

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	片上 智史
論文題目	Significance of Stress Interactions Related to the Occurrence of Shallow Slow Earthquakes ( 浅部スロー地震の発生に関連した応力変化とその相互作用 )		

( 論文内容の要旨 )

通常地震に比べて破壊の時定数の長い「スロー地震」が多くの沈み込み帯で検出されている。いくつかの大地震については、その発生に先行するスロー地震が観測されており、スロー地震が大地震を誘発した可能性も指摘されている。一方、スロー地震も周囲の応力擾乱、例えば潮汐、周辺地域の地震による当該地域の静的および動的応力変化により誘発されることが知られている。本論文では、特に、沈み込み帯浅部で発生するスロー地震活動とスロー地震の被誘発現象に着目し、日本周辺に設置された海底観測網から取得された記録の解析を行った。日本海溝や南海トラフの海底観測記録の解析結果に先行研究の事例を加えた上で、浅部スロー地震が誘発される応力擾乱の条件について議論した。

まず、2011年東北地方太平洋沖地震の本震前に設置された海底地震計の記録を解析し、スロー地震と通常地震の相互作用を調べた。スロー地震（ここでは低周波微動）の検出に際して、frequency Scanning法を改良した独自の手法が用いられた。その結果、2010年12月1日から3月9日の最大前震直前までの期間に5日以上継続する低周波微動活動が検出された。特に日本海溝近傍で検出された微動は通常地震活動が低調な領域から検出された。これらの結果に基づき、日本海溝の沈み込み帯浅部は有効法線応力が低く、規模の小さな低周波微動が活発に発生する領域と結論付けた。

つぎに、日向灘に設置された海底地震計記録の解析に基づき、低周波微動の潮汐応答性を調べた。本論文で開発した微動の検出法を適用することで、従来と比べて多くの微動活動を検出することに成功した。結果、低周波微動の活動初期では潮汐により生じる応力変化に対する微動活動の応答性は低く、微動活動の終盤では高い潮汐応答性を示すことが確認された。特に微動活動の終盤ではスロースリップにより摩擦が低下した状態であり、潮汐による微弱な応力変化で微動が誘発される可能性が示された。

さらに、熊野灘で発生するスロー地震に着目し、周辺の地震の地震動による動的応力変化に対するスロー地震の被誘発現象の条件を調べた。これまで報告されてきたスロー地震の観測事例に加え、ケーブル式海底観測網の記録を独自に解析することでスロー地震を新たにいくつか検出した。その上で周囲の地震により誘発された可能性の高いスロー地震を選定した。その後、観測地震動および理論地震動からスロー地震域における動的クーロン応力変化を計算し、スロー地震の被誘発条件を評価した。結果、クーロン応力変化が最大で10-20kPaの程度が生じた場合、特にスロー地震が誘発されることが示された。

上記の結果に基づき、動的応力変化の規模と誘発されるスロー地震の規模の関係を調べた。その結果、20-100kPaの大きなクーロン応力変化が生じた場合、通常に比べて規模の大きなスロー地震が誘発されること、一方10kPa程度の応力変化では小さな規模のスロー地震の誘発にとどまることが示された。この規模依存性を説明するモデルとして、スロー地震域の周囲に分布する流体の拡散範囲が動的応力変化の大きさに依存して変化する可能性を指摘した。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

沈み込み帯で発生するスロー地震に関する研究は、プレート境界での「ゆっくり」としたすべり現象の物理的理解に加えて、沈み込み帯で発生する巨大地震との相互作用を理解する上でも重要である。本論文では日本周辺の海底下で発生するスロー地震を研究対象として、海底地震計記録の解析を行い、スロー地震とスロー地震を誘発する応力擾乱を調べた。

海底地震計記録を用いたスロー地震の検出は、これまで研究事例が少ない。特に陸上と比べて観測点が疎な海底観測網を用いたスロー地震（特に低周波微動）の検出方法はこれまで確立されていなかった。ここでは、frequency Scanning 法を海底地震計記録の解析用に拡張することで、新たな低周波微動の検出法を開発した。宮城沖に設置された海底地震計に新たな検出法を適用して、2011年東北地方太平洋沖地震の最大前震（3月9日）の直前に、本震の震源域内で微動が発生していたことを指摘し、その空間的特徴を詳述した。

さらに日向灘の海底地震計記録にも本検出法を適用して新たな微動カタログを作成した。その上で潮汐により生じる応力変化に対する微動活動の応答性を調べた。その結果、微動活動の初期から終盤にかけてプレート境界の摩擦が時間変化する新たなモデルを提案した。

熊野灘に設置された海底地震計および圧力計記録を用いた解析から、周囲で発生する地震動により当該地域に生じる動的応力変化によるスロー地震の被誘発現象を調べた。その結果、応力変化の最大値に加えて継続時間も誘発の有無に作用する可能性を示した。また、沈み込み帯浅部で誘発されるスロー地震の規模がスロー地震域に作用する動的応力変化の規模に依存すること、特に大きな応力変化が生じた場合、通常よりも規模の大きなスロー地震が誘発される可能性が示された。

本論文は、沈み込み帯浅部で発生するスロー地震に着目し、スロー地震による巨大地震の誘発現象、潮汐および周囲で発生する地震の地震動による当該地域の動的応力変化によるスロー地震の被誘発現象を通じて、沈み込み帯浅部のスロー地震の発生メカニズムの解明を図った。新たな検出法および震源決定手法の開発や、独自に作成したスロー地震のカタログに基づき浅部スロー地震像を構築した点などが高く評価できる。今後、本論文の手法を世界の海底地震計記録に適用することで、従来見過ごされてきた極小さな規模の微動活動まで記載できるようになり、沈み込み帯のプレート間の低速すべりのモニタリングが大きく進展するものと期待される。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2年1月15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：                      年                      月                      日以降