

修士論文

地震波干渉法に基づく地球潮汐による地震波速度変化の検出

東北大学大学院理学研究科

地球物理学専攻

高野智也

(指導教員 西村 太志 教授)

平成 25 年

要旨

地震や火山活動に伴う地殻や地盤浅部の地震波速度の時間変化の要因として、強震動による浅部地盤の剛性率の低下や、断層運動や火山性地殻変動に伴う応力変化等が考えられている。これらの地震波速度変化がどの要因に依るかを明らかにするには、個々の要因による地震波速度への影響を定量的に知る必要がある。これまで応力変化による効果については、地球潮汐を既知の応力とした人工地震の繰り返し発破により約 0.1~0.5%の地震波速度変化が検出されている。しかしながら、解析する周波数帯域が数十 Hz から数 kHz と高周波数であったり、限られた狭い範囲の地震波速度を調べていたりするなど、地震波干渉法の結果を解釈するにはやや問題がある。そこで本研究では、地震波干渉法に基づき、独自の小アレー観測点や Hi-net 観測点で記録された雑微動の相関解析を行い、地震波干渉法で議論されている低周波数帯域において地球潮汐による地震波速度変化を調べる。

地球潮汐による体積歪量に基づき地球の膨張時と収縮時に期間を分け、それぞれの期間で重合した雑微動の相互相関関数 (CCF) や自己相関関数 (ACF) を比較する。膨張時の ACF (または CCF) と収縮時の ACF (または CCF) の位相差を計算することで、地球潮汐による地震波速度変化を推定する。

本研究では、まず 2012 年 12 月 1 日から 2013 年 2 月 26 日までの約 3 ヶ月間、岩手山の東麓に 7 個の短周期地震計からなる小アレーを設置し観測を行った。周波数帯域 1-2Hz と 2-4Hz において各観測点ペアで雑微動の CCF を計算し、地球潮汐による地震波速度変化を

推定した。CCFの経過時間が±1秒以内で推定した地震波速度変化率は、1-2Hzで $-0.79 \pm 0.02\%$ 、2-4Hzで $-0.51 \pm 0.05\%$ であった。求められた速度変化と地球潮汐による体積歪の変化量を用いて、速度変化の歪感度を推定したところ、1-2Hzで 3×10^5 /strain、2-4Hzで 2×10^5 /strainと求められた。ただし、雑微動データの選択によって速度変化の値は数倍小さく求まることも明らかになった。

東北地方に位置する116点のHi-net観測点においても、同様に地球潮汐による地震波速度変化の検出を試みた。2009年から2010年までのデータを用いて、周波数帯域1-2Hz、2-4Hz、4-8Hzにおいて各観測点で雑微動のACFから地震波速度変化を推定した。経過時間1秒までのACFを解析したところ、周波数帯域2-4Hzでは多くの観測点で、地球潮汐による地震波速度変化が検出された。この帯域において、収縮時に対する膨張時のACFの速度変化率は $-0.046 \pm 0.008\%$ と推定された。

岩手山小アレーにおいて、周波数一波数(FK)解析により入射波動場の特性を検証した結果、得られたFKスペクトルから波動源は幅広い方位に分布している可能性が示唆された。またFKスペクトルの見かけ速度から、解析した雑微動には、実体波と表面波が混在していると考えられた。また、潮汐による速度変化は認められなかったCCFのコーダ波部分は、潮汐の影響を受けない深部からの波が卓越していると推察された。Hi-net観測点の結果と岩手山の小アレーの結果を比較すると、どちらの観測点においても経過時間1秒までの2-4Hzの雑微動を解析した場合は地球潮汐による速度変化が検出された。一方で、Hi-net観測点の1-2Hzではそのような速度変化は検出されなかった。このことは、地震計の設置深度の違いが雑微動を構成する波動場やそれらの周波数特性の違いとなり、結果に影響を与える可能性が示唆された。得られた速度変化の歪感度と野外実験で得られている歪感度を比較したところ、岩手山の小アレーでは先行研究より同程度から数倍以上、またHi-net観測点では封圧の高い場所で行われた野外実験と整合的であることが明らかになった。

本研究は、雑微動の相関解析によっても地球潮汐による地震波速度変化が検出できることを実証し、容易に多くの場所で地盤浅部における応力変化と地震波速度変化の関係性を定量的に議論できる方法を提示した。