

論文審査の結果の要旨

氏名 功刀 卓

本論文は、伸縮計、気圧計、潮位計の記録を比較分析し、水平ひずみ観測における気圧・海洋荷重変動起源のノイズ特性を明らかにしたものである。本論文は6章から構成されている。第1章では、振り子型地震計による水平動検出の限界を越えるため、レーザー干渉計等を用いた水平ひずみ計測による精密水平地震動観測が注目されていることと、その雑音源としては海洋荷重と気圧荷重の変動が主であることが述べられ、関連する既往の研究がレビューされている。このレビューは出色の出来であり、当該分野を概観するのに有用である。このレビューを踏まえて、本論文の目的を、いまだ明らかになっていない潮汐帯域より短周期側での気圧・海洋荷重に対する地殻ひずみの応答特性を解明し、水平ひずみ計測による精密水平地震動観測への応用を議論することに設定している。また、既存の研究で扱われてこなかった適切な表層構造と現実的な気圧の空間分布を考慮して解析することと、その結果従来常識とされていたことが覆ってしまう場合のあることを発見したことをもって、本論文の特色としている。本論文では、東京大学地震研究所の鋸山観測所設置の三成分石英管伸縮計の出力を高速サンプリングしてデータセットを得ている。この高速サンプリングシステムのインストールと受信・編集は論文提出者の独自の貢献である。第2章では、鋸山での観測とデータの特徴が記述され、記録に含まれる機器ノイズの性質から、本論文の対象とする帯域が1000秒～10000秒のサブサイスミック帯域となったことが述べられている。

本論文では、以下のように、観測された記録を定量的に再現することを通じて、気圧・海洋荷重に対する地殻ひずみの応答特性を明らかにしようとしている。第3章には、論文提出者の工夫により改良された表面荷重に対する地殻ひずみ応答の計算法が記述されている。この手法は従来の計算法にくらべて計算精度が極めて高い。この章では、モデル的な気圧分布に対する地殻ひずみの応答も計算され、表層物性値の半無限弾性体で地殻を近似した計算に比べると、球対称成層地球モデルで計算した面積ひずみ応答の振幅は数10%程度に減少すること、および、気圧変動によるせん断ひずみ応答は、観測点の気圧値とは相関がなく、気圧の空間分布の影響を受けるという特徴が明らかにされている。第4章では実際に得られたデータ

の解析について記述している。まず、伸縮計および潮位計の観測データと理論海洋荷重応答の比較から最適な表層構造モデルの決定が行われている。この構造モデルにより観測データはひずみ三成分ともよく説明できている。次に、この表層構造のもと、観測期間中の最大気圧擾乱時のひずみ応答が計算されている。この部分は本論文の一つのハイライトと言わなければならない部分であり、関東東海地方の多点気圧データを用いたひずみ応答が詳しく計算されている。このような試みはかつてなかったものである。この計算結果と観測記録を、0.1mHz - 0.8mHz の帯域で比較したところ、計算された面積ひずみは観測の15分の1程度にしかならないことが明らかになった。そのため、観測点付近の構造異常の効果を考慮した再計算が行われている。その結果、観測された面積ひずみ応答と理論応答の位相および振幅をほぼ一致させることが出来ている。現実的な構造異常を考慮することで、理論と観測の一桁以上の食い違いを説明できたことは特筆すべき成果である。第5章では、サブサイスミック帯域における気圧・海洋荷重の応答特性について考察している。面積ひずみや体積ひずみと直上の気圧値の相関が高いことは、よく知られた観測事実である。本論文の解析および理論計算から、水平方向不均質の影響で観測点近傍のひずみ応答が増幅する場合に、この現象が起きることがわかった。一方、水平方向不均質の影響で観測点近傍のひずみ応答が減少する場合は、半無限弾性体近似などの単純なモデル計算での予測値と極性が反転する可能性があるという予想外な結果を得ている。また、せん断ひずみの気圧応答は、面積ひずみに比べると小さいという観測事実も知られていた。この現象は、実際の気圧変動がせん断ひずみを発生しにくい空間分布になっているために起こるということを明らかにした。さらに、解析結果の高精度水平地震動観測への応用も議論している。データ解析から、せん断ひずみ計測に用いるセンサーの機械ノイズレベルは、0.1 nano strain 以下であることが望ましいことを指摘し、このような精密計測を実現させるために、直交光路レーザー干渉計を用いた直接せん断ひずみ計測を提案している。この試作機はすでに長期試験観測の段階に入っており、設置と観測の部分は論文提出者の手によるものである。第6章は以上の内容のまとめである。

以上の内容から、本論文は地球物理学の特に地震計測分野に重要な貢献をしたものと判断される。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。