

糸魚川静岡構造線断層帯の比抵抗構造-諏訪湖周辺

小川康雄 (東京工業大学火山流体研究センター)
・糸魚川静岡構造線断層帯 MT 観測グループ

Resistivity Structure of Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System at Lake Suwa

Yasuo Ogawa* and MT Group for Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line Active Fault System
(* Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology)

We have carried out magnetotelluric profiling across Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL) active fault system at Suwa Lake, which is the segment boundary of the whole fault system. The 15km-long MT/AMT profile, with 20 MT and 15 AMT stations, runs along the southern shore of the Suwa lake, across the Suwa basin. We imaged the resistivity structure down to 5km. To the west of the Suwa basin, surface conductive layer thickens eastward until the structure is cut vertically by the Gofukuji segment of ISTL. In the basin, a sub-vertical conductor with 2km width was imaged. The eastern edge of the conductor presumably coincides with the vertical feature of the Chino segment. This conductor may imply the sediments filling the pull-apart basin, which was created by the strike-slip movement at the two faults.

1. はじめに

糸魚川静岡構造線は、その西側の先第三紀の基盤岩とその東側の地溝帯 (フォッサマグナ) との地質構造境界であり、北米プレートとユーラシアプレートの境界であると考えられている。この構造線に沿って活断層が存在しており、糸魚川静岡構造線断層帯と呼ばれている。この断層帯はいくつかのセグメントから構成されているが、そのうちで、松本盆地南東部にある牛伏断層セグメントでは、変動地形学およびトレンチ調査によって、平均変位速度が大きく、再来周期も短いことがわかり、注目されている(奥村ほか、1994)。牛伏寺断層を含む区間では、今後数百年以内に、M 8 程度の地震が発生する可能性が高いと報告されている(地震調査推進本部地震調査委員会、1996)。断層の深部での幾何学的形状や物性分布の不均質を明らかにすることは、地震被害予測を行う際に重要な基礎データを提供することになる。これまで筆者らは、糸魚川静岡構造線断層帯の不均質構造を比抵抗構造から明らかにしてきた。松本以北の松本盆地東縁断層については、Ogawa et al(2002)やOgawa and Honkura(2004)によって、広域にわたる深度 30km 程度までの比抵抗構造が解析され、地殻中深部の低比抵抗異常の分布と、高い地震活動域・面積歪の縮小域とに対応があることがわかってきた。本研究では、諏訪湖周辺の南・北セグメント境界について比抵抗構造を解明することを目的とした。

2. 観測

第 1 図に示すように、諏訪湖南方に WSW-ENE 方向の測線を設定した。諏訪盆地の西縁には、糸魚川静岡構造線断層帯北部セグメント (牛伏セグメント) の南端部が存在し、諏訪盆地の東縁には、糸魚川静岡構造線断層帯南部セグメント (茅野セグメント) の北端部が存在している。諏訪盆地は 2 つのセグメントの横ずれ運動による pull-apart basin であると考えられるが、その基盤構造はまだ不明である。

観測点の配置に当たっては、平成 19 年度に計画されている反射法地震探査と同一測線とするように努めた。まず断層を横切る測線長 15km、測点数 20 点の広帯域 MT 観測を実施した。MT に関しては、各観測点で 10 日間の観測を行った。また人工的なノイズを軽減させるために、レファレンス観測点データとして、国土地理

院江刺観測場のデータを使用した。さらに断層近傍および諏訪盆地内では、可聴周波数 AMT (10kHz から 0.3Hz) 観測を 12 点で実施し、より詳細な浅部不均質構造の解明を目指した。AMT については、各観測点で日中 1-2 時間の測定を行い、レファレンス観測点を MT 観測点 130 (南西端から 4 点目の観測点) に設置した。

3. データ解析

解析ではまず、2次元走向について検討した。第2図に示すように、テンソル分解によると、100Hz 以上の高周波数では走向が北西-南東に揃う傾向が強いが、さらに低周波数になるにつれてあまり顕著ではなくなり、むしろ最も低い周波数帯では南北走向となる傾向がある。浅部では、断層の走向に調和的な北西—南東方向が電磁気的にも走向であると考えられるが、深部に行くにつれてそれが南北方向になることを示唆している。ここでは、これ以降、北西—南東方向を走向に選び、2次元解析を行うこととした。

データの質を考慮して、780Hz から 0.01Hz までの周波数範囲のデータを用いた。ただし、茅野セグメント近傍では人工ノイズが強く、低周波数のデータは欠測になっている。まずモデル解析の前処理として、走向を固定した上でテンソル分解によって distortion を除いた。ついで、TE モード (電場が走向方向) および TM モード (電場が走向と直交方向) の見掛け比抵抗および位相をデータとして、2次元インバージョンを行った。用いたプログラム・コードは Ogawa & Uchida(1996)によるものである。見掛け比抵抗のエラーフロアを 10% とし、繰り返し計算によって RMS が 2.75 で収束した。計算値と観測値の適合については、第3図に擬似断面で示す

第4図 (上) に得られたモデルを示す。諏訪盆地より西側の山地では低比抵抗層が東に向けて厚くなるが、その構造は牛伏寺セグメント (糸魚川静岡構造線断層帯北部セグメント) で断ち切られている。盆地内では低比抵抗が鉛直状に分布し、pull-apart basin であることを裏付けているように思われる。諏訪盆地では、遠地地震に対して、周囲の地位に比べて震度が大きくなることが知られている。この深い鉛直状の低比抵抗層が、堆積物であると考えられるが、これが諏訪盆地の異常震度の原因である可能性がある。さらに、この鉛直状の構造は茅野セグメント (糸魚川静岡構造線断層帯南部セグメント) で断ち切られている。茅野セグメントは深部でやや西に傾斜する可能性があるようにも見える。

また第4図 (下) には、得られたモデルの標準偏差を示してある。電磁気探査では低比抵抗構造に感度が高くなる傾向も見られるが、おおむね深度 2km までは 1/3 桁以内で構造が決まっている。よって盆地の両翼部における横方向の比抵抗の不連続は確かであると思われる。また、より深部については、モデルの比抵抗が上がることも反映してやや感度が下がる。しかしながら、盆地内の鉛直状の低比抵抗については、その深部においても周囲より感度が高く検出されていることがわかる。

3. まとめ

これまで構造が良くわかっていない糸静線のセグメント境界付近である諏訪湖付近において、32 点の観測点からなる広帯域および可聴周波数領域の MT 観測を実施し、断層周辺の深度 5km 程度までの不均質構造を解明した。諏訪盆地より西側の山地では低比抵抗層が東に向けて厚くなるが、その構造は北部セグメントの断層 (牛伏寺セグメント) で断ち切られている。盆地内では低比抵抗が鉛直状に分布し、pull-apart basin であることを裏付けているように思われる。この深い鉛直状の深い低比抵抗層が諏訪盆地の異常震度の原因である可能性がある。さらに、この構造は東側の南部セグメントの断層 (茅野セグメント) で断ち切られている。茅野セグメントは深部でやや西に傾斜する可能性があるようにも見える。

今後、深度 15km 程度までを対象として、断層帯深部の不均質構造を解明することが重要な課題である。また、深度 5km までの構造に関しても、今年度の測線と平行する複数測線を設定することによって、セグメント境界である諏訪湖周辺の 3 次元的な不均質構造を解明する必要がある。

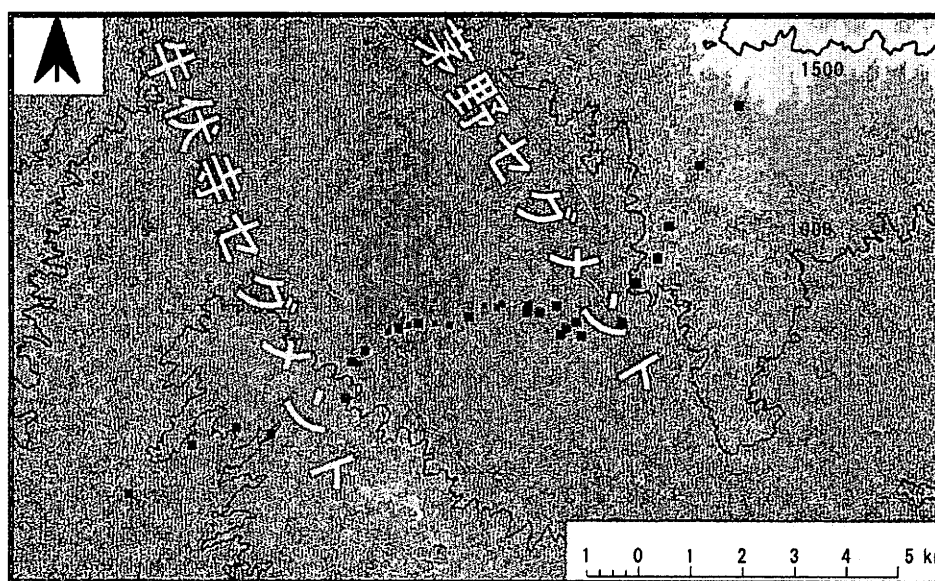
引用文献

奥村晃史・下川浩一・山崎晴雄・佃栄吉, 糸魚川-静岡構造線活断層系の最近の断層活動--牛伏寺断層・松本市並柳地区トレンチ発掘調査, 地震第2輯, 46, 4, 425-438, 1994.

Ogawa, Y. and T. Uchida, A two-dimensional magnetotelluric inversion assuming Gaussian static shift, Geophys. J. Int., 126, 69-76, 1996.

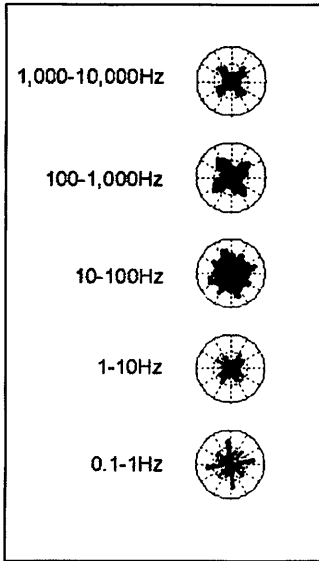
Ogawa, Y., S. Takakura, and Y. Honkura, Resistivity structure across Itoigawa-Shizuoka tectonic line and its implications for concentrated deformation, Earth Planets Space, 54, 1115-1120, 2002.

Ogawa Y. and Y. Honkura, Mid-crustal electrical conductors and their correlations to seismicity and deformation at Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Central Japan, Earth Planets Space, 56, 1285-1291, 2004



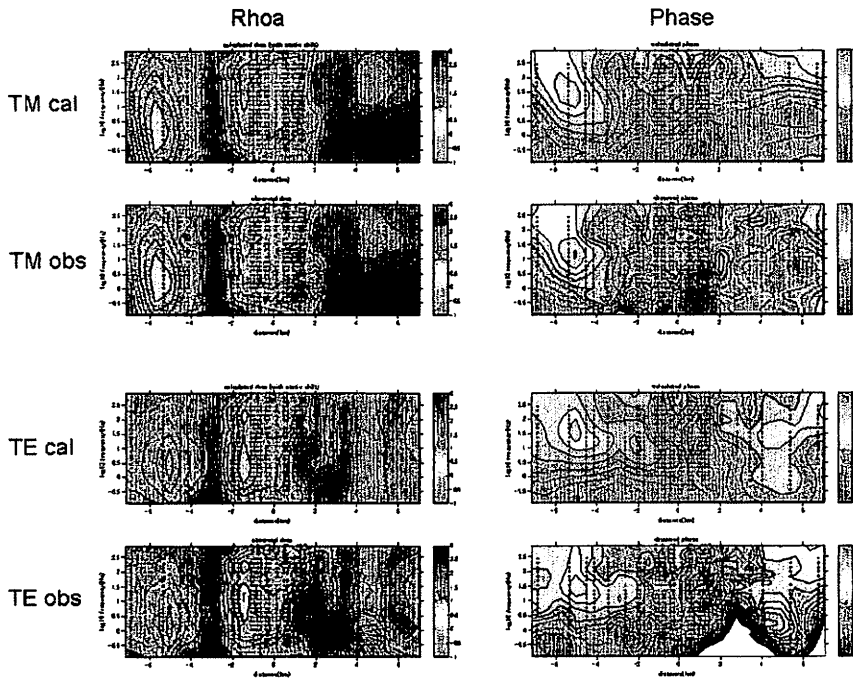
第1図. 広帯域MT観測点(青点)と可聴周波数領域AMT観測点(小さな黒点)

Fig. 1. Distribution of wide-band magnetotelluric sites (blue dots) and audio-magnetotelluric sites (black dots). Red lines denote Gofukuji and Chino segments of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line fault system.



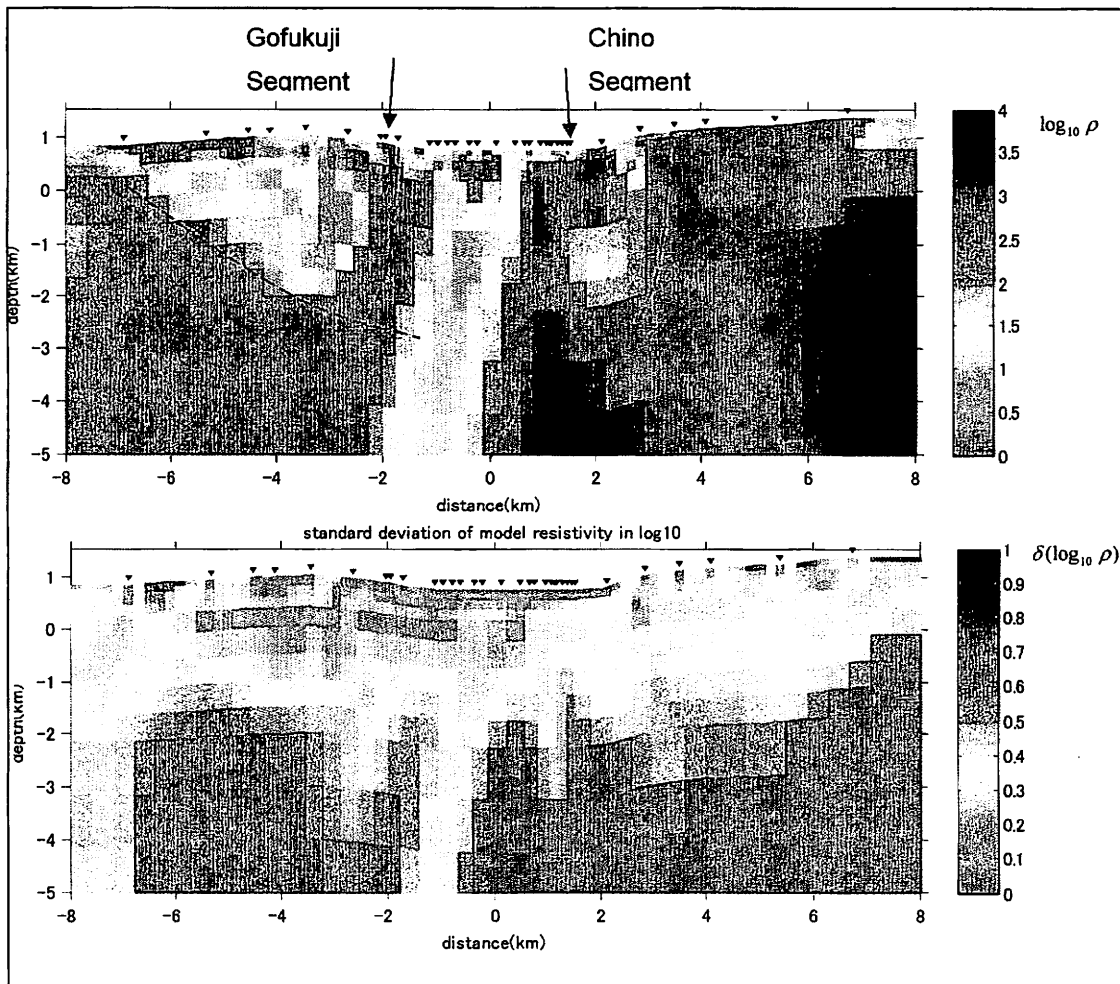
第2図. 各周波数範囲について推定された2次元走向のヒストグラム。上が北を示す。なお走向の推定には90度の不定性が在る。

Histogram of the estimated strike directions from Groom-Bailey decomposition. The diagram shows 90 degree ambiguity of each estimate.



第3図 計算値と観測値の擬似断面による比較。それぞれ縦軸が周期、横軸が距離となっている。左のカラムが見掛比抵抗、右のカラムがそれに対応する位相で、上から TM モード計算値、TM モード観測値、TE モード計算値、TE モード観測値となっている。見掛比抵抗については暖色系が低比抵抗、寒色系が高比抵抗を表し、位相については暖色系が高位相、寒色系が低位相を表す。

Fig.3. Comparison of pseudo-sections between observed and calculated apparent resistivity and phase for TE and TM modes.



第4図 (上) 2次元インバージョン解析によって得られた比抵抗モデル。カラースケールは比抵抗の常用対数値 (単位 ohmm) (下) 得られた比抵抗モデルのそれぞれのピクセルの対数比抵抗値の標準偏差。

Fig. 4. The upper panel shows the resistivity model obtained by a two-dimensional inversion. Note the resistivity scale is in log10 resistivity (ohm m). The lower panel shows the standard deviation of the estimated resistivity pixel in log10 scale.