

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	井上 智裕
論文題目	Water depth dependence of correlations in nontidal variations of ocean bottom pressure measurements and ensuing development of methods to detect slow slip events from the seafloor deformation signal (海底圧力記録中の非潮汐成分における相関の水深依存性とそれに基づくスロースリップイベント検出手法の開発)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>海底圧力計は、大地震による地殻変動や津波観測の目的に加えて、沈み込み帯の海底下で発生するスロースリップ (SSE) や海嶺近傍における造構性の微小な地殻変動の観測を目的として広く利用されている。しかしながら、海底圧力記録から微小な地殻変動、特にSSEに伴う上下変動を抽出する最適なデータ処理方法はまだ確立されていない。これは、海底圧力記録に含まれる非潮汐成分が、SSEにから期待される上下変動の振幅と周期でほぼ重複することに因る。一方、陸上GNSSデータのみでは、観測点とSSEの発生域が離れているため、特に海溝付近を発生域とするSSEのすべりを十分に検出することができず、その検出において海底圧力計の利用が必須である。本論文では、SSE 検出における非潮汐変動の除去方法をニュージーランドのヒ克蘭ギ沈み込み帯浅部で発生するSSEの検出を事例として開発した。</p> <p>海底圧力計で観測される非潮汐成分の特徴とその成因の理解を目的とし、ヒ克蘭ギおよび南海トラフの両方の沈み込み帯でそれぞれ得られた海底圧力記録の時空間的特徴を調べた。まず各観測網内のすべての組み合わせで圧力観測点のペアをとり、観測時系列からペア間で差分を求めて残差時系列を得た。次に残差時系列の標準偏差に基づき観測点ペア間の非潮汐成分の相似性を評価した。その結果、先に知られていた北米西海岸のカスケード沈み込み帯の研究事例と同様に、ヒ克蘭ギ及び南海トラフの両方の沈み込み帯で、非潮汐成分の観測点間の相似性が距離の増加に伴い低下するのではなく、観測点間の水深差の増加に伴い低下することが指摘された。またペアとなる圧力計のうち、より深海底に設置された圧力計の絶対水深に応じて水深差に対する相似性の低下率が変化すること、特に深海底に設置された圧力計の場合では、その低下率が浅海底と比べて小さくなることも示された。</p> <p>本論文で得られた非潮汐成分の空間的特徴に基づき、ここではヒ克蘭ギ沈み込み帯北部の北島ギズボーンの沖合で発生するSSEを想定しつつ、非潮汐成分の除去方法を5通りのデータ処理方法から比較検討した。その結果、すべての圧力記録について差分を求めることでSSEの検出能力が最適化されることを見出した。ここで比較した5つの方法は以下の通り。1) 潮汐のみを取り除く、2) 海洋モデルから予測される非潮汐成分を観測記録から差し引く、3) 海溝海側斜面に設置された圧力記録をリファレンスとして、陸側斜面に設置された圧力記録から差し引く4) 1000m以内に設置された海底圧力観測点間で差分を求める、5) すべての観測点組み合わせで差分を求める。SSEの検出能力が最適化された5)の場合、海底圧力計から検出されるSSEのモーメントマグニチュードの最小値と中央値は、それぞれ6.10と6.84と得られた。さらに2014年9月に発生したSSEによる上下地殻変動を処理5)を適用して求め、SSEのすべり域を逆解析により推定した。得られたSSEのすべり分布は、従来の処理方法による非潮汐成分の除去方法から得たすべり分布と対極的には同じであったが、特にトラフ近傍のすべり誤差が~10mmと、従来の処理方法から得られる結果と比べて改善された。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

陸上および海底に設置される地震・測地観測網の整備に伴い、世界の沈み込み帯でSSEに伴う地殻変動が数多く観測されている。海底下で発生するSSEの観測では、特に海底圧力計が広く利用されている。海底圧力記録には、通常SSEによる圧力変動以外に海洋起源の圧力変動が地殻変動と同程度またはそれ以上の振幅で含まれる。海洋起源の圧力変動成分として、潮汐による変動に加え、大気圧や風の影響による非潮汐成分も含まれる。潮汐による変動はフィルター処理により比較的安易に除去できるが、非潮汐成分はSSEによる変動の周期および振幅とほぼ重複するためその除去が難しく、適切な除去方法は未だ提案されていない。つまり、SSEに伴う海底地殻変動を海底圧力計で検出する上で、圧力記録から非潮汐成分を適切に除去する手法の確立が必要とされている。本論文の目的は、非潮汐変動の除去方法の開発、およびニュージーランドのヒ克蘭ギ沈み込み帯で発生するSSEの検出に向けて開発した除去方法を適用することであった。

本論文では、はじめにヒ克蘭ギと南海トラフの両方の沈み込み帯に設置された海底圧力計で観測された非潮汐成分の時空間的な特徴を調べた。次に、非潮汐成分の効果的な除去方法について、従来用いられている除去方法や独自に提案する方法を含む、5つの手法についてSSEの検出能力の観点から比較・評価することで、SSEの検出における非潮汐成分の最適な除去方法を提案した。さらに、本論文で提案された非潮汐成分の除去方法を実際の観測記録に適用して、SSEを海底圧力記録から検出し、先行研究で報告されたSSEの活動と比較してその妥当性を議論した。また、2014年9月にヒクラギ沈み込み帯で発生したSSEのすべり分布を、本論文で提案する処理方法で得た地殻変動から逆解析により推定した。結果、陸から遠く離れた場所のすべり量の推定誤差が小さくなることを見出した。

従来の海底圧力記録を用いた海底下で発生するSSEの検出では、主に観測点間の距離が近いペアで差分を求めるか、もしくは沈み込むプレート上の観測点をリファレンス点(上下変動の不動点)としてその他の点との差分を求める方法が用いられてきた。従来の方法では、観測点間で非潮汐成分が共通成分として観測されることを暗に仮定している。本論文では、カスケード沈み込み帯で既に示された結果を参考に、この仮定の妥当性についてヒ克蘭ギ及び南海トラフの両沈み込み帯で調べた。結果、従来の仮定に妥当性はなく、非潮汐成分は等水深にある観測点間で、観測点間の距離に依らず、高い相似性を示すことを述べた。これは本論文で評価されるべき重要な成果の一つである。さらに得られた非潮汐成分の水深差に依存する相似性に基づき、非潮汐成分の適切な除去方法を仮想データ及び実データを用いてSSEの検出能力を評価したこと、結果としてすべての観測点ペアで差分を取ることでSSEの検出能力が最適化されること、さらにSSEのすべり域の推定において海底圧力記録の有用性を改めて示した点も高く評価できる。

非潮汐成分の時空間的特徴の研究において観測された非潮汐成分の要因を海洋物理学的視点から議論したこと、未だ確立されていない海底圧力記録の最適な処理方法の提案に独自の考えで取り組んだ点も高く評価できる。今後、本論文で提案された手法が多く観測記録に適用され、小さな規模のSSEのモニタリングの高度化が進み、SSEそのものの理解の進展に大きく寄与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5年1月16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5年 3月 23日以降