

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 ( 理 学 )	氏名	AMER RASHA
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 ①・② 項該当		
論文題目			
Study on Relationship between Very Low-Frequency Earthquake and Non-Volcanic Tremor in the Nankai Subduction Zone (南海沈み込み帯における超低周波地震と非火山性微動の関係に関する研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	須田 直樹	
審査委員	教 授	安東 淳一	
審査委員	教 授	井上 徹	
審査委員	教 授	片山 郁夫	
審査委員	教 授	柴田 知之	
〔論文審査の要旨〕			
<p>西南日本の南海沈み込み帯では、フィリピン海プレートの沈み込みに伴い 100-150 年間隔でマグニチュード 8 クラスの海溝型巨大地震が繰り返し発生してきた。それらはプレート境界の深さ 10-25 km を震源域とする逆断層すべりである。近年の地震観測網の整備により、プレート境界面上の巨大地震発生域の深部および浅部延長域で「スロー地震」と呼ばれるゆっくりとした逆断層すべりが活発に発生していることが明らかになった。現在、スロー地震にはスロースリップイベント、超低周波地震、非火山性微動の三種類が観測されており、それらは時空間的に関連して発生することが知られている。一般に断層すべりはせん断応力の解放であり、スロー地震発生域における応力解放は、巨大地震発生域における応力状態に影響を与える。従って、スロー地震の発生過程の詳細を明らかにすることは巨大地震の発生過程と関連して極めて重要である。本研究では、スロー地震のうち最も研究が遅れている超低周波地震に着目し、先行研究に比べてより小さなイベントを数多く検出するために、まず新たな検出法を開発した。そして、それを実際のデータに適用して、超低周波地震の活動を従来よりも高い時空間分解能で明らかにした。</p> <p>一般に、地震計記録において超低周波地震の信号が卓越する周期 20-50 秒の長周期帯域では、気象の影響や世界中で起こる多数の地震によりノイズレベルが高いため、超低周波地震は非火山性微動に比べて検出の条件が極めて悪い。このことが超低周波地震の研究を遅らせていた原因である。先行研究では、通常地震検出に用いられるモーメントテンソルインバージョン法を用いて検出が行われていたが、決定すべきパラメータ数が多いため、ある程度大きなイベントしか検出できなかった。そこで本研究では従来とは異なった発想に基づいて次のような検出法を新たに開発した：(1) プレート境界面上のスロー地震発生域に等間隔に配置した仮想的な震源に対して、プレート境界の形状とプレート運動から震源メカニズム解を推定し、それらを用いて超低周波地震の理論波形を計算した。(2) 全仮想震源について観測波形と理論波形の相互相関係数を計算し、最も大きな相関をもつ仮想震源について振幅係数と残差減少値を計算した。このプロセスを 1 秒間隔で実行した。</p>			

(3) 得られた相互相関値、残差減少値、ノイズレベル、観測波形数が条件を満たした場合、イベントの検出とした。この方法は一般的な信号検出で従来用いられてきた適合フィルタ一法に類似しているが、検出基準として相関係数だけでなく残差減少値も用いる点が異なっている。理論波形を計算する際の地震波速度構造には、気象庁と防災科学技術研究所で用いられている一次元速度モデルを改変したものを用いた。また、理論波形の数値計算には波数積分法を用いた。観測波形として、防災科学技術研究所の Hi-net 高感度加速度計ネットワークの記録を用いた。

この検出法の有効性を確認するため、まず 2006 年 9 月と 2007 年 3 月で四国西部および豊後水道で発生した特に活発なスロー地震活動期のデータを解析した。まず仮想震源の水平間隔を 10 km として解析を行った。その結果、先行研究で検出が報告された大きなイベントに加えて、より多くの小さなイベントが検出できることが分かった。この検出法では、ノイズレベルの高い時間帯ではノイズの誤認による偽のイベントを検出する機会が多かった。そこで、ノイズレベルの高い時間帯で検出されたイベントは、振幅が大きい限り真のイベントとして認定しないこととした。これによってよりもっともらしいイベントのみを選択することができた。次に仮想震源の水平間隔を 5 km として解析を行った。その結果、時空間的な活動の推移がより詳細に明らかになった。先行研究から、非火山性微動の活動は 10 km/day の速度でプレート境界面の走向方向に移動し、その過程で数十 km/hour の速度で逆方向に移動する Rapid Tremor Reversal と呼ばれる現象があることが知られている。今回、超低周波地震についても非火山性微動と同時に Rapid Reversal が見られることが初めて明らかになった。Rapid Reversal の原因はまだあきらかになっていないが、断層面の摩擦特性を考察する上で非常に重要な現象である。

さらに、四国に加えて東海、紀伊半島における 2011 年から 2015 年に発生した活発なスロー地震活動期のデータを解析した。これらの解析では仮想震源の水平間隔 5 km の仮想震源を用いた。多数のスロー地震活動期の解析から、地震モーメント解放量は超低周波地震と非火山性微動ではほぼ比例関係にあることが分かった。また、超低周波地震の検出はノイズレベルに大きく左右されるため、非火山性微動と異なり地震モーメント解放量を連続的に計測することは困難であることが分かった。

以上のように、本研究はスロー地震の中でもまだ良く分かっていなかった超低周波地震に着目し、新たな検出法を開発した上で、その活動に関して新たな知見を得た。このことから、本研究はスロー地震研究に対して大きな貢献をしたと言える。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

Rasha Amer, Study on Relationship between Very Low-frequency Earthquake and Non-volcanic Tremor in the Nankai Subduction Zone, Accepted for the publication in *Journal of Science of the Hiroshima University, Series C (Earth and Planetary Sciences)*, **Volume 12**, No. 1.