

福島第一原子力発電所の稠密地震計アレイで捉えた平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の破壊伝播 Rupture propagation during the 2011 Tohoku Earthquake deduced from an array of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

青木 重樹^{1*}, 吉田 康宏¹, 干場 充之¹, 中原 恒², 勝間田 明男¹

AOKI, Shigeki^{1*}, YOSHIDA, Yasuhiro¹, HOSHIBA, Mitsuyuki¹, NAKAHARA, Hisashi², KATSUMATA, Akio¹

¹ 気象庁気象研究所, ² 東北大学大学院理学研究科

¹Meteorological Research Institute, ²Graduate School of Science, Tohoku Univ.

1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東北地震)は、450km × 200kmにも及ぶ震源域 [Yoshida et al., 2011, EPS] をもつ巨大地震であった。この地震の高周波励起源は、経験的グリーン関数法による推定 [Kurahashi and Irikura, 2011, EPS] や遠地記録 [Wang and Mori, 2011, EPS] や近地強震記録 [青木・他, 2011, JpGU] を用いた back-projection 解析などで調査されている。各手法の結果は細部で違いはあるものの、破壊開始から100秒程度までは震源域北側(宮城県沖など)の破壊開始点周辺から沿岸にかけての領域で高周波が励起され、その後140秒までは震源域南側(福島~茨城県沖)の沿岸が高周波励起源になるというイメージは共通している。

Nakahara et al. (2011, EPS) は牡鹿半島の短スパンの強震アレイを用いて東北地震のセンブランス解析 [Neidell and Turner, 1971, Geophysics] を行い、アレイに入射した地震動の到来方向の時間変化を推定した。1地点のアレイの到来方向のみからでは、励起源の位置や到来した相の仮定なしに、震源域での破壊に戻すことはできない。そこで、青木・他(2011)が推定した励起源からS波が放射した場合の牡鹿アレイへの入射方位の時間変化と Nakahara et al. (2011) の到来方向の変化を比較したところ、両者は調和的であった。これはアレイ解析で破壊の伝播を捉えることが可能であることを示す成果である。

本発表では、東京電力が福島第一原子力発電所に設置していた強震アレイを用いて、東北地震の破壊伝播の特徴を調査したので報告する。

2. データと手法

気象庁が決定した東北地震の震央は、発電所から見てN64°E方向に178km離れて位置している。観測点は、南北2km、東西1kmの範囲に3成分加速度計が20点(うち2点は津波によりデータ回収不能)、100~500m間隔で地表に設置されていた。分解能は24bitで、サンプリング周波数は100Hz、測定範囲は±2000Galである。東北地震の際にアレイで観測された最大加速度は1000Gal程度なので、全点において振り切れは発生していない。

センブランスの時刻歴は、加速度原記録に、アレイ形状を考慮して0.5-2Hzのバンドパスフィルターを施した上で、成分ごとに5.12秒の時間窓を0.5秒ずつ移動させながら計算した。以下では、波形間のコヒーレンスが比較的高い、北側の7点のみを利用した解析結果を示す。ただし、観測点全体を利用した解析でも、センブランス値の高い部分の到来方向は概ね一致していた。

3. 解析結果

各成分とも、P波の到達以降、最大センブランス値は跳ね上がった。特に上下動成分は顕著で、P波の初動付近で最大のセンブランス値の0.98を示し、S波の到達まで高い値を保持していた。また、その期間の到来方向はN60°E前後で、概ね震央の方向を指し示していた。S波到達以降は、水平動成分に、高いセンブランス値が消長を繰り返しながら現れるようになった。その到来方向は明瞭に時間変化を示しており、S波到達から60秒程度まではN60°Eから±30°の範囲であったが、それ以降、徐々に時計回りに回転して、S波到達から110秒程度でN180°E前後になった後、センブランス値は低下した。

以上の傾向は、先行研究で指摘されている宮城県沖から茨城県沖への高周波励起源の移動と整合的である。青木・他(2011)は、この地震は少なくとも5か所の高周波励起源を含むと指摘している。最初の3個は宮城県沖(#1:破壊開始後38秒,#2:57秒,#3:74秒)の破壊開始点周辺から沿岸に位置しており、残り2個は福島県沖(#4:105秒)と茨城県の沿岸域(#5:131秒)である。これらの高周波励起源からS波が放射された場合のアレイへの入射時刻は、センブランスの局所的なピークの時刻にほぼ一致し、その時の入射方向も±30°以内でピークの方に一致していた。なお、このアレイの多くの観測点ではS波の到達から80~90秒後に最大振幅を記録しているが、この波群はアレイから見てN140°E前後の方向から到来しており、福島県沖(#4)の高周波源が起源と考えられる。

本解析では、アレイ解析による破壊伝播の把握の有効性を示すことができた。今後は複数アレイを用いた励起源の推定手法やリアルタイム処理手法などを検討していきたい。

謝辞

本研究では、東京電力が福島第一原子力発電所の施設内に設置した地表稠密地震計のデータを利用した。記して感謝いたします。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

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

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS37-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 15:30-17:00

キーワード: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震, 破壊伝播, 高周波励起源, センブランス解析, リアルタイム処理
Keywords: The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Rupture propagation, High-frequency energy radiation sources, Semblance analysis, Near-real-time processing