

雑微動の自己相関解析にもとづく地球潮汐による地震波速度変化の検出の試み An attempt to detect seismic velocity change due to tidal strain based on autocorrelation analysis of ambient noise

高野 智也^{1*}, 西村太志¹, 中原恒¹, 田中佐千子²

TAKANO, Tomoya^{1*}, NISHIMURA, Takeshi¹, NAKAHARA, Hisashi¹, TANAKA, Sachiko²

¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻, ² 防災科学技術研究所

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, ²NIED

1. はじめに

雑微動の自己相関関数 (ACF) および相互相関関数 (CCF) の時間変化から, 地震や火山活動に伴う速度変化や年周変動的な速度変化が検出されている (e.g. Titi et al., 2012; Hobiger et al., 2012). このような地殻変動の時間変化の要因として, 地盤浅部での強震動, あるいは断層運動や火山性地殻変動に伴う応力変化などが原因として考えられている. 応力変化による効果は, 潮汐を利用した観測研究が行われている (e.g. Reasenberg & Aki, 1974; Yamamura et al., 2003). これらの先行研究では, 圧電素子やエアガンを震源として, 1kHz あるいは 30Hz といった高周波成分の地震波の解析から 0.1%~0.5% 程度の地震波速度変化が報告されている. ただし, この周波数帯は, 地震波干渉法で速度変化が報告されている帯域 (概ね数 Hz 以下) とは必ずしも一致しない.

そこで, 本研究では, 雑微動の ACF を用い, 地球潮汐による地震波速度変化を調べたので報告する.

2. 手法

東北地方の防災科学技術研究所 Hi-net 観測点 118 点の 2010 年の 1 年間の上下動速度連続記録 (100Hz サンプリング) を解析した. 自然地震の混入を避けるために, 各観測点で 10 分間ごとに RMS 振幅値を計算し, 1 年間の中央値の 5 倍を閾値とし, それを超える波形データは除去した. さらに二値化処理を行い, 1-2Hz, 2-4Hz の周波数帯域で ACF を計算した.

本研究では, 潮汐による 103 Pa 程度の応力変化に伴う極微小な速度変化の検出を試みるため, 比較的静穏な日のデータを選択する必要がある. そこで, まず 1 日分のデータを重合して求められた ACF と 1 年分を重合した ACF について, 2.56 秒幅の時間窓を 1.28 秒から 10 秒まで設定して相互相関を計算し, それぞれの時間窓でラグタイムを求めた. 観測点の周囲で一様に速度変化が生じると考え, ラグタイムと経過時間の関係から 1 日ごとの地震波速度変化率を求めた. そして, 求められた速度変化率が $\pm 0.1\%$ 以内の日のみを以下の解析に使用した. なお, ACF 同士の相互相関の計算では, 周波数領域で 800Hz にアップサンプリングすることで時間分解能を改善した.

上記によって求められた静穏日に対して, GOTIC2 (Matsumoto et al., 2001) を用いて各観測点における理論潮汐体積歪みを計算した. 求められた体積歪が 5.0×10^{-9} 以上と -5.0×10^{-9} 以下のグループに分け, 前者の期間を膨張時, 後者の期間を収縮時として, それぞれの期間で ACF をすべて重合した. 膨張時の ACF を DACF, 収縮時を CACF とし, 両者の相関係数が 0.99 よりも高い観測点のみを抽出した. そして, 相互相関のラグタイムから, CACF に対する DACF の速度変化率を求めた.

3. 結果

CACF に対する DACF の速度変化率が安定して得られているものを選ぶため, 速度変化率の推定誤差が 0.01% 未満の結果のみをまとめた. その結果, 2-4Hz は 27 点の観測点で速度変化率は $-0.06\% \sim 0.06\%$ に求められた. ピークは -0.01% にある. 収縮時に速度が速くなっていれば負の符号となるので, 応力変化により地震波速度が変化している可能性がある. ただし, 平均値とその標準偏差を求めると $-0.006 \pm 0.005\%$ となり, 必ずしも顕著に有意な変化とはいえない. また, 1-2Hz の速度変化率は 45 点の観測点で測定され, $-0.14\% \sim 0.09\%$ に求められた. 平均値と標準偏差は $0.0 \pm 0.004\%$ となり, 応力変化による地震波速度の顕著な変化は認められない.

4. まとめ

本研究では, 先行研究と異なり, 潮汐に対応した明瞭な地震波速度変化が観測されたとはいえない. この原因として, 本研究では 1-4Hz, 先行研究は 30Hz 以上の周波数を解析している可能性がある. 今後はより高周波数帯域においても解析を行う予定である.

謝辞 本研究では, 防災科学技術研究所の Hi-net の連続波形記録を使用させていただきました.

キーワード: 地震波干渉法, 自己相関関数, 雑微動, 地球潮汐, 地震波速度変化

Keywords: seismic interferometry, autocorrelation function, ambient noise, earth tide, temporal seismic velocity change