

## 1999年台湾集集地震に伴う地震波伝播の変化: II. 繰り返し地震のFDMシミュレーション

### Seismic wave propagation damage caused by the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake: II. FDM simulation of the repeating earth

古村 孝志<sup>1\*</sup>, Kate Huihsuan Chen<sup>2</sup>

Takashi Furumura<sup>1\*</sup>, Kate Huihsuan Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 台湾師範大学地球科学科

<sup>1</sup>ERI, University of Tokyo, <sup>2</sup>National Taiwan Normal University

#### 1. 台湾集集地震に伴う、繰り返し地震の波形変化

台湾東部の深さ 10~20 km では、1991 年~2007 年にかけて M3.8~4.6 の規模の小繰り返し地震(相似地震)が発生しているが、その地震波形が 1999 年の台湾集集地震(M7.6)の発生後に突然大きく変動して、相互相関係数が地震前の 0.99 以上から 0.88 程度にまで低下した(陳・他、2011 本大会発表)。波形変化が見られる観測点は、集集地震の震源域の周囲 50 km\*80 km の範囲に限定されることから、大地震の強震動による表層地盤構造の変化または地形の変動、あるいは地震断層面上の物理的変化が原因と考えられる。繰り返し地震の相互相関係数の低下は、S 波コーダ波後半で大きく、また高周波数地震動ほど大きい。震源域直上の観測点(SSLB)の S 波コーダ部を詳しく比べると、集集地震後に 50 ミリ秒程度の遅れが認められる。この時間差は、震源から観測点までの伝播経路(およそ距離 90 km)に添った平均 1% の S 波速度低下に相当する。

#### 2. 繰り返し地震の FDM シミュレーション

集集地震後の波形変化の原因を探るために、台湾の不均質地下構造モデルを用いて地震波伝播の差分法(FDM)シミュレーションを行ない、観測された波形変化の特色の再現を試みた。繰り返し地震の震源から集集地震の震源域を横切り、そして観測点にいたる北緯 24 度付近の東西断面 200 km\*100 km を走時トモグラフィや反射法探査に基づく台湾標準モデルを用いて格子間隔 50 m で作成した。シミュレーションモデル上部には不規則な表層地形を置き、また地殻・マントルの物性値にはランダム揺らぎを与え、16 次精度のスタガード格子 2 次元 FDM 計算により、周波数 8 Hz までの高周波数地震動を計算した。

地下構造変化の前後の 2 つのシミュレーション結果を比較し、観測と同様の処理で地震波形の相互相関係数の時間・空間変動と周波数特性を求めた、また 2 つのシミュレーション結果の差から「波動場スナップショット差分」を求めて波動場の変化を可視化した。

評価に先立って、まず、繰り返し地震の発生場所と断層メカニズムのわずかな変化が地震波形変化に与えた可能性を検討した。震源の深さと断層傾斜角をそれぞれ 1% 程度変動させ、地震波形の相互相関係数の変化を求めたところ、震源距離のよらず全観測点にわたって相関係数が著しく低下(0.8 以下)することが確認できた。これより、震源特性の変化による波形変化は、伝播経路の変化によるものと明確に区別できることが確認された。また、通常の繰り返し地震の高い相互相関係数(>0.99)は、震源特性の極めて良い一致を意味していることも再確認できた。

#### 3. 断層深部の物性変化による波形の変化?

次に、震源域の直上の 20 km の範囲に厚さ 0.4 km の低速度層(-10%)を置いたモデルを用いて地震波伝播を計算した。その結果、低速度層の範囲を超えて東西 100 km の広い範囲に波形変化の影響が現れた。波形変化は、S 波到着時から 2 倍以上経過した S 波コーダ後半部で大きく、その開始時刻は震源距離によらずほぼ一定であった。「波動場スナップショット差分」を見ると、表層の低速度層から放射される強い散乱波が S 波コーダの乱れを起こしていることが分かった。しかし、観測では S 波到達時の直後から波形の乱れが起きており、本計算結果とは一致しない。また、本計算において影響が現れた範囲もやや広い。

同じ規模の低速度層を、大きな断層滑りが起きた集集地震の断層面のやや深部(10-20 km)に置いたモデルを用いて計算を行った。このモデルでは、地下深部で傾斜した低速度層面に添って S-P 変換波や S-S 反射波が強く発生し、断層面の西側地表に向けて S 波の後続相を強く放射させるほか、さらに低速度層が強い散乱場を作り波形を乱す過程が確認できた。その結果、震源域直上と西側の観測点では S 波の到着直後から波形が変化し、その特徴は観測を良く説明する。

Keywords: repeating earthquake, Taiwan Chi-Chi earthquake, FDM simulation