

# 論文審査の結果の要旨

氏名 西川 友章

世界の地震発生帯において、群発地震と呼ばれる、本震－余震型の通常地震活動と異なる時空間発展をたどる活動が起きることが知られている。群発地震は、スロー地震の一つであるゆっくり滑りとの関連性が指摘されており、群発地震活動の挙動を把握することはスロー地震の理解の深化につながることを期待される。本論文では、地震観測データから群発地震活動を検出する定量的な手法を考案し、世界の地震カタログに適用することで、沈み込み帯で発生する群発地震を網羅的に抽出することに成功した。群発地震発生域のテクトニック環境との比較から、群発地震活動の発生要因の一つとして、沈み込むプレートの曲率の重要性を指摘した。さらに、茨城県沖の群発地震活動を詳細に解析することで、ゆっくり滑りが群発地震と同期して発生していた可能性を見出した。また、前震的な群発地震活動にともなうゆっくり滑りの規模が、それ以前に起きていた活動と比べて相対的に大きいことも明らかにした。これらの結果は、多様な地震現象の物理過程の理解を進めるうえで、重要な貢献を果たすものとして評価される。

本論文は5章から構成される。第1章はイントロダクションであり、近年の観測研究及びモデル研究から得られた知見をもとに、スロー地震の種類やその多様性、巨大地震発生前に見られたゆっくり滑り現象に関してレビューを行うとともに、ゆっくり滑りの指標として群発地震と小繰返し地震を検出することの有効性が述べられている。

第2章では、群発地震の検出手法の開発を行った。本震－余震型の地震活動の時空間変化を概ね説明できる ETAS モデルからの外れ具合を定量的に評価することで、客観的な群発地震の抽出方法を提案した。群発地震の検出に相応しい閾値の設定方法に関して、ゆっくり滑り発生時に群発地震が同期することが知られている房総半島沖の地震活動データを用いて検討した。このことは、本手法で検出される群発地震活動が、ゆっくり滑りの指標である可能性を裏付けるものである。上記の手法を全世界沈み込み帯の地震カタログ（1995～2009年）に適用することで、主に環太平洋地域において453系列の群発地震の検出に成功した。検出数は既往研究に比べて6.7倍と多く、本手法の優位性を意味する。検出された群発地震を分析することで、群発地震の活動度には顕著な地域差があることや、群発地震活動が複数回起きる領域があることを明示した。また、メキシコで発生した長期的ゆっくり滑りに同期した群発地震活動の検出や、茨城県沖・千島海溝沿い等における大地震発生前に起きた前震的な群発地震活動を見出した。このような前震的な群発地震活動は、解析期間中に起きたM6.5以上の本震に対して、約6%の頻度で発生していたことを示した。さらに、群発地震活動の特徴

とテクトニック環境とを比較することで、沈み込むプレートの曲率が大きい領域ほど群発地震も発生しやすい傾向が、他のパラメータに比べて相対的に強いことを指摘した。

第3章では、気象庁一元化処理震源カタログを用いて、群発地震の発生頻度が高かった茨城県沖の地震活動を長期間にわたって評価した。その結果、1982年から2008年までの間に、19個の群発地震活動が起きていたことを示した。さらに、近年の各群発地震活動期においては、matched filter法を連続波形記録へ適用するとともに、小繰り返し地震の検出も同時に実施した。その結果、群発地震の活発度、非地震性すべりの時間変化、地震活動の移動現象を基に、群発地震活動中にゆっくり滑りが起きていたと解釈を与えた。特に、茨城県沖で1982年と2008年に発生したM $\sim$ 7地震の発生前に起きたゆっくり滑りの規模は、他の時期のものに比べて相対的に大きいことを明らかにした。

第4章は、これまでに得られた解析結果を基にした考察である。群発地震活動の発生要因の一つとして、プレートの折れ曲がり起因する破碎構造の発達により、プレートの含水化が進み、群発地震の発生を促進するというモデルを提案した。さらに、ゆっくり滑りと大地震の関連性、大地震の発生過程の複雑さ、及び、地震発生予測手法の改善についての議論を展開している。

第5章は結論であり、本論文で開発した手法と得られた知見が簡潔にまとめられている。

以上のように、論文提出者によって行われた地震観測データに基づく研究は、群発地震などの地震発生現象の物理過程の理解に対して、大きな進展をもたらす優れた業績であると判断される。

なお、本論文は、指導教員である井出哲教授との共同研究であるが、論文提出者が主体となって手法開発、検証、解析及び議論の構成を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であったと判断する。その証拠として、第2章の内容は、論文提出者を筆頭著者とした論文が既に公表されているとともに、第3章の内容は近日中に投稿予定の論文としてまとめられることを申し添える。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。