

### 3. 2 断層周辺の不均質構造を解明するための電磁気探査

#### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 断層周辺の不均質構造を解明するための電磁気探査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京工業大学火山流体研究センター	教授	小川 康雄
東京工業大学理学工学研究科	教授	本蔵 義守
東京大学地震研究所	助教授	上嶋 誠
京都大学防災研究所	教授	大志万 直人

(c) 業務の目的

糸魚川－静岡構造線断層帯について、これまで構造が明らかになっていない、南部セグメントの南端である甲府盆地西縁および、南部・北部セグメント境界付近である諏訪湖周辺を対象として、断層周辺の不均質構造を電磁気学的手法によって解明する。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 17 年度：

甲府盆地西縁部において、断層周辺の深度 5 km 程度までの構造を解明した。

2) 平成 18 年度：

諏訪湖南方のセグメント境界付近で、断層周辺の深度 5 km 程度までの構造を解明した。

3) 平成 19 年度：

諏訪湖南岸のセグメント境界付近で測線長 40km 程度の広帯域 MT 観測を行い深度 15km 程度までの不均質構造を解明する。次いでこの測線に平行する測線を設定し、可聴周波数領域 AMT 観測によって、深度 5 km 程度までのセグメント境界の 3 次元的不均質構造を明らかにする。

4) 平成 20 年度：

19 年度までに得られたデータについて詳細な解析を行う。

5) 平成 21 年度：

調査観測のまとめを行う。

(e) 平成 18 年度業務目的

これまで構造が良くわかっていない糸魚川－静岡構造線のセグメント境界付近である諏訪湖付近において、広帯域および可聴周波数領域の MT 観測測線を設定し、断層周辺の深度 5 km 程度までの不均質構造を解明することを目的とした。

## (2) 平成 18 年度の成果

### (a) 業務の要約

糸魚川－静岡構造線の南部・北部セグメント境界と考えられている諏訪湖周辺を対象として、断層周辺の深度 5 km までの不均質構造を電磁気学的手法によって解明した。諏訪湖南岸を通り断層に直交する方向に測線を設定し、広帯域 MT 観測点 20 点、可聴周波数帯域 AMT 観測点 12 点で自然電磁場観測をおこなった。2 次元解析の結果、以下のように、断層に関連した不均質構造が捉えられた。まず諏訪盆地より西側の山地では低比抵抗層が東に向けて徐々に厚くなるが、その構造は断層（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ており、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、この構造は東側の断層（茅野セグメント）で断ち切られている。

### (b) 業務の実施方法

図 1 に示すように、諏訪湖南方に WSW-ENE 方向の広帯域 MT (300Hz から 1/2000Hz) 測線を設定し、断層周辺の深度 5 km 程度までの構造を解明した。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 日間の観測をおこない、磁気嵐による信号強度の高まる可能性を求めた。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。

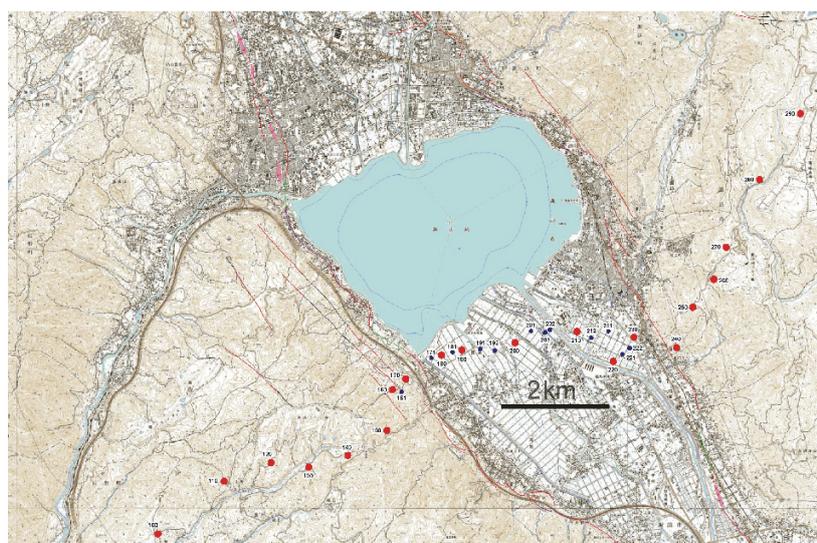


図 1 広帯域 MT 観測点 (赤丸) と可聴周波数領域 AMT 観測点 (青丸)

(c) 業務の成果

解析ではまず、2次元走向について検討した。図2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、図3に擬似断面で示す。

図4（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。この深い鉛直状の低比抵抗層は、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。

また図4（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。

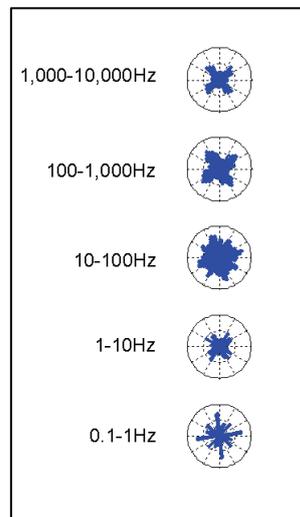


図2 各周波数範囲について推定された2次元走向のヒストグラム。上が北を示す。なお走向の推定には90度の不定性が在る。

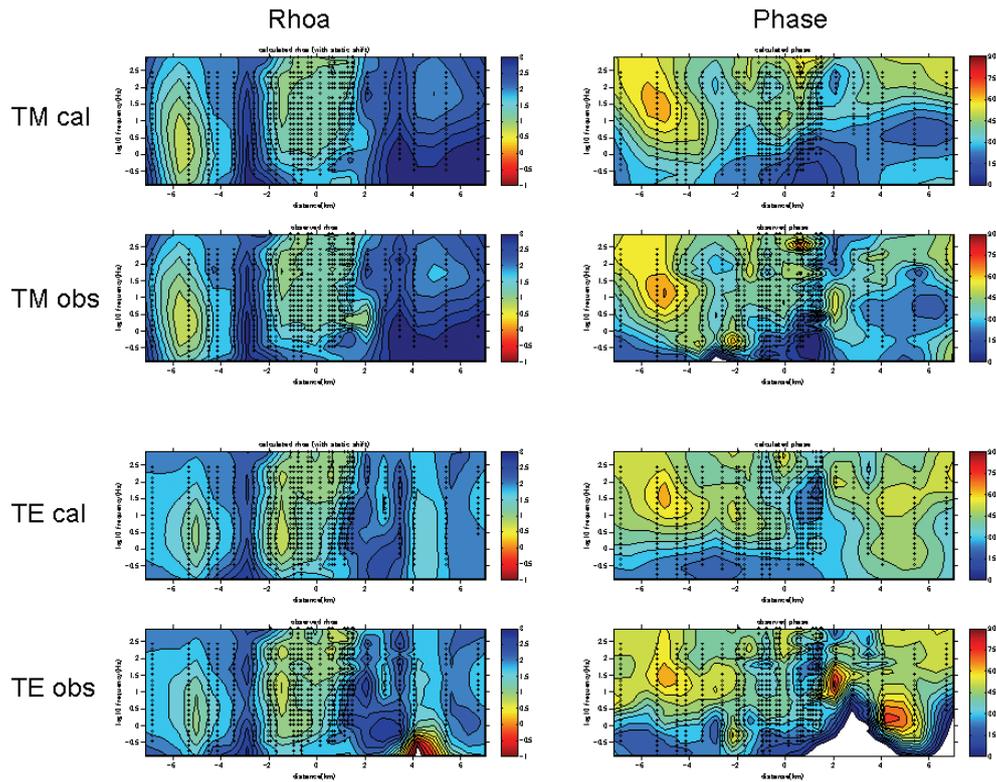


図3 計算値と観測値の擬似断面による比較。それぞれ縦軸が周期、横軸が距離となっている。左のカラムが見掛比抵抗、右のカラムがそれに対応する位相で、上から TM モード計算値、TM モード観測値、TE モード計算値、TE モード観測値となっている。見掛比抵抗については暖色系が低比抵抗、寒色系が高比抵抗を表し、位相については暖色系が高位相、寒色系が低位相を表す。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

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と考えられてい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 5 km 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。

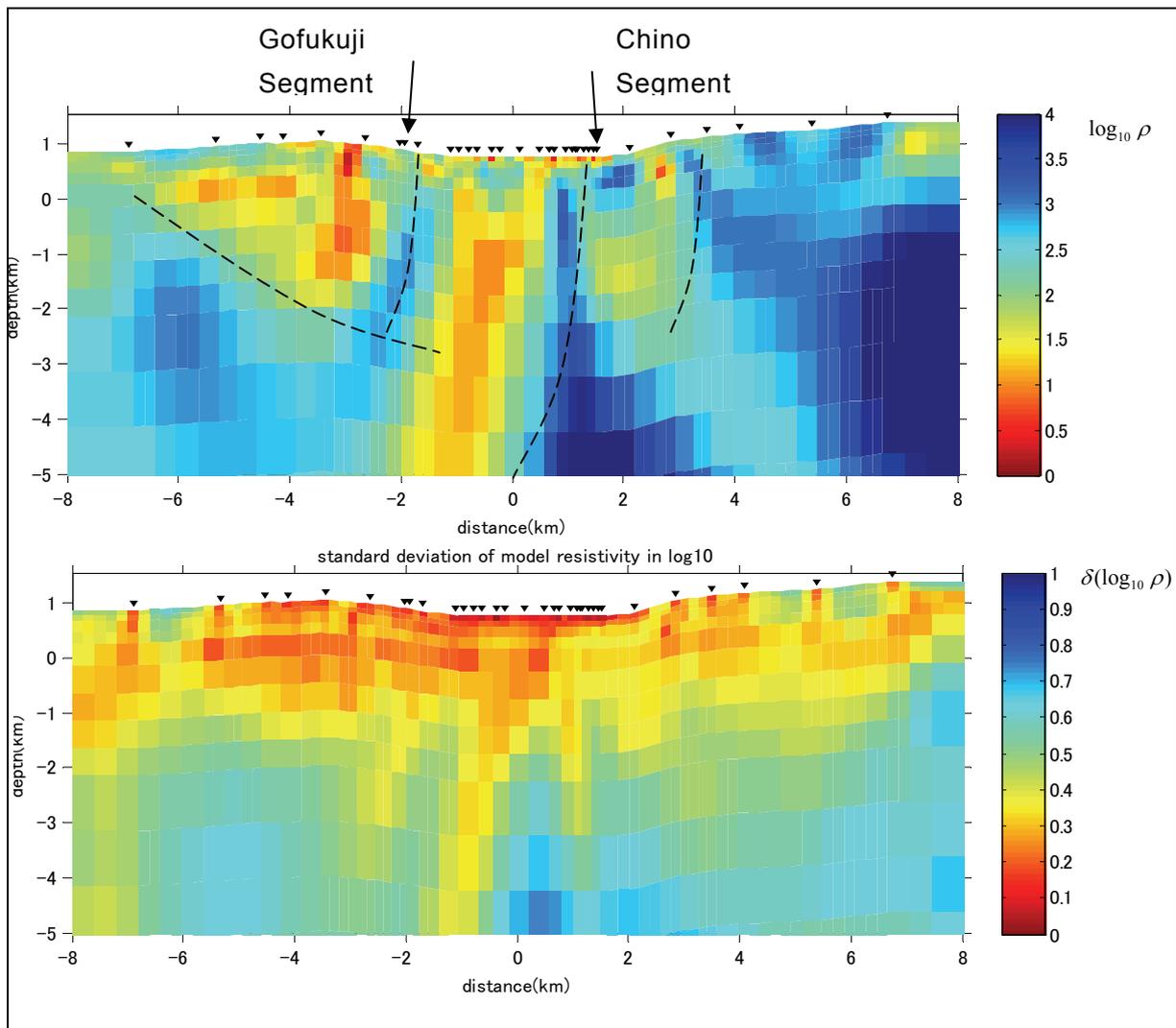


図4 (上) 2次元インバージョン解析によって得られた比抵抗モデル。カラースケールは比抵抗の常用対数值(単位 ohmm) (下) 得られた比抵抗モデルのそれぞれのピクセルの対数比抵抗値の標準偏差。

(e) 引用文献

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

(3) 平成 19 年度業務計画案

平成 18 年度に引き続き糸静線北部セグメントと南部セグメントの境界と考えられている諏訪湖付近において、複数の横断測線で電磁気探査を実施し、断層周辺の不均質構造を解明する。

まず平成 18 年度に測定を行った諏訪湖南岸の測線についてその両端に測線を延長し、全測線長 40km 程度とし、広帯域 (300Hz~1/2000Hz) MT 観測によって深度 15km 程度までの不均質構造を解明する。次いでこの測線に平行する測線を設定し、可聴周波数領域 (10kHz ~ 0.3Hz) AMT 観測によって、諏訪湖周辺 3 次元的な不均質構造を明らかにする。以下に予

定測線を図5に示す。

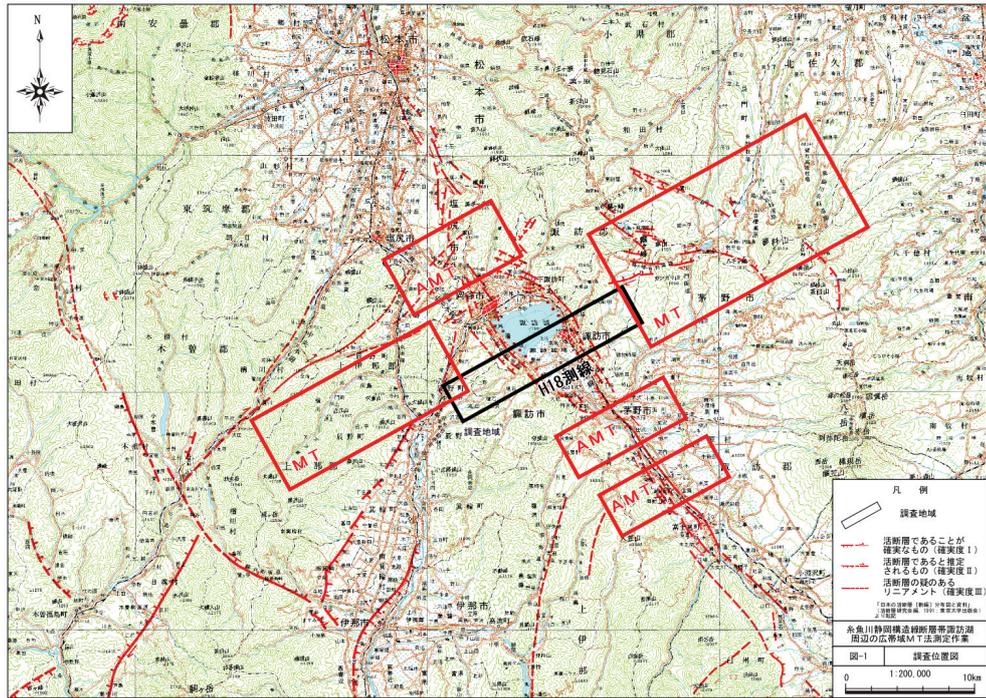


図5 平成19年度の観測予定測線。深度15kmまでの構造を対象とするMT観測の測線は平成18年度の測線を延長するように設定する。さらに深度5kmまでの構造を対象とするAMT観測については、諏訪湖をはさんで3測線を設定する。