

**大地震に伴う地震波速度の時間変化**  
- **KiK-net** を用いた 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う  
地震波速度と偏向異方性の時間変化の検出の試み -  
高木涼太・岡田知己（東北大・理・予知セ）

1. はじめに

近年、雑微動やコーダ波を用いた地震波干渉法を用いて、大地震や火山活動に伴う微小な地震波速度の時間変化が検出されるようになった。一方、地震波速度異方性は、鉱物結晶やクラックの選択配向が原因だと考えられており、地殻の応力などの状態を表す重要な性質であるが、地震波干渉法を用いて地震波速度異方性の時間変化について調べた例は多くない。本研究では、KiK-net 鉛直アレイデータに対して地震波干渉法を適用し、2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻表層付近における地震波速度と S 波速度偏向異方性の時間変化の推定を試みる。

2. データと手法

解析の概要は以下の通りである。KiK-net の地中地震計と地表地震計で記録された地震波コーダ波部分の相互相関関数を、様々な地震について平均化することで、ボアホール底と地表の間を伝播する地震波を抽出できる。その際、地中地震計と地表地震計の水平動二成分を回転させ相互相関関数を計算することで、任意の方向に振動方向をもつ S 波を抽出できる。それぞれの方向に回転させた場合の S 波走時から、S 波速度偏向異方性を推定する[Miyazawa et al., 2008]。

観測点は、本震後に内陸地震が発生した福島県東部・茨城県北部に存在する 9 点とした。用いたデータは、2000 年 1 月から 2011 年 6 月 30 日までの期間に KiK-net 観測点で収録され、そのうち  $S/N \geq 10$ 、震央距離  $\leq 300$  km、最大加速度  $\leq 100$  gal を満たす地震波形記録である。

具体的な解析手法を以下に示す。まず、オフセットの除去、地中地震計の設置方位の補正を行い[Shiomi et al., 2003]、通過帯域 4-16 Hz の 2 次バターワース型バンドパスフィルタを前後から通した。次に、地中記録と地表記録を水平動二成分  $5^\circ$  刻みで回転させて、相互相関関数を計算する。相互相関関数を計算する時間窓は、気象庁一次元速度モデルから計算される S 波走時の 2 倍となる時刻から 10.24 秒間のコーダ波部分である。さらに、解析期間をいくつかのセグメントに分割し、各セグメント中のすべての地震記録の相互相関関数を平均する。S 波走時は、平均相互相関関数をフーリエ級数展開し、10 kHz で再サンプリングした後、そのピーク時間を選んだ。

3. 結果

図 1 に、観測点 IBRH14 における 2003 年 1 年間の東西成分と南北成分の平均相互相関関数である。東西成分の相互相関関数のピーク時間は、南北成分よりも 3 ミリ秒小さく、東西方向に振動する S 波が南北成分よりも約 4 %速い結果となった。この傾向は、地震前の約 10 年間につ

いてはほぼ安定している。2011年東北地方太平洋沖地震後は、方位に依らずS波速度が約2%低下した。同様に、他の観測点においても平均速度は地震後に低下するものの、異方性については明瞭な変化は検出されなかった(図2)。このように異方性の変化を伴わず平均速度が低下した理由としては、強震動による表層地盤の損傷が考えられる。

#### 4. まとめ

KiK-net鉛直アレイで観測された地震波形データを用いて、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地震波速度と偏向異方性の時間変化の検出を試みた。異方性は解析期間において顕著な変化は見られなかったものの、地震前に比べて地震後にS波速度は方位に依らず数%低下していることがわかった。

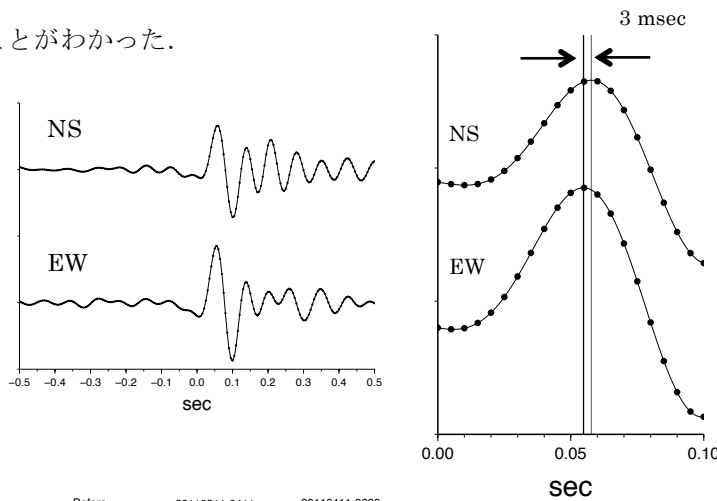


図1 IBRH14観測点における2003年のデータを平均した相互相関関数。右図は左図を拡大したものである。

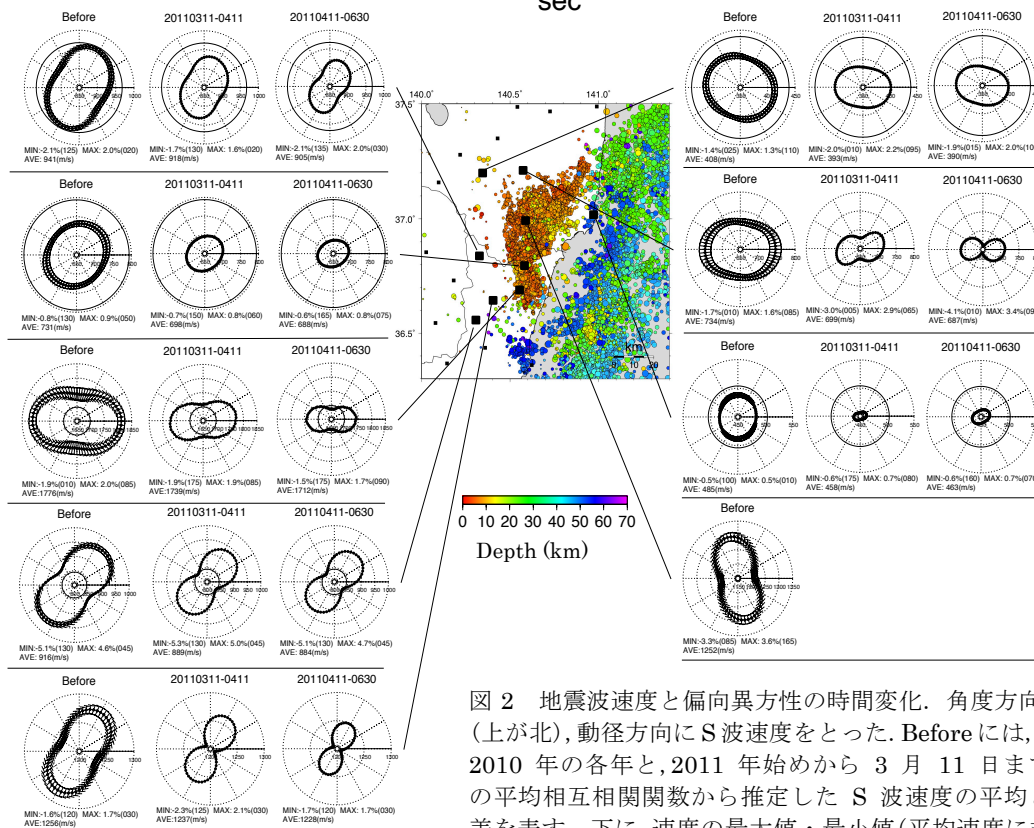


図2 地震波速度と偏向異方性の時間変化。角度方向は方位(上が北)、動径方向にS波速度をとった。Beforeには、2000～2010年の各年と、2011年始めから3月11日までの期間の平均相互相関関数から推定したS波速度の平均と標準偏差を表す。下に、速度の最大値・最小値(平均速度に対する偏差)とその方位、平均速度を示す。