquake forecast based on physical models (2)"

平原 和朗 (京都大学大学院理学研究科)

Kazuro Hirahara, Graduate School of Science, Kyoto University

#### 1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震後設置された将来検討ワーキンググループにおいて、予測実験の試行について重点検討課題で検討を進めることとなった。これを受けて、物理モデルに基づいた地震発生予測研究を第 201 回の重点検討課題で取り上げた。今回はその第二弾である。

長期・短期スロースリップイベント (SSE) や浅部・深部超低周波地震、深部低周波微動等のゆっくりすべりの発見は、地球物理学上重要な発見であるが、海溝型巨大地震の発生予測という点でも大きな意味を持つ。なぜなら、数値モデルにより、これらの活動が、巨大地震発生前に変化する可能性が指摘され、地震発生予測の有力なデータとなる可能性があるからである。

では、どのようにゆっくりすべりをモデル化しているのだろうか。すべり速度・状態依存摩擦則に基づく数値モデルでは、すべり速度強化域中に大きさ  $R$  の速度弱化パッチ (アスペリティ) を設定する。速度強化域でのすべりが固着したパッチ内に入り込み、応力集中によりやや速いゆっくりすべりが発生する。更に、摩擦パラメータで決まる震源核形成サイズ  $R_c$  まですべりが進展し、一気に加速して地震発生に至る。サイズ  $R_c$  内でのゆっくりすべり (プレスリップ) は、岩石実験では観測されているが、実際の地震では観測されていない。

このように速度弱化パッチ内で固着—高速すべりが繰り返し発生する (地震サイクル)。しかし、パッチサイズ  $R$  が  $R_c$  より小さいと高速破壊に至らずゆっくりすべりで終わり、繰り返しゆっくりすべりとなる。これがモデル化の一方法である。もう一つの方法では、カットオフ速度  $V_c$  以下の低速すべりで速度弱化、 $V_c$  以上の高速すべりで速度強化となる摩擦則を用いている。

南海トラフで観測されている種々のゆっくりすべりと巨大地震の発生、また 2011 年東北地方太平洋沖地震前後での浅部超低周波地震活動やゆっくりすべりと本震発生との関係について、巨大地震発生予測の観点から、物理モデルに基づく地震発生予測研究の現状を紹介し議論を行った。

#### 2. 研究紹介と議論の概要

##### 2-1. 南海トラフ沿い巨大地震とスロースリップ

気象研究所の弘瀬冬樹・前田憲二・藤田健一氏は、紀伊半島沖を破壊開始点とする東南海地震・南海地震が約 120 年間隔で発生 (2 回に 1 回は東海地域も破壊) するモデルを東海沖から九州沖に設定した。この地震サイクル中に、上述した最初の方法でモデル化した、東海 (15-18 年間隔)、豊後水道 (6-10 年間隔) 長期的 SSE が発生し、南海地震発生に向け、その発生間隔は短くなり、規模は大きくなる。また、豊後水道長期的 SSE が加速し、巨大地震に至る場合もあり、破壊開始点について検討する必要があることを示した。次に、紀伊半島沖に小アスペリティを設定し、Cascade-up 型の地震が発生することを示した。また、このプレスリップを陸上観測点で検知できないまま、巨大地震が発生する可能性もあると議論している。

## 2 - 2. 南海トラフにおける長期的・短期的スロースリップイベントとプレート間大地震準備過程の数値モデリング

防災科学技術研究所の松澤孝紀氏とそのグループは、上述の第2の方法により、これまで平板状のプレートを仮定した単純モデルを用い、海溝型巨大地震サイクル間においてSSEの挙動が変化する可能性を指摘してきた。現在、実際のプレート形状とSSEの分布を考慮したモデル研究を進めており、四国地域については、豊後水道付近（6-7年間隔）と高知市付近で発生する2つのタイプの長期的SSEに加え、深部低周波微動領域において数か月間隔で発生する短期的SSEも再現している。なお数値モデルからは、高知市付近の長期的SSEの発生間隔が10年以上と長く、かつ不安定である可能性が示唆され、観測やモデル化のさらなる検証が必要である。このようにSSEが海溝型地震発生域周辺において、間欠的かつ階層的に発生することにより、海溝型巨大地震の準備過程が進展していく描像を数値モデルを用いて議論している。

## 2 - 3. 巨大地震サイクルに伴うゆっくり地震の活動変化と検知可能性

海洋研究開発機構の有吉慶介氏とそのグループは、これまで南海トラフ巨大地震サイクル中の浅部・深部超低周波地震の活動を、パッチ上の小アスペリティの連鎖破壊により再現してきた。東北地方太平洋沖地震発生前後の浅部超低周波地震の活動が、領域により異なると観測されているが、これは、海溝軸方向に摩擦特性が均質であっても、巨大地震震源域に強い固着域がある場合、その中央部と外縁部で、浅部側の超低周波地震の活動は異なるという、数値モデルから説明可能である。これに対し、南海トラフ沿いの浅部超低周波地震活動の海溝に沿う空間的变化は、震源域の固着度の相違や浅部での摩擦特性の違いにより生じていると議論している。このように、ゆっくりすべりの時空間的変動は海溝型巨大地震の固着状態を探る上で重要で、DONETやS-netなどの海底観測網を活用して詳細に解析する必要性を強調している。

## 2 - 4. 地震発生に至るプロセスとしてのゆっくりすべりと予測における役割

海洋研究開発機構の堀高峰氏は、2011年東北地方太平洋沖地震震源域内で地震発生前に様々な時空間スケールのゆっくりすべりが観測されているが、ゆっくりすべりが大地震の発生とその予測に果たす役割を議論している。最新の数値モデルでは、大地震の震源域内での小規模な地震とその余効すべりやSSEの発生は条件次第で起こり得る現象であり、これらのゆっくりすべりは、震源域全体での大地震に至る過程として発生する、と示されており、ゆっくりすべりの起こり方から大地震発生の予測につながる情報を引き出せる可能性がある、と数値実験を例に議論している。また、最後に、来年度から開始予定の「予測実験の試行」に向けた議論のたたき台を提示している。

## 3. まとめ

速度・状態依存の摩擦則に基づく数値モデルにより、海溝型巨大地震サイクル中に震源域の内外で発生する様々なゆっくりすべりの時空間変動の観測は、海溝型巨大地震の発生予測に役立つと示された。ただ、現状の観測や数値モデルでは、地震発生の最終段階を予測することは難しく、今後更なる海陸域での観測の稠密化に加え、数値モデルの高度化が必要であると議論された。