

## 断層で励起された地震波数値シミュレーションによる 断層破碎帯深部構造の推定

○儘田 豊・桑原 保人・西上 欽也・伊藤 久男

### 1. はじめに

断層トラップ波のモデリングは数十～数百メートルオーダーの空間分解能をもった、断層破碎帯のイメージングを可能にしつつある。これらのモデリングでは断層トラップ波は主に震源が断層破碎帯内部にある場合に効率的に励起されるという性質を利用していいる。一方、最近断層破碎帯に不連続があれば震源が断層破碎帯の外部にある場合でも、十分なトラップ波が励起されることが数値シミュレーションにより示された。これらに基づいた研究では地下における断層破碎帯が断層の走行方向に不連続性を持つ可能性を指摘したものや、断層破碎帯が地下 2～3 km 程度で不連続性を持つ可能性を指摘しているものがある。しかし、断層破碎帯の不連続性を示すモデリングは必ずしも十分であるとはいはず、断層破碎帯の不連続性の検出を可能にする手法が必要である。そこで本研究では不連続性があるかどうかの判定を可能にする方法の 1 つを提案し、この手法を実際の断層に適用することにより深部方向の断層の不連続性について検討する。

### 2. データ

研究対象のテストフィールドとして跡津川断層系の主要な断層の 1 つである茂住一祐延断層を選んだ。ここでは、断層破碎帯にほぼ直交する地下約 300 m にあるトンネル中に約 15 m 間隔で 32 観測点から成るアレイが設置されている。アレイで観測された波形は地表付近のノイズの影響が十分小さく、断層トラップ波と考えられる明瞭なフェーズが記録されている。データはアレイでの観測が始まった 1997 年から観測が終了する 2001 年までに記録された、断層の走行に沿った幅約 1.5 km の帶状で囲まれた領域で発生した自然地震の記録である。

### 3. アレイで観測された波形の特徴

断層の走向に垂直な方向の距離が異なる地震の記録には、断層トラップ波と考えられる明瞭な

波群が観測される。その幅は 1.5 km 程度におよび、断層が地下 10 km 程度までの地震発生域まで連続していると仮定すると、その幅は 1 km 程度はあることになりこれまでの研究結果とは非調和的である。また、さまざまな震源距離で発生した地震について、S 波とトラップ波の走時の差を震源距離の関数としてプロットすると、走時の差は震源距離に比例せず、ほぼ一定値になる。これはトラップ波を励起する断層破碎帯が連続していない可能性を示唆する。さらに、S 波初動に注目すると、もっとも遅い走時を持つ観測点は断層破碎帯内部にあるというパターンを示す地震がほとんどである。この走時パターンで断層破碎帯の深部不連続性の有無を判定できるかどうかを破碎帯を伝播する地震波動の数値シミュレーションによって調べた。

### 4. 数値計算による破碎帯不連続性の判別

破碎帯を幅 300m の地震波低速度層として、深さ方向に連続している場合と途切れがある場合を考え、それぞれのケースについて、断層の走向に垂直な方向の距離が異なる位置、および深さが異なる位置に震源がある場合の S 波初動走時パターンについて検討した。その結果、大部分の観測波形に見られたパターンを示すのは、(1) 震源が破碎帯内部にある場合 (2) 破碎帯が途切れてい、震源が破碎帯外部にあり、さらに破碎帯の途切れている深さより震源が深い位置にある場合であった。このパターンを示すモデルパラメータについての適用限界についてさらに検討する必要はあるものの、この方法は破碎帯の深さ方向の不連続性の検出に有効な方法であると考えられる。また、これらの結果とアレイで観測された波形の特徴を考慮すると、茂住一祐延断層は深さ方向に不連続性を持っている可能性がある。これはトラップ波のモデリングによる破碎帯構造を決定する際の初期モデルの作成の際に注意が必要であることを示唆しており、この結果をモデリングに応用することが今後の課題である。