

3. 1 断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測

d. 神縄断層西方延長の比抵抗構造探査

(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
国立大学法人 東京工業大学火山流体研究センター	教授	小川 康雄
国立大学法人 東京工業大学火山流体研究センター	准教授	神田 径
国立大学法人 京都大学防災研究所	助教	吉村 令慧
国立大学法人 東京大学地震研究所	准教授	上嶋 誠

(c) 業務の目的

神縄・国府津－松田断層系は現在の伊豆ブロックと本州ブロックの境界にあるが、その西方延長については富士火山もしくは愛鷹火山の噴出物に覆われており、活断層としては認識されていないが、その構造は未だ不明である。そこでMT法によって神縄断層西方延長の深度4kmまでの比抵抗構造を解明する。

(d) 3カ年の年次実施業務の要約

1) 平成21年度：

実施せず。

2) 平成22年度：

箱根カルデラ南東縁から河口湖にいたる測線上で、広帯域MT法観測を行い、1Hから320Hzのデータ解析により、神縄断層西方延長の深度4kmまでの比抵抗構造を解明した。

3) 平成23年度：

平成22年度に実施した箱根カルデラ南東縁から河口湖にいたる45kmの測線内の6点で、それぞれ1ヶ月間の補助観測を実施することによって、1Hzから0.3Hzの低周波数データを改善させ、深部構造の高精度化を図った。

(2) 平成21～23年度の成果

(a) 業務の要約

箱根カルデラ南東縁から河口湖にいたる45kmの測線上で、広帯域MT法観測を実施した。データを2次元構造解析し、神縄断層西方延長周辺の深度4kmまでの比抵抗構造

を解明した。その結果、神縄断層の延長に相当する位置、および、その南東方に、北西傾斜の低比低抗異常が深度4kmまで存在することが推定された。

(b) 業務の成果実施方法

図1のように箱根カルデラ南東縁から河口湖にいたる45kmの測線上において広帯域MT観測を実施した。観測には、カナダ国フェニックス社MTU5システムを用いて、周波数300Hzから0.5mHzの範囲で自然界の変動する電磁場を計測した。図2に観測風景の写真を示す。

1) 平成22年度：

各観測点で2日間の観測を行った。人工ノイズの影響を低減させるために、国土地理院の江刺観測点の時系列データをレファレンス信号としてインピーダンスを計算し、周波数300Hz から1 Hzまでの範囲で良好なデータを得た。

ついで、周波数・観測点ごとに、インピーダンスから、2次元走向を推定した (McNeice and Jones, 2001)¹⁾ が、顕著な走向を見出すことはできなかった。そこで、解析にあたっては、測線方向に直交する方向を2次元走向と仮定することとし、TMモードのデータについてのみ解析を行った。

2) 平成23年度：

図1の赤丸で示す6観測点で1か月間にわたり観測を行ない、1Hz以下の低周波数データの改善に努めた。また平成22年度に取得した1 Hz以下のデータも再吟味し、2年度にわたるデータを併合して、TMモードの2次元構造解析を実施した。

(c) 業務の成果

1) 平成22年度：

2次元構造解析プログラムは、Ogawa & Uchida(1996)³⁾を用い、観測点のごく近傍の影響をstatic shiftパラメータとして除去した。初期モデルは100ohmm一様の大地とし、繰り返し計算によって収束し、rmsが1.44となった。図3に比抵抗モデルとその標準偏差を示す。

図3(上)の比抵抗モデルでは、丹沢山地の高比抵抗ブロックが顕著である。その東側では低比抵抗層が南東に向かって徐々に厚く分布する。神縄断層の延長部は、この低比抵抗層の北西端付近にあると思われる。またこの低比抵抗層は4km程度に厚いと推定される。またこの低比抵抗層の中に、図中の点線で示したような北西方向の不連続が見出せる。この構造は、伊豆ブロックが0.5Maに衝突するまで、トラフが存在し、足柄層が厚く堆積したこと、さらにその後の伊豆の衝突で変形していると解釈できる (Amano, 1991⁴⁾; 松田, 2007⁵⁾)。箱根カルデラでは地表付近1-2 kmに顕著な低比抵抗

層が存在するが、これは地熱系で変質を受けた粘土鉱物を含む地層をあらわしている。カルデラの外縁ではこの低比抵抗層は失われている。

2) 平成 23 年度 :

2次元構造解析プログラム (Ogawa & Uchida, 1996)³⁾ を用い、観測点のごく近傍の影響を static shift パラメータとして除去しつつ深部構造を解析した。初期モデルは 100ohmm 一様の大地としたが、測線の南東延長の海による電磁誘導もモデル計算で考慮した。繰り返し計算によって収束し、rms が 1.55 となった。

図 4 に見掛比抵抗の観測値と計算値の疑似断面を、図 5 にインピーダンス位相の観測値と計算値の疑似断面を示す。観測されたデータの主な特徴が、モデル計算によって再現されていることがわかる。図 6 に比抵抗モデルとその標準偏差を示す。

図 6 (上)の比抵抗モデルでは、深度 4 km までの構造は図 3 の構造と矛盾しない。図 6 の 4 km 以深ではおおむね 100ohmm 以上の高比抵抗部になっている。丹沢山地延長部の深度 4 km より深部および、箱根カルデラ深部では、比抵抗が下がる傾向があるが、分解能はよくない。

(d) 結論ならびに今後の課題

広帯域MT観測によって、富士山の火山性堆積物に覆われている地域において、神縄断層の延長部の比抵抗構造を、深度 4 km まで解析することに成功した。神縄断層の西方延長地域では、地表が富士火山の噴出物によって覆われており、これまで深部構造がよく分かっていなかった。比抵抗構造解析の結果、神縄断層の延長に相当する位置、および、その南東方に、北西傾斜の低比抵抗異常が深度 4 km まで存在することが推定された。これら北西傾斜の不連続は断層である可能性が示唆される。

(e) 引用文献

- 1) McNeice, G. W. and A. G. Jones, Multi-site, multi-frequency tensor decomposition of magnetotelluric data, *Geophysics*, 66, 158-173, 2001.
- 2) 中田 高・今泉 俊文、活断層詳細デジタルマップ、東京大学出版会、2002
- 3) Ogawa, Y. and T. Uchida, A two-dimensional magnetotelluric inversion assuming Gaussian static shift, *Geophys. J. Int.*, 126, 69-76, 1996.
- 4) Amano, K., Multiple collision tectonics of the South Fossa Magna in central Japan, *Modern Geology* 15, 313-329, 1991.
- 5) 松田時彦、富士山の基盤の地質と地史、富士火山、荒巻重雄、藤井敏嗣、中田節也、宮地直道編集、山梨県環境科学研究所、45-47、2007.

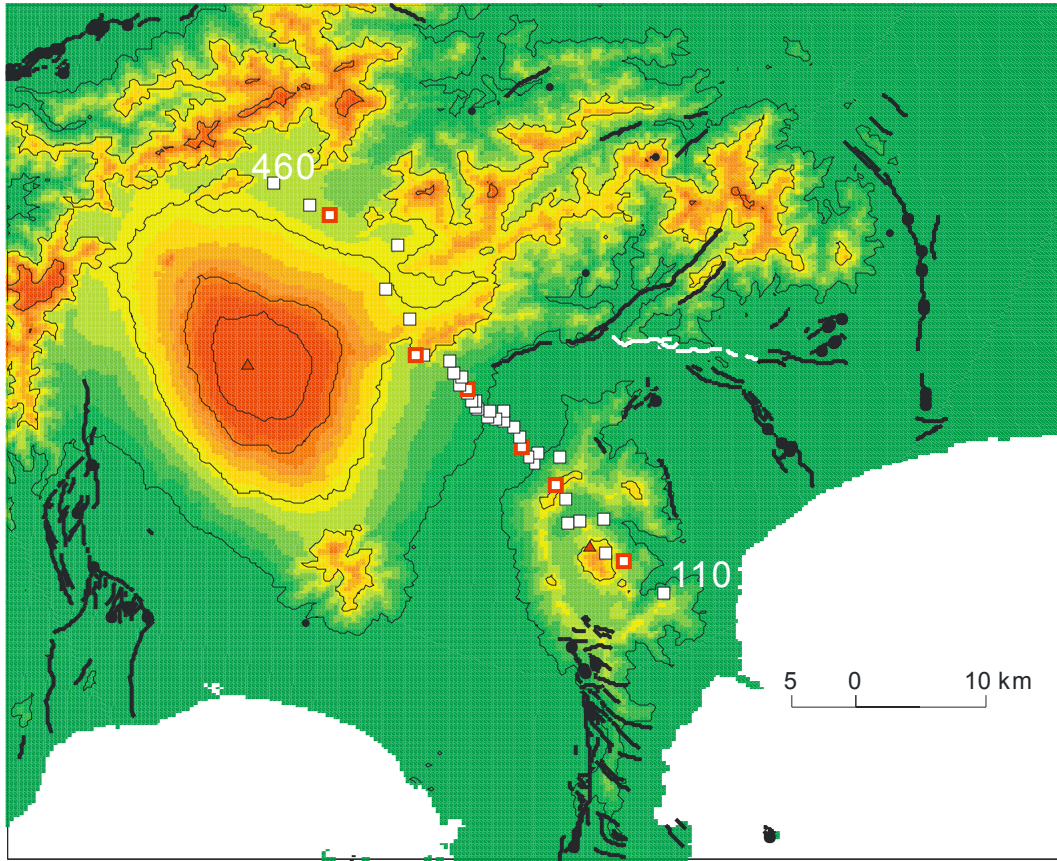


図1 平成22年度の広帯域MT観測点を白い四角で示す。各観測点の緯度経度標高については表1を参照。観測点番号は南東から北西に向けて増える。平成23年度には赤い縁のある四角で示す6観測点で1か月間にわたる観測を実施した。図中の実線は、活断層のトレース（中田・今泉、2002）²⁾で、神縄断層については白線で示す。



図2 観測風景（観測点290）。中央のビニールシートの中にアンプ・レコーダがあり、水平電場2成分および、磁場3成分の計測用のケーブルがつながっている。電極および磁場センサーは埋設されている。

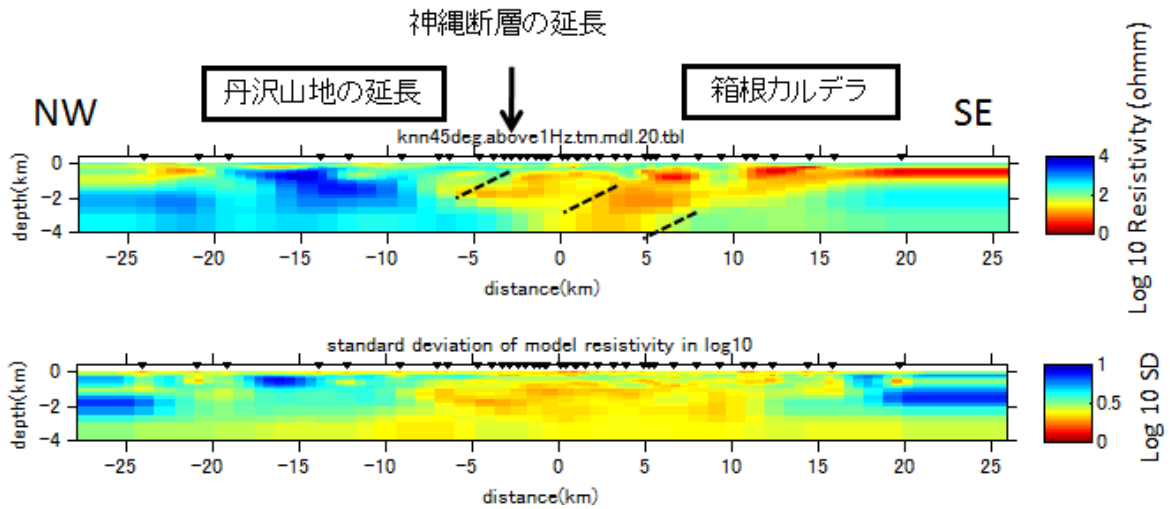


図3 (上) 1 Hz から 300Hz にデータを用い、TM モードの 2 次元解析によって得られた比抵抗断面図。地表の逆三角▼が観測点位置を表す。rms は 1.44 である。暖色系が低比抵抗、寒色系が高比抵抗で、比抵抗のスケールは対数で図の右端に示してある。矢印は神縄断層の延長を示す。(下)モデルの標準偏差。インバージョンで得られた各セルの比抵抗値の対数標準偏差。暖色系のセルの比抵抗は標準偏差が小さい。

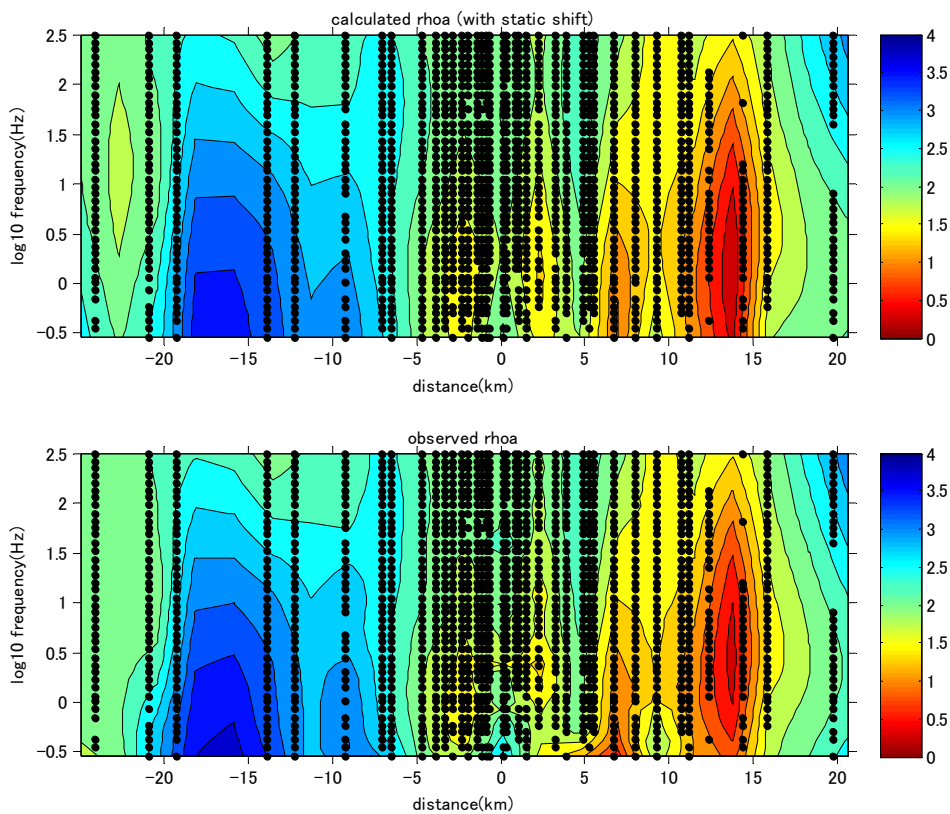


図4 見掛比抵抗の疑似断面。縦軸が対数周波数、横軸が距離である。上図が計算値、下図が観測値で、カラーバーは比抵抗値の常用対数値 (ohmm) で示す。図中の黒点は各観測点において観測データの存在する周波数を表す。

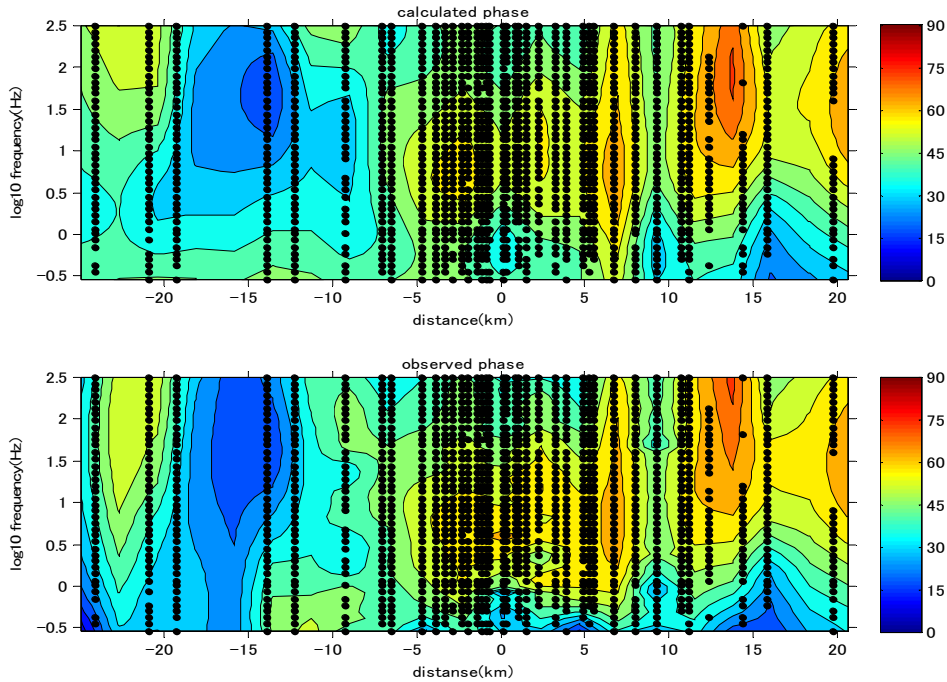


図5 インピーダンス位相の疑似断面。縦軸が対数周波数、横軸が距離である。上図が計算値、下図が観測値で、カラーバーは位相差（度）を示す。

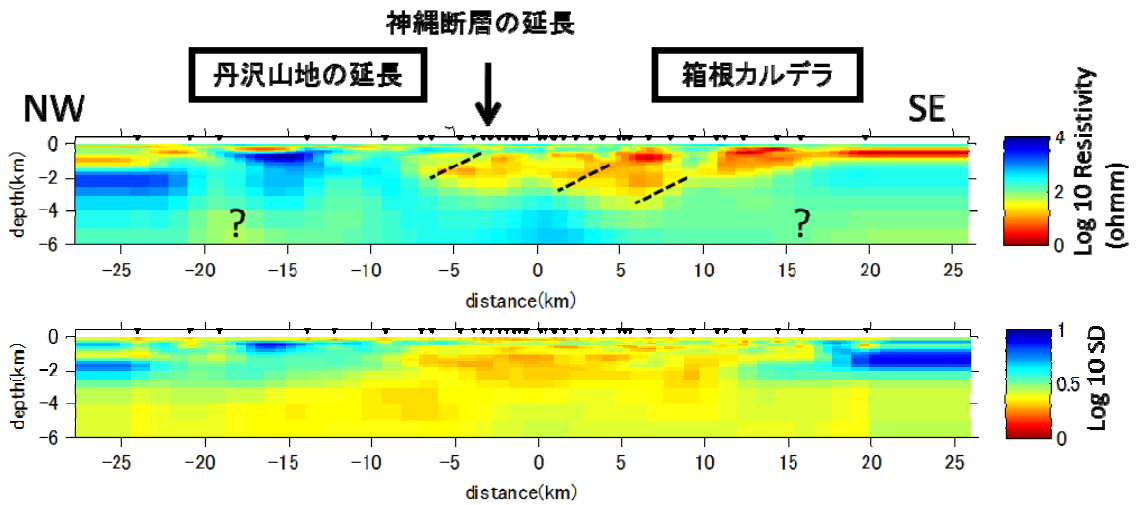


図6 (上) TMモードの2次元解析によって得られた比抵抗断面図。地表の逆三角▼が観測点位置を表す。Rmsは1.55である。暖色系が低比抵抗、寒色系が高比抵抗で、比抵抗のスケールは対数で図の右端に示してある。矢印は神縄断層の延長を示す。(下)モデルの標準偏差。インバージョンで得られた各セルの比抵抗値の対数標準偏差。暖色系のセルの比抵抗は標準偏差が小さい。

表1 各観測点の緯度・経度・標高及び観測期間。

測点 番号	緯度			経度			標高 m	測定期間	
	度	分	秒	度	分	秒		平成 22 年度	平成 23 年度
110	35	12	08.94	139	05	07.44	843	7/16-17	
120	35	13	28.50	139	03	05.34	737	7/15-16	6/14-7/20
130	35	13	47.28	139	02	08.58	957	7/15-16	
140	35	15	13.02	139	02	00.18	668	7/15-16	
150	35	15	07.44	139	00	48.66	926	7/16-17	
160	35	15	00.54	139	00	12.78	790	7/15-16	
170	35	16	00.90	139	00	06.30	647	7/16-18	
180	35	16	36.54	138	59	35.22	753	7/16-17	6/14-7/20
190	35	17	46.08	138	59	45.54	722	7/16-17	
200	35	17	33.00	138	58	28.14	591	7/16-17	
205	35	17	56.76	138	58	39.24	631	7/18-19	
210	35	17	47.82	138	58	08.40	500	7/17-18・23-25	
220	35	18	13.32	138	57	46.32	429	7/18-19・23-25	6/14-7/20
230	35	18	38.28	138	57	37.08	423	7/17-18・23-25	
240	35	19	04.62	138	57	15.84	424	7/18-19・23-25	
250	35	19	17.64	138	56	48.72	431	7/17-18・23-25	
260	35	19	41.28	138	56	50.52	428	7/21-25	
270	35	19	24.24	138	56	22.68	452	7/18-19	
280	35	19	27.42	138	55	58.62	470	7/18-19	
290	35	19	43.08	138	56	04.02	465	7/18-19	
300	35	19	48.36	138	55	25.62	503	7/18-19	
305	35	19	53.40	138	55	23.04	501	7/23-25	
310	35	20	06.60	138	55	20.94	511	7/18-19・22-25	
320	35	20	08.76	138	55	08.22	526	7/19-20	
330	35	20	26.94	138	54	59.88	536	7/19-23	
340	35	20	40.32	138	54	57.24	549	7/19-20	6/15-7/20
350	35	20	49.68	138	54	35.16	570	7/19-23	
360	35	21	09.36	138	54	37.02	560	7/20-22	
370	35	21	18.60	138	54	15.66	602	7/20-21	
380	35	21	46.56	138	54	03.60	606	7/20-22	
390	35	22	01.80	138	52	43.38	817	7/19-20	
400	35	22	05.40	138	52	15.06	844	7/20-21	6/15-7/20
410	35	23	32.88	138	51	59.16	1127	7/21・24-25	
420	35	24	48.06	138	50	43.02	1022	7/20-22	
430	35	26	39.00	138	51	21.78	958	7/21-22	
440	35	27	52.14	138	47	52.56	877	7/21-22	6/15-7/20
450	35	28	17.40	138	46	50.82	890	7/22-23	
460	35	29	13.02	138	45	01.44	888	7/21-23	