

1) - 2 スロー地震とスラブ内地震の関係モデルの高度化【安全・安心】

Advanced study of relationship between intraslab and slow earthquakes

(研究開発期間 令和2～4年度)

国際地震工学センター
International Institute of Seismology and
Earthquake Engineering

北佐枝子
Kita, Saeko

To understand the relationship between intra-slab earthquakes and slow slip, which is thought to be one of precursor phenomena of megathrust earthquakes, we examined temporal variations in stress field and seismicity using focal mechanism data and hypocenters for intra-slab earthquakes beneath Kii Peninsula and Bungo channel, southwestern Japan. In Kii Peninsula, we found that microearthquakes of intra-slab earthquakes became active ~1 month before the occurrence of short-duration slow-slip events with tremors (i.e., episodic tremor and slip, ETS) and a clear change in orientation (dip) of stress axes at the timing of ETS times in the oceanic crust beneath Kii Peninsula. We identified another small slow slip event from observations of repeating earthquakes that occurred in the updip zone after ETS events. The present study shows that the strain accumulation process before the occurrence of the anticipated Nankai megathrust earthquake should be detectable via the monitoring of intraslab earthquakes.

【研究開発の目的及び経過】

日本列島下は、陸プレートの下に海洋性プレートが沈み込んでおり、その2つのプレートの境界においては「スロースリップ」(スロー地震)と呼ばれる非地震性のすべりが発生している。スロースリップは、海溝型巨大地震の準備過程を担うことが、近年のシミュレーション研究から明らかになってきている。

私は、プレート境界で「スロースリップが発生すれば、その下の海洋性プレート内(スラブ内)での応力場や地震活動も変化する」と考え、紀伊半島にて令和元年度に予備的な研究を実施した。すると、紀伊半島にてスラブ内地震の活動が、短期的スロースリップと連動して変化すること、相似地震(後述)との活動連動性がある兆候が見つかった。そこで、このような予備的研究結果をもとにした基盤地震観測網による観測データ解析を中心とした理学的な研究計画を科研費・基盤研究(C)に申請し、採択された。そのため、令和2年度より3カ年にわたり研究実施した。

本研究課題は、「海溝型巨大地震のアスペリティとスロースリップとの連動性」のモデルにおいて、それらの発生するプレート境界よりも下の海洋性プレート内で発生する地震(スラブ内地震)や地殻流体の役割の理解を進めることを研究目的としている。

【研究開発の内容】

本科研究費を用いた研究活動では、プレート境界で発生する特徴的な地震活動である相似地震の地震活動と、スロースリップ及びスラブ内地震との関係を調べることに重点を置いている。相似地震とは、陸プレートと海プレートとが接するプレート境界にて、一定の時間間隔で同じ場所で繰り返し発生する、スロースリップに連動して発生する地震現象であり、海溝型巨大地震との関連が東北沖などで指摘されている。

本研究における具体的な研究の実施内容は、下記のとおりである。紀伊半島、豊後水道を研究対象地域とし、スロースリップ(スロー地震の一種)の発生前後に起きる、海洋性プレート内部(スラブ内)での(1) 応力場、(2) 地震のb値、(3) 地震発生数の変化、(4) 小繰り返し地震(相似地震)および測地学的データ等の時空間変化とも比較した。地質学者とも連携し、プレート境界で形成が予想される石英脈が、スロー地震とスラブ内地震と連動に介在するかも検討を行った。

【研究開発の結果】

令和2年度は、過去25年間の相似地震活動とスロースリップの時空間変化の関係を紀伊半島にて調べた。そして、紀伊半島にて明確な相似地震が2グループ、相似地震の可能性のある地震活動クラスターが1グループ発生し、それらはスロースリップの発生直後もしくは数ヶ月後に、スロースリップ発生域よりも海溝軸寄りの領域で、発生することを見出した。この成果は、これまで知

られているスロースリップ以外に、ゆっくりとしたプレートの動きが海溝軸付近でも発生している可能性を示している。

令和3年度は、昨年度までに見出していた紀伊半島での相似地震活動の意味について考える研究を行った。前年度までに紀伊半島周辺では、志摩半島からその沖にかけて、南海トラフ地震の想定震源域があり、その縁（遷移域とよび）で相似地震が発生することがわかった。そして、相似地震活動は短期的スロースリップの発生直後もしくは数ヶ月後に、発生することを見出していた。詳しく検討したところ、発生周期6ヶ月の紀伊半島での短期的スロースリップ発生前後でのスラブ内の応力軸の変化量は、短期的スロースリップ発生域よりも遷移域のほうが大きく（12度）、そして後者は3ヶ月かけて元に戻っている。もし、その時期には小さなスロー地震（今回の場合は相似地震）が遷移域で起きることによる地殻変動により応力軸が元に戻るとすれば、説明可能なことがわかった。相似地震は小さな規模のスロースリップ発生のインディケータとして知られているが、Igarashi [2020]の論文¹で報告されている相似地震カタログを調べると、紀伊半島の短期的スロースリップの発生後に相似地震が2グループ起きていることがわかった。この「これまで指摘されてなかった遷移域での小さなスロースリップ」の重要性は、下記の通りである。短期的スロースリップが発生した後、より浅部のプレート境界である遷移域にスロースリップが伝搬していき、それに伴い応力集中が遷移域から南海トラフ地震想定震源域に移っていくと言う、海溝型巨大地震の応力蓄積過程が見えてきたことを意味するからである（図1）。これらの成果を含む内容は、米国地球物理学会での口頭発表²、Nature Communicationsの論文発表³等で公表した。

令和4年度は、豊後水道における長期的スロースリップとスラブ内地震の連動性に関する研究を進めた。豊後水道のスロースリップの発生前後でも応力軸の変化は短期的のそれよりも大きく最大20度以上で回転し（dip方向）（図3a）、さらには長期的スロースリップ開始前の「前兆現象」が見つかった。すなわち、スロースリップ開始前の1年の間に、スラブの応力軸（圧縮軸、 σ_1 ）が一時的に回転していることを見つけた。この結果は他の手法などでの検証も必要な段階ではあるが、少なくとも豊後水道ではスロースリップ発生時期予測が可能かもしれないことを意味する。これらの成果は、5月に日本地球惑星科学連合、9月に国際研究集会、10月に日本地震学会にて研究成果を発表した。11月にはロサンゼルスへ1週間滞在し、研究協力者のHeidi Houston教授の所属す

る米国カリフォルニア州ロサンゼルス市にある南カリフォルニア大に赴き、地震データ解析研究の打ち合わせ、追試、論文作成等を行った。加えて、南カリフォルニア大学の近郊のカリフォルニア工科大学にも出向き、金森博雄名誉教授等との研究打ち合わせも行い、日米の最新の研究動向に関する知見交換も行った。

なお、当初予定していたよりも、短期的スロースリップの研究に関しては、それが発生した後、より浅部のプレート境界である遷移域にスロースリップが伝搬していき、それに伴い応力集中が遷移域から南海トラフ地震想定震源域に移っていくと言う、海溝型巨大地震の応力蓄積過程まで見えてきた。これは、スラブ内地震のモニタリングがプレート境界で発生しうる巨大地震の発生監視に役立つ可能性を持つことを意味する。また、現在進行中の長期的スロースリップの研究においても、スラブ内地震とスロースリップと相似地震との間に見られる相互関係についてより調べていくことが重要と思われる。

近年、地震観測に関する新技術DASが世界的に注目されてきている。そのような業界の最先端の動向を考慮し、本研究でも新たにDASを用いた地震活動の観測研究も含むことにした。本研究の研究協力者である産業技術総合研究所の矢部優研究員とともに、国土交通省四国地方整備局所有の光ケーブルを用いて令和3年度末に愛媛県内で行ったDASを用いた地震観測実験では、スラブ内地震のデータも収録することができ、令和4年度からデータ解析を開始した。今後は、既存の観測網によるデータのみならず、新しい技術による観測データの活用を含む研究開発の検討も行なっていきたい。

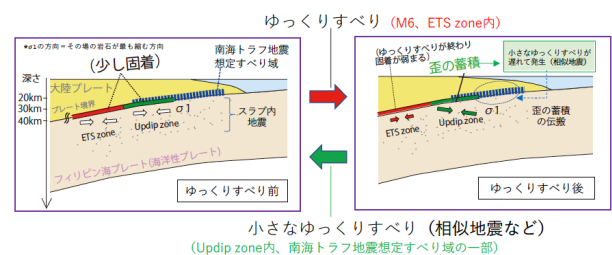


図1：本研究での研究成果の模式図。海溝型巨大地震、スラブ内地震、短期的スロースリップ（スロー地震もしくはゆっくりすべり）および相似地震の相互関係が表現されている。

【参考文献】

- 1) Igarashi [2020] : *Earth, Planets and Space*, 72:73.
- 2) Kita et al. [2021] : *AGU Fall Meeting 2021*, oral, T24B-03.
- 3) Kita, S., Houston, H., Yabe, S. et al. [2021]: *Nature Communications*, 12, 7253.