

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	Plata Martínez Raymundo Omar
論文題目	Seismic source properties of slow and fast earthquakes in the Guerrero seismic gap, Mexico (メキシコ・ゲレロ地震空白域周辺の地震とスロー地震の震源特性)		
(論文内容の要旨)			
<p>近年、世界の沈み込み帯の多くの地域でスロー地震が観測されており、沈み込み帯共通の現象として注目されている。一般にプレート境界型大地震の震源域よりも浅部で発生するスロー地震は浅部スロー地震と称され、より深部に位置する深部スロー地震と区別される。深部スロー地震の発生域の多くは陸域下にあるのに対して、浅部スロー地震の発生域の多くは海底下に位置するため地震観測網も陸上と比べて十分整備されておらず、その活動様式や発生メカニズムは、深部のそれらと比べて未だよくわかっていない。</p> <p>メキシコ太平洋沿岸部のゲレロ州下のプレート境界部では、深部スロー地震が繰り返し発生している。また、ゲレロ州沖合には過去100年以上の間に大地震が発生していない領域(ゲレロ地震空白域)が存在し、大地震の発生可能性が高い領域として注目されている。一方、陸上の地殻変動観測からゲレロ地震空白域のプレート間固着率が周囲と比べて小さいことが指摘されている。つまりゲレロ地震空白域の地震発生ポテンシャルの評価において、ゲレロ地震空白域及びその周辺のスロー地震を含む地震活動度とそれらの震源特性の理解が鍵となる。本論文では、ゲレロ地震空白域の周辺で発生する地震とテクトニック微動(スロー地震の一種)の震源特性とその地域性を精査し、ゲレロ地震空白域周辺の地震発生ポテンシャルを議論した。</p> <p>まず、ゲレロ地震空白域の北西端付近および南東端外側のプレート境界で発生した大地震とそれらのマグニチュード4以上の余震に着目した。陸上地震観測記録で得られた震源スペクトルから地震波放射エネルギーを求めた後、地震モーメントで除して得られるScaled Energyを求め、その地域性を比較した。その結果、比較的小さなScaled Energyを示す地震の多くは、ゲレロ地震空白域から南東端外側の海溝軸近くと北西端外側に分布し、得られた値($10^{-5.47 \pm 0.27}$)は他の地域で得られた津波地震のそれに近いことが示された。特に南東端外側の海溝近くでは、これまでに通常地震と比べて破壊伝搬速度が小さな地震が発生したことが知られており、この領域を津波地震の発生ポテンシャルが周囲と比べて高い領域と結論付けた。</p> <p>次に、ゲレロ地震空白域直上に新たに設置された海底地震計記録からスロー地震の一種であるテクトニック微動を検出し、それらの震源分布を求めた。さらに微動のメカニズム解と地震波放射エネルギーを求めた。得られたテクトニック微動の震源分布と通常地震活動を比較した結果、これらのいずれも発生しない領域(サイレントゾーン)がゲレロ地震空白域に広く分布することが示された。陸上のGNSS観測から得られたプレート間固着率や残差地形異常および残差重力異常から、サイレントゾーンを非地震性すべりが卓越する領域と考えた。微動のメカニズム解はプレート境界を断層面とする逆断層型として解釈された。また、微動のScaled Energyは10^{-8}から10^{-7}と、ゲレロ地震空白域で先に得られた通常地震の値と比べて小さいことが示された。特に海溝軸付近の繰り返し間隔1ヶ月の微動のScaled Energyは、マグニチュード7クラスの大地震の震源域近くの繰り返し間隔3ヶ月の微動と比べてやや小さい傾向を示した。これら本論文で得られた結果は、ゲレロ地震空白域における大地震の発生ポテンシャルが周囲と比べて低い可能性を示す。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

近年、多くの沈み込み帯で観測事例が相次ぐ、浅部スロー地震に関する研究、特にテクトニック微動の研究において海底地震計の利用は必須である。これは、地表で観測されるテクトニック微動の地震動が微弱であること、且つその震源の多くが深海底下に位置することによる。海底地震計記録に含まれるテクトニック微動の解析事例は、海底地震観測網が世界中で拡大している現状でも、陸上観測網を利用した研究事例と比べて多くはない。近年の浅部スロー地震の研究により、特にプレート境界浅部では、地震性の高速破壊が浅部スロー地震域に伝播できない可能性が指摘されている。つまり、大地震の発生ポテンシャルの評価において、浅部テクトニック微動の活動様式の理解が重要である。本論文では、メキシコ太平洋沿岸部のゲレロ州沖合にある過去100年間に大地震が発生していない地震空白域（ゲレロ地震空白域）に着目し、その周辺で発生する大地震やその余震、さらに浅部テクトニック微動の活動様式と震源特性、それらの地域性を調べた。さらに、得られた結果に基づきゲレロ地震空白域の大地震の発生可能性について議論した。

観測される地震動から震源特性を推定する場合、地震波放射エネルギーを求める手法がよく用いられる。特に地震波放射エネルギーを地震モーメントで除して得られるScaled Energyは、震源での応力降下プロセス、すなわち破壊プロセスを特徴づける重要なパラメータの一つである。本論文ではゲレロ地震空白域周辺で発生したマグニチュード4以上の地震についてScaled Energyを求めて、その地域性を比較した。その結果、ゲレロ地震空白域南東端外側の海溝軸付近に位置する地震のScaled Energyは、陸側で発生する地震に比べて小さな値を示した。得られた値は、津波地震から得られる値に近く、同地域における津波地震の発生ポテンシャルの評価に資する重要な成果となった。

ゲレロ地震空白域の直上に、2017年11月から2018年11月にかけて、自由落下方式による自己浮上式の海底地震計が7台設置された。本論文では海底地震計記録を精査し、ゲレロ地震空白域内における浅部テクトニック微動の存在を初めて指摘した。一般に微動波形のS/Nは小さく、またテクトニック微動の波形の特徴は、海底環境で頻繁に観測される他現象による波形と類似する。このため微動検出には、地震学的知見に基づく細心の注意が必要である。本論文では観測波形を丹念に整理し微動の波形の同定に成功した。さらに、海底地震計の設置方位を補正したのち 直達S波の振動軌跡から微動のメカニズム解を推定し、プレート境界面における逆断層型として解釈した。加えて、微動のScaled Energyを求めて、それらの地域性について議論し、微動の繰り返し間隔に応じてScaled Energyが変化する可能性を述べた。

海底地震計の設置及び回収などの現地調査や観測記録の事前処理を申請者がメキシコ国内の海底地震観測の第一人者として主体的に行なったこと、浅部テクトニック微動の検出及び震源決定、海底地震計の設置方位の補正を含む微動のメカニズム解の決定やScaled Energyの推定などの一連の研究を独自に進めた点が高く評価できる。また、観測点直下のH/Vスペクトルやゲレロ地震空白域周辺の小繰り返し地震、海底地震計に含まれる微小地震の震源など共同研究者らと綿密に議論しながら、論文の執筆に取り組んだ点も評価できる。本論文はメキシコで発生するスロー地震現象の理解の進展に大きな貢献が期待できる内容である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和3年7月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日：令和 年 月 日以降