

減衰構造を取り入れた揺れから揺れの即時予測の試み：2016年熊本地震

小木曾 仁・干場 充之（気象研）、志藤 あずさ・松本 聡（九大地震火山セ）

1. はじめに

我々は巨大地震や時間的に近接して発生する地震にも対応可能な地震動即時予測手法として、「揺れの数値予報」(Hoshiaba and Aoki, 2015)に基づいた手法開発を行っている。この手法の根本は、(a) 波動伝播シミュレーションの繰り返し実行と、(b) データ同化を用いたシミュレーションの初期値となる波動場の実況把握、の2点である。本研究では、(a)の波動伝播シミュレーションの精度向上を目指して、観測データから九州・中国・四国地方の不均質構造を推定し、得られた構造を「揺れの数値予報」に取り込んで2016年熊本地震(Mj7.3)の即時予測実験を行い、不均質構造を取り込むことの有効性を検討した。

2. 不均質構造の推定

本研究で採用した「揺れの数値予報」アプローチでは、波動場シミュレーションにHoshiaba and Aoki (2015)と同様の輻射伝達理論に基づいたモンテカルロシミュレーションを採用した。このシミュレーション手法では、波動場エネルギーを多数の粒子で離散化し、波動場の時間発展を粒子の流れとして表現する。この手法は計算負荷が比較的低いことや、不均質構造の導入が比較的容易という利点がある。

本研究では、速度は一様構造として、減衰構造と散乱構造の不均質を取り込むこととした。内部減衰と散乱減衰の推定には、地震波エネルギーの時空間分布を利用する Multiple Lapse Time Window Analysis (MLTWA: Fehler et al., 1992; Hoshiaba, 1993)を用いた。この手法では、S波の到達時刻から3つのタイムウィンドウを取り、各ウィンドウのエネルギーの空間変化の様子から、内部減衰(Q_i)と散乱係数(g_0)を推定する。

本研究の解析は主に Carcolé and Sato (2010)にしたがって行ったが、九州地方は火山や活断層が多く、不均質の程度が強いと想定されるため、Hi-net 観測点に加え、大学や気象庁の観測点も利用し、不均質構造の解像度を上げる工夫を行った。解析は観測点ごとに行い、得られた Q_i と g_0 の値を空間補間してプロットしたところ、中国・四国地方より九州地方のほうが不均質の程度が強く、特に活断層や火山周辺での高減衰・強散乱といった特徴が確認できた。

3. 不均質構造を取り入れた地震動即時予測シミュレーション

前節で得られた不均質構造を地震波シミュレーションに取り入れ、2016年4月16日に発生した熊本地震を対象として地震動即時予測の計算を行った。計算にはK-NET及びKiK-net 地表点で得られた波形を使用し、各観測点のサイト特性はOgiso et al. (2016)で推定された時系列フィルタを使用してK-NETつくば(IBR011)相当に補正した。以降、サイト特性を補正した波形に基づいて議論する。

波動伝播のスナップショットを見る限りでは不均質構造を取り入れた効果はあまり明瞭ではないが、これは熊本地震の震源域が不均質地域にあること、また、九州地方が狭く、不

均質の影響を受けた後の波動場が海上に出てしまい、観測値との比較ができないといったことによる。観測点ごとの予測最大震度と観測最大震度を比較したところ、不均質構造を考慮することによって震度予測残差のRMSが約10%程度(10秒後予測の場合)改善し、また、より遠い将来の予測になるほどRMSの改善の割合が高くなることが分かった。ただし、熊本地震直後に発生した大分県中部の地震の影響は考慮していない。なお、誘発地震等が確認されていない2005年3月20日の福岡県西方沖の地震についても不均質構造を取り入れた計算を行ったところ、熊本地震と同程度の予測残差のRMSの改善がみられた。

4. まとめと今後の課題

MLTWAを使用して九州・中国・四国地方の不均質構造を推定し、得られた構造を「揺れの数値予報」アプローチに取り込んで、2016年熊本地震の地震動即時予測シミュレーションを行った。減衰・散乱の不均質構造を取り込むことにより、震度予測残差が改善し、また、より遠い未来の予測になるほど改善の度合いが高くなることが分かった。今回取り込んだ不均質構造はその解析過程において仮定を満たしていない操作を行っているため、構造不均質の推定手法をより洗練していく必要がある。また、速度不均質によるエネルギーのfocusingの影響や、特に西南日本の場合はLg波のような実体波とは減衰特性の異なる波動をシミュレーションに取り込んでいく必要がある。

謝辞

本研究にあたり、防災科研 K-NET/KiK-net の波形を使用しました。また、東京大学地震研究所共同利用プログラムの補助を受けました。記して感謝します。

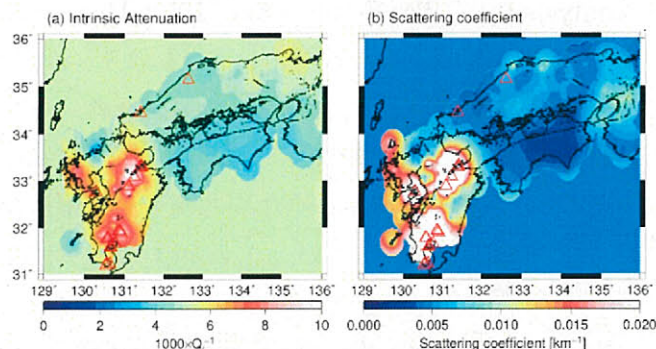


図1 本研究で推定した(a)減衰構造と(b)散乱構造

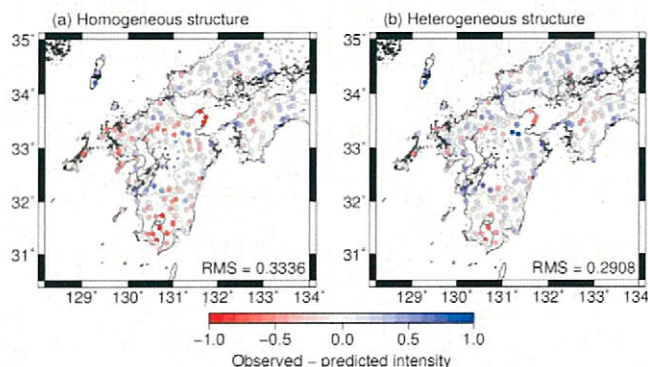


図2 熊本地震における各観測点の震度予測残差。(a)は均質構造、(b)は不均質構造の場合。RMSは震源距離が50~300kmの観測点を用いて計算。