

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	植村 美優
論文題目	スロースリップの検出に向けた海底地震記録の自己相関解析と室内摩擦実験からの考察		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>世界中の地震の多くはプレートの沈み込み帯で発生している。近年、多くの沈み込み帯で、通常の地震と比べて破壊の時定数の長いスロースリップが検出されている。また、いくつかの大地震についてはその発生に先行してスロースリップが観測されており、スロースリップにより大地震が誘発された可能性も指摘されている。スロースリップの検出方法としては、GNSS観測や歪・傾斜観測などの測地学的手法が通常用いられている。また、スロースリップと同時に観測される低周波微動による検出や、スロースリップに伴う歪み場の変化を地震学的手法により検出する方法も近年提案されている。常時微動を用いた地震波干渉法によるスロースリップの検出では常時微動の波源の年周変化が時間変化として観測される。すなわち、スロースリップの検出において年周変化による見かけの変化も考慮した上で、その時間変化を評価しなければならない。本論文では、特に常時微動を用いた自己相関解析によるスロースリップの検出に向けて、屋内摩擦試験及び海底地震観測記録の解析を行い、自己相関解析上の時間変化とその要因について考察を行った。</p> <p>断層を模したガウジ層を挟んだステンレス製ブロックセットを用いた二軸摩擦実験 (Slide-Hold-Slide) 実験では、変位 (Slide) と停止 (Hold) に伴う反射波と透過波の走時及び振幅の変化を調べた。スロースリップの断層として想定したガウジ層を透過する波では変位時に振幅低下と伝搬速度の低下、停止中に振幅増加と伝搬速度の上昇が検出された。また、ガウジ層からの反射波について変位時に振幅増加、停止時に振幅減少が検出された。透過波の時間変化から求めたガウジ層内の伝播速度の時間変化がガウジ層内の密度の時間変化と相関することが示された。ガウジ層内の密度変化は、反射波と透過波の振幅変化としても観測された。これらの結果は、プレート境界からの反射波や透過波の調査・観測において、地震やスロースリップの断層の密度変化を振幅や走時の変化として検出できる可能性を示す。</p> <p>2011年東北地方太平洋沖地震を含む5ヶ年間で本震震源域の直上に設置された海底地震計記録を解析した。ここでは常時微動記録に地震波干渉法を適用し、その自己相関関数を15日毎に求めた。さらに、それらの自己相関関数の時間変化から観測点周辺の地震波速度変化を調べた。結果、海溝に近い観測点で本震に伴う2%未満の地震波速度低下とその回復過程が検出された。さらに得られた自己相関関数の振幅や卓越周波数の時間変化から、冬季と夏季に二分される年周変化が検出された。この年周変化は、特に海面上の風により励起される海底の常時微動の時間変化に因る。さらに、年周変化を考慮することでスロースリップに伴う自己相関関数の時間変化の検出に成功した。</p> <p>二軸摩擦実験における弾性波の時間変化と沈み込み帯で発生したスロースリップに伴う常時微動の自己相関関数の時間変化を先行研究の事例も含めて比較した。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震に先行したスロースリップは、従来推定されている開始時期よりも早く、そのすべりが開始していた可能性が示された。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

常時微動による地震波干渉法及び同手法から得られる干渉記録の時間変化に関する研究は、観測点周辺の地震波速度構造の理解の他、地震やスロースリップなどのテクトニックな現象に伴う地震波速度構造の時間変化や、テクトニックな現象そのものを検出する上でも重要である。一方で、常時微動から得られる干渉記録の時間変化にはテクトニックな現象以外の時間変化も多く含まれることが知られている。ただし、その要因については未だ明らかではない。本論文では地震波干渉記録中の非テクトニックな時間変化に着目し、その要因について議論がなされた。

大地震の発生時、強震動による媒質の非線形応答として、震源域直上で地震波速度が低下することが知られている。この速度低下は常時微動を用いた地震波干渉法の解析からも多数報告されている。一方、強震動を伴わないスロースリップの発生に関連した干渉記録の時間変化に関する研究事例は、大地震のそれと比べてほとんど報告されていない。本論文では、特に地震波干渉法に基づくスロースリップの検出に向けて、反射波や透過波を用いた屋内二軸摩擦試験が実施された。従来の弾性波を用いた摩擦試験では、試料の変位速度をスロースリップのもの(マイクロメートル毎秒)よりも大きく設定することが多く、スロースリップの変位速度と同等の速度での実験はほとんど実施されていない。実験の結果、変位速度の変化に伴う断層からの反射波や透過波の振幅及び走時の変化が示された。実際の地震観測においても、断層の透過波や反射波にスロースリップの発生を示す情報が含まれる可能性を示す重要な成果である。

2011年東北地方太平洋沖地震の震源域直上に、2007年から本震発生後の2013年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設置されていた。これらの地震計は年に1度程度の調査航海で回収及び設置作業を繰り返し実施することで海底観測網として維持されていた。これまで2007年から2013年までの5か年以上に及ぶ観測記録を用いた地震波干渉法の解析は行われていなかった。本論文では5か年の海底地震計記録中に含まれる常時微動記録に地震波干渉法を適用し、大地震前後の干渉記録の時間変化に加えて、非テクトニックな時間変化が調べられた。非テクトニックな時間変化として、干渉記録の振幅及びその卓越周波数において冬季と夏季に二分される年周変化が検出された。これまでに、干渉記録中の振幅の年周変化について言及した研究はいくつかあるが、卓越周期の年周変化にまで言及した研究例はほとんどない。さらに、年周変化を考慮した上で、テクトニックな現象に伴う干渉記録の時間変化が調べられた。結果、テクトニックな現象に伴う変化として、2011年東北地方太平洋地震の本震の発生に伴う変化が指摘された。さらに、本震に先行し発生したスロースリップによる変化の検出にも成功した。日本海溝において、スロースリップに伴う干渉記録の時間変化を言及した研究は本論文が初めてである。

スロースリップと同等の変位速度で実施された屋内摩擦試験の提案やその計測システムの開発を行ったこと、また複数期間の自己浮上式の海底地震観測記録を丁寧に解析・処理することで地震波干渉法を複数期間の解析に利用・比較できることを示した点などが高く評価できる。今後、海底地震記録を用いた地震波干渉法、特に自己相関解析を世界の沈み込み帯の既存の地震観測記録に適用することで、海底下の地下構造の長期モニタリングの研究が大きく進展することが期待される。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3年1月18日に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3年 3月 23日以降