

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

ー岩手山東麓における小アレーデータの解析ー

高野智也・西村太志・中原恒・太田雄策（東北大学）・
田中佐千子（防災科研）

はじめに

地震波干渉法を用いて、周期十数秒～数 Hz の帯域において、地震や火山活動に伴う地盤・地殻構造の地震波速度変化が検出されている。このような構造の時間変化の要因として、強震動による剛性率の変化や、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が、明確なメカニズムはわかっていない。応力変化による地震波速度への影響を調べるため、今まで岩石実験や地球潮汐を利用した野外実験が行われているものの、解析周波数帯域は数十 Hz から数 kHz と高周波数であるので、必ずしも地震波干渉法で報告されている帯域とは一致しない。

今回、我々は独自の小アレー観測のデータに地震波干渉法を適用し、周波数帯域 1-2Hz, 2-4Hz において地球潮汐による地震波速度変化について調べたので報告する。

観測概要

岩手山の東麓に位置する焼走りキャンプ場に短周期地震計（近計システム社製 KVS-300, Sercel 社製 L-22D）7 台による小アレーを、2012 年 12 月から 2013 年 2 月までの約 3 ヶ月間、臨時に設置した。地震計は、1 辺 200m の正三角形の頂点、各辺の midpoint、そして三角形の中心点に配置し、その信号を 1kHz のサンプリング周波数でデータロガー（近計システム社製 EDR-X7000）に記録した。

データ解析と結果

全観測点から 21 ペアをつくり、それぞれについて雑微動の CCF を計算した。雑微動記録に 1-2Hz, 2-4Hz のバンドパスフィルタを掛けた後、RMS 振幅値をもとに自然地震の影響を取り除き、1bit 化処理を施した波形を用いて 1 分ごとに CCF を求めた。

続いて、GOTIC2 (Matsumoto et al., 2001) によって観測点における理論潮汐体積歪を計算した。 -2×10^{-8} から 3×10^{-8} の間で変動する体積歪を 5.0×10^{-9} 以上と -5.0×10^{-9} 以下のグループに分け、前者を膨張時、後者を収縮時のデータとして、それぞれのグループにおいて各観測点ペアで CCF を全て重合した。

各周波数帯域において、膨張時と収縮時の CCF の相関は高い。また、膨張時の CCF の位相は、正負のラグタイムのどちらにおいても、収縮時に比べて遅れている。この位相差の極性は、実験等で示されているように応力変化による地殻内のクラック開閉に伴う速度変化と考えると説明できる。

観測点周囲の媒質で様に速度変化が生じていると仮定し、収縮時の CCF に対する膨張

時の CCF の比較から地震波速度変化率を求めた。一波長分の時間窓ごとに膨張時及び収縮時の CCF 同士の相互相関関数を計算し、相関係数と時間差を求めた。全ペアの相関係数と時間差をスタックした結果、ラグタイム 0 から±1 秒のところで相関係数が下がり (図 1)、一方の波形に変化が見られた。そこでラグタイム-1 秒から 1 秒の範囲で速度変化を求めたところ、それぞれ $0.79 \pm 0.02\%$ (1-2Hz), $0.51 \pm 0.05\%$ (2-4Hz) となった。

考察

地球潮汐による体積歪値と本研究で得られた結果から、地震波速度の歪感度は 3.03×10^5 [1/strain] (1-2Hz), 1.97×10^5 [1/strain] と見積られる。この結果は、たとえば Reasenberg & Aki (1974) による直達波の走時解析と地球潮汐から求められた歪感度の値 1.25×10^5 [1/strain] とほぼ一致する。

田中・他 (2002) による人工地震の初動読み取り記録から、本研究のアレー周辺の P 波速度構造を調べたところ、地表浅部では約 3km/s と求まる。また観測期間を通して、アレーデータに FK 解析を行ったところ、雑微動の見かけ速度は約 13km/s (1-2Hz), 約 5km/s (2-4Hz) に求まった。このことは本研究で解析した雑微動には、表面波だけでなく実体波も含まれることを示唆する。

まとめ

岩手山東麓にある焼走りキャンプ場に臨時観測点を 7 点設置し、2012 年 12 月~2013 年 2 月において各観測点ペアで雑微動の相関解析を行った。地球潮汐による膨張時と収縮時に期間を分け、それぞれの期間で雑微動の CCF をスタックし比較したところ、潮汐による速度変化が検出された。1-2Hz, 2-4Hz において収縮時に対する膨張時の CCF の速度変化率はそれぞれ、 $-0.79 \pm 0.02\%$, $-0.51 \pm 0.05\%$ と求まった。

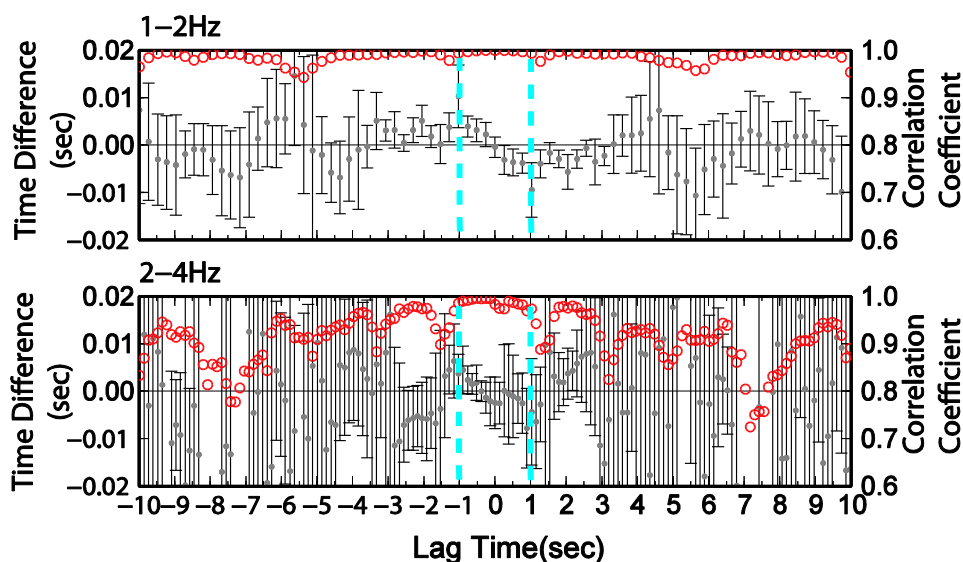


図 1 各観測点ペアでの膨張時と収縮時の CCF により求められた相関係数 (赤丸) と時間差 (灰丸) の重合した結果。