

コーダ波の自己相関解析による浅部地下構造の時間変化の検出 Detecting temporal changes in shallow subsurface structures by auto correlation analysis of coda waves

中原 恒^{1*}

NAKAHARA, Hisashi^{1*}

¹ 東北大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Tohoku Univ.

はじめに

微動を用いた地震波干渉法は、地下構造を常時監視する手法として近年盛んに利用され、世界各地で地震や火山噴火に伴う地下構造の変化が検出されている（例えば、Sens-Schoenfelder and Wegler, 2006, Brenguier et al., 2008）。一方、実体波成分を多く含むコーダ波を用いた地震波干渉法は、地下からの反射波を捉えられる点で有利であり、地下構造の推定（イメージング）に用いられている（例えば、吉本・他, 2007）。自然地震の発生を待つ必要がある点是不利になるが、地震活動が高い地域ではこの手法も地下構造の監視（モニタリング）に有効に利用できるものと考えられる。地下浅部の地震波速度変化の検出には、鉛直ボアホール内の地表と地中の地震計の相互相関関数やデコンボリューションを用いた手法（たとえば Sawazaki et al., 2009）が提案されてきた。この手法は大変有効であるが、地表点のみの場合には適用できない。そこで、本研究では、東日本の太平洋沿岸域に発生した地震に対する地表点のコーダ波記録の自己相関関数を用いて、特に 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地震波速度変化の検出を試みる。なお、この地震に伴う浅部地盤構造の時間変化については、すでに Wu and Peng (2011) や Nakata and Snieder (2011) などにより報告されているため、本研究は手法の有用性の検証を目的とする。

データ解析

本研究では、東日本の太平洋側（青森から千葉まで）にある防災科学技術研究所の KiK-net 観測点のデータを使用し、2009 年 1 月から 2011 年 12 月の期間に東日本太平洋沖の深さ 20-60km で発生した M7.0 以下の地震を用いて、地表観測点における水平動 2 成分の記録を解析に使用する。特に 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の後には、余震や誘発地震活動が活発で、コーダを用いた地下構造の監視の時間サンプリングは通常より高い。それに比べると本震前は地震活動が低い。解析には 1-20Hz の帯域における S コーダ波を用い、直達 S 波走時の 1.5 倍の時刻から 10.24 秒間の時間窓を 1 秒ずつずらしながら 20 個とり、時間窓ごとに規格化された自己相関関数を計算し、最後にすべての時間窓の結果を重合した。各地震に対する結果を時間順にならべ、自己相関関数に変化が見られるかを観察する。特に浅部地盤構造の変化に着目するために、自己相関関数のラグタイムが 1 s 以下のフェイズに着目する。

結果

データ解析の結果、東北地方太平洋沖地震の発生前後で自己相関関数の位相が変化している観測点と変化していない観測点の双方が発見された。変化が見えた観測点の中で、特に岩手の三陸沿岸域や茨城の沿岸域では、地震の発生に伴い、自己相関関数の位相が明らかに遅れていることが分かった。フェイズの遅れを定量的に求めるために、自己相関関数のゼロラグのピークの次に大きい 2 次ピークの時刻に着目し、地震前の期間の平均値を基準にして、地震後の時刻の変化率を求めた。遅れが見られた観測点では、概ね 10% 程度の値となったが、中には最大 30% 程度の遅れとなる点も見られた。変化の検出精度は数%で、相似地震を用いた解析（例えば Poupinet et al. 1984）に比べるとかなり大きい。結果の解釈であるが、自己相関関数を用いているため、観測された変化は、震源、伝播経路、観測点直下のいずれによる可能性もあり、本研究のみでは分離できない。しかし、10% 程度もの大きな変化や空間変化も大きいことを考えると、観測点直下の可能性が高い。実際、先に挙げた既往の研究により、地震に伴い観測点直下の浅部で平均 5% 程度、最大 30% 程度の地震波速度低下が見られたことが報告されている。

まとめ

コーダ波記録の自己相関関数を用いて、東日本の太平洋沿岸の KiK-net 観測点直下の地震波速度が 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴って変化したことを確認することができた。現在のところ、1-20Hz という比較広い周波数帯域を取り扱っているが、観測点の卓越周波数を考慮した帯域選びにより、もっと多くの観測点でフェイズの出現時刻の時間変化を高精度に検出できる可能性がある。なお、この手法の適用には、地下からの反射フェイズが弱い場合には厳しい、結果のばらつきが数%と大きいなどの制限がある。またこの手法単独では、震源、伝播経路、観測点直下のどこに変化があるのかを特定できない。これらの短所にもかかわらず、この手法は地表点のみのデータで解析できるという大きな利点をもつため、K-NET など他の観測網のデータも有効に利用できるものと期待される。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS27-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 17:15-18:30

謝辞 本研究では(独)防災科学技術研究所のKiK-netのデータを使用しました。また、本研究の一部は、科学技術振興機構の国際緊急共同研究・調査支援プログラム(J-RAPID)による支援を受けました。

キーワード: 地震波干渉法, 自己相関関数, コーダ波

Keywords: seismic interferometry, auto correlation function, coda wave