

速度に空間的相関を導入したトモグラフィ法による東北奥羽脊梁山地中部，北上・千屋断層系付近の3次元P波・S波速度構造

3-D velocity structure in the Backbone Range of Tohoku bounded by active faults by a seismic tomography with spatial correlation

松原 誠[1], 平田 直[2], 酒井 慎一[3], 萩原 弘子[2]

Makoto MATSUBARA[1], Naoshi Hirata[2], Shin'ichi Sakai[3], Hiroko Hagiwara[4]

[1] 防災科研, [2] 東大・地震研, [3] 東大地震研

[1] NIED, [2] ERI, Univ. Tokyo, [3] Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, [4] ERI, Tokyo Univ

1. はじめに

東北脊梁山地は、東西圧縮場の典型的な島弧に位置し、脊梁山地を挟む形で活断層が存在し、活断層に関連する内陸大地震も発生している。東北脊梁山地の下、特に千屋・北上低地帯西縁断層の二つの活断層に挟まれた領域の3次元P波・S波速度構造を明らかにし、速度不均質構造と活断層の深部構造・微小地震活動との関係を解明することを目的とした。

2. 観測・データ

詳細な構造を知るためには観測点を密に配置した観測を行う必要があった。そこで、1997-1999年に東北脊梁山地では、広域テレメーター観測・オフライン稠密微小地震観測・屈折法地震探査・反射法地震探査が行われた。これらの観測で得られた自然地震の地震波の到達時刻のデータと、屈折法地震探査で得られた人工地震からの走時データをインバージョンに使用した。

3. 解析手法

ある距離範囲内のグリッドの速度に相関を導入したトモグラフィ法(松原・他, 地震学会2001年秋季大会)を用いた。この手法は、グリッドを細かく配置してモデルの自由度を増し、同時に相関距離内のグリッドの間の速度に相関を導入してインバージョン解析を安定化させ、データを最大限生かせるトモグラフィ法である。

4. 東北脊梁山地の速度構造解析

広域テレメーター観測と微小地震観測により得られた706個の自然地震と50個の発破からの33,993個のP波, 18,483個のS波の走時データを用い、インバージョンを行った。水平方向のグリッド間隔は上部地殻2.5-5 km, 下部地殻10 kmである。鉛直方向は上部地殻2.5-5 km, 下部地殻7 kmである。水平方向の相関距離は、上部地殻2.5-7.5 km, 下部地殻5 kmである。鉛直方向は上部地殻1.25-5 km, 下部地殻3.5 kmである。

5. 結果

チェッカーボード解像度テストの結果、上部地殻では20-60 kmの波長の不均質構造まで信頼できることが分かった。非線形インバージョンを線形化して繰り返し法で解いた。19回の繰り返しの結果、残差は自然地震のP波は0.343秒から0.186秒, S波は0.441秒から0.280秒, 人工地震のP波走時は0.503秒から0.158秒へと30-70%程度減少した。

大局的に見ると表層では低地帯・盆地・平野・火山の付近で低速度である。上部地殻では、脊梁山地から西にかけての領域では低速度であり北上山地の下では高速度になっている。下部地殻では、北上低地帯の下では高速度であるが脊梁山地では低速度になっている。断層に挟まれた領域に着目すると、表層では千屋・川舟断層のトレス付近ではP波速度が10%程度遅くなっている。脊梁山地の下では、東西の幅7-15 km, 南北18 km程度の領域のP波速度が6-8%遅くなっていることが分かった。また、活断層に挟まれた脊梁山地の下の構造は東傾斜の構造が卓越している。

6. 議論

本研究で求められた微小地震は、千屋断層の断層帯の近傍下部付近と北上低地帯西縁断層の断層帯の下に分布している。これらの地震の発震機構は、千屋断層の断層帯付近の微小地震については逆断層型であり、震源の位置も断層帯の近くにある。一方、北上低地帯西縁断層の下の微小地震はdown-dip compression型である。

北上低地帯西縁断層の深部延長の低速度領域は、MT法から求められた低比抵抗の領域(Ogawa et al., 2001)と調和的である。この地域にはデイサイトや流紋岩質マグマのカルデラが多く存在する。性質の類似する花崗岩の速度を用いてこの領域の成因を議論する。カルデラ形成の活動は2 Maに終わり、Curie点深度(Okubo et al., 1989)分布からこの領域は450程度まで冷えていると考えられる。熱のみにより周囲に比べ6-8%程度低速度にな

るためには、600 以上必要である。一方、この領域の V_p/V_s 比は 1.65-1.70 であり、花崗岩(1.70)とほぼ同じか小さく、岩石のメルトの存在する可能性は低い。この領域の低速度は水に起因すると考えられる。Takei (2002)によりまとめられた $d\ln V_s/d\ln V_p$ に対するポアの形状・流体物性の相対的寄与、およびポアの形状を与えたもとの $-d\ln V_s/d$ (d は流体の占める体積の割合)の値を用いて、本研究で求められた P 波(5.75-6.10 km/s)・S 波速度(3.45-3.64 km/s)の低速度の割合を考慮すると、0.3-5%程度の流体(水)がこの領域に存在することが示唆される。

7. 結論・まとめ

活断層に挟まれた東北脊梁山地の詳細な速度構造を求めるために、東北脊梁山地において多くの観測を行った。観測された地震からの P 波・S 波の到達時刻データを用い、これまでより詳細な構造モデルを得ることができた。波長 20 km 程度の構造では、上部地殻は東傾斜の構造が卓越している。この構造は北上低地帯西縁断層とは斜交している。脊梁山地の下には低速度領域が存在し、低比抵抗の領域と調和的である。 V_p/V_s 比を考慮するとこの領域には 0.3-5%程度の水が存在することが考えられる。