

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

ネットワーク MT 法観測による広域深部比抵抗構造の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

イ．上部マントルとマグマの発生場

エ．地震活動と火山活動の相互作用

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(4) 地震発生・火山噴火素過程

イ．地殻・上部マントルの物性の環境依存性

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

5 カ年のうちに、濃尾断層周辺域(福井県東部、岐阜県南西部)と富士火山周辺域(山梨県南東部、静岡県東部、神奈川県西部)においてネットワーク MT 法観測を実施し、同地域での広域深部 3 次元比抵抗構造を推定する。得られた構造と、HiNET や地震予知計画による広域地震波速度トモグラフィをあわせて解析することで、地域の定量的な(水やメルトなどの)流体分布構造の推定を目指す。得られた構造から、同地域での通常の地震、低周波微動などの様々な地震活動や、富士山の火山活動等を、地殻マントル流体がどのように規定しているのかを明らかにする。また、従来まで取得してきたデータに基づいた 3 次元モデリングを試み、北海道、東北、中国四国、九州各地方の大局的な 3 次元比抵抗構造推定、紀伊半島、中部地方における詳細な 3 次元比抵抗構造推定を行う(両者の解像度の違いは、観測で用いた周期、基線長の違いによる)。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度：濃尾断層周辺域での観測を実現するための諸準備(NTT との交渉、観測ネットワークを決定し電極点の決定と埋設、磁場観測点の敷設)を行うと共に、従来得られてきたデータの 3 次元解析を実施する。

平成 22 年度：濃尾断層周辺域(福井県東部、岐阜県南西部)での観測を実施するとともに、従来得られてきたデータの 3 次元解析を継続する。

平成 2 3 年度：前年度までに得られたデータの 3 次元解析を継続するとともに、富士山周辺域での観測の準備を行う。

平成 2 4 年度：富士火山周辺域（山梨県南東部、静岡県東部、神奈川県西部）での観測を実施するとともに、従来得られてきたデータの 3 次元解析を継続する。

平成 2 5 年度：前年度までに得られたネットワーク MT 観測データより、広域深部 3 次元比抵抗構造を推定する。得られた構造と、HiNET や地震予知計画による広域地震波速度トモグラフィをあわせて解析することで、地域の定量的な（水やメルトなどの）流体分布構造の推定を目指す。

（ 7 ）平成 23 年度成果の概要：

日本において過去最大級の内陸地震となった 1891 年濃尾地震断層帯を取り囲む領域で、2011 年 3 月末よりネットワーク MT 観測を開始し、現在も観測を継続している。本観測地域は、2008 年度までに実施してきた中部ネットワーク MT 観測領域の西縁部にあたる。前観測キャンペーンからは、2 次元解析によってフィリピン海プレートからの脱水や地殻中下部への流体の供給を示唆する比抵抗構造が得られてきた（臼井ほか, 2011（図 1）、最上, 2011 など）。一方、地震波速度構造解析や震源分布の解析から、当該地域はフィリピン海プレートが非常に複雑な形状をもって沈み込んでいることが明らかになりつつある（Hirose et al., 2008）。従って、前観測キャンペーンのデータと併せて中部地方広域的 3 次元深部比抵抗構造を決定し、フィリピン海プレートからの脱水や、それに伴って形成されたと考えられる新潟 - 神戸歪集中帯の形成メカニズムを探ることが観測の主たる目的としてあげられる。一方、濃尾地震断層帯では、3 つの主たる断層を横切って、従来の広帯域 MT 観測が防災科学技術研究所によって実施されてきた（小村ほか, 2008）。広域深部構造を議論するために、より長周期のデータを精度よく求めること、既存データに galvanic 効果の影響の小さいネットワーク MT 応答関数によって制約を与え、より確度の高い断層周辺構造を推定することも本観測の目的の一つとなる。

濃尾断層を取り囲む福井県北東部から岐阜県中西部地域において 20 交換所エリア（福井県：7 エリア、岐阜県：13 エリア）を選定し、1 エリアあたり 3-5 点の電極を設置した（図 2）。各交換所エリアでは、メタル通信回線をケーブルとして用いることで、数 km から 10 数 km の電極間隔で電位差を毎秒サンプリングでモニターしている。ネットワーク MT 法における参照磁場測定値を得るため、フラックスゲート 3 成分磁力計を中竜鉱山坑道内と根尾谷周辺域に設置した。ネットワーク MT 法では、その磁場変動に対する各エリア各チャンネルの地電位差の周波数応答関数（ネットワーク MT 応答関数）を推定する。自動車などの磁性体の移動や風による地動などによるローカルな磁場ノイズを除去するために、remote reference 解析を行う必要があるが、その遠方参照磁場観測として、京大上宝地殻変動観測所蔵柱地下壕内、石川県輪島市に 3 成分磁力計を設置し、磁場変動を記録している。

Uyeshima et al (2001) に従い、まず、各地電位差と参照水平磁場 2 成分間のネットワーク MT 周波数応答関数を推定したうえで、周波数領域で合成を行うことによって、各エリアの平均的なインピーダンステンソルを推定した。2011 年 8 月以降顕著な磁場擾乱が観測されていたが、ちょうど同時期に坑道内作業による顕著なノイズの混入や磁場センサーに障害が発生し、2011 年 12 月半ばまで中竜や上宝の磁場を用いることが困難であった。このため、観測開始（2011 年 3-6 月にかけて地電位差観測点を設置）から 7 月 31 日までのデータを用いた初期的な解析結果を示す。

参照磁場、遠隔参照磁場として、それぞれ、中竜および輪島のデータを用い、Chave & Thomson (2004) による BIRRP 解析コードを用いて応答関数を推定した。周期 2730s までの短周期においては午前 1 時から 6 時までの夜間値のみを用い、それより長周期側では全日データを用いた。図 3 に示すように、福井県内から岐阜県の中北部にかけては概ね良好な応答関数を推定することが可能であったが、NEO、MYM、MTS、KZE、SKU、KSG など岐阜県南西部では、直流電化路線からの漏れ電流や集落からのノイズの影響を受け、十分な品質の応答関数が得られていない。

図 4 には、impedance tensor の形に合成した応答関数のうち、非対角成分を、KWD、NEO の各エリアについて示す。KWD においては、Zyx 成分に周期 1000s 以上の長周期帯で 90 度を超過して位相が大きくなる異常位相が認められるが、同様の異常位相は福井県の観測域全域、岐阜県の ITD、MNM エリア

にわたって認められ、すべて Zyx 成分に現れている（図 2 の薄赤領域）。異常位相の存在は、測線方位が 90 度に近い生の Network-MT 応答関数に認められ、この異常位相が tensor の合成によって見かけ上生じたものではないことがわかる。今後、観測を継続して応答関数推定の精度をあげるとともに、上記の異常位相の存在を考慮に入れた 3 次元構造解析が必須となる。

以上のように、濃尾の観測の開始の遅れと、良好なデータを得るために観測を継続しているため、富士山周辺域での観測の準備は来年度にずれ込むことになった。ただ、平成 23 年末より、NTT 側の観測協力体制が大幅に変更されることになったため、新規観測の実現に向けての交渉には困難が予想される。

- (8)平成 23 年度の成果に関連の深いもので、平成 23 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：
白井嘉哉・上嶋誠・小河勉・吉村令慧・大志万直人・山口覚・藤浩明・村上英記・宇都智史・兼崎弘憲・望戸裕司・相澤広記・丹保俊哉・最上巴恵・小川康雄・西谷忠師・坂中伸也・三品正明・佐藤秀幸・後藤忠徳・笠谷貴史・茂木透・山谷祐介・原田誠・塩崎一郎・本蔵義守・小山茂・望月裕峰・中尾節郎・和田安男・藤田安良，新潟 - 神戸ひずみ集中帯における深部比抵抗構造， - 広帯域 MT 法とネットワーク MT 法のジョイントインバージョン - ，Conductivity Anomaly 研究会 2010 年論文集,41-47, 2011 。

- (9)平成 24 年度実施計画の概要：

濃尾地震断層周辺域での観測のうち、福井県内の各観測点においては、約 1 万秒の長周期に至るまで良好な応答関数が得られているので、平成 24 年度の早い時期に機器の撤収を行う。一方、岐阜県側ではまだ十分な品質のデータが得られていないので、数回磁気嵐を捉えるまで観測を継続し、その後機器を撤収する。得られた応答関数を用いて、まず、大局的な 3 次元深部構造解析を開始する。5 年計画では、富士山周辺域での観測を開始することになっていたが、濃尾の観測に遅れが生じているため、平成 24 年度には観測実施に向けての NTT との交渉を行うにとどまる可能性が高い。

- (10)実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所（代表）：上嶋誠・小河勉・小山茂・望月裕峰
他機関との共同研究の有無：有
北海道大学：茂木透
秋田大学：西谷忠師，坂中伸也
東海大学：長尾年恭
京大防災研：大志万直人，吉村令慧
神戸大学：山口覚
高知大学：村上英記
鳥取大学：塩崎一郎

- (11)公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター
電話：03-5841-5739
e-mail：uyeshima@eri.u-tokyo.ac.jp
URL：

- (12)この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：上嶋誠
所属：東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター

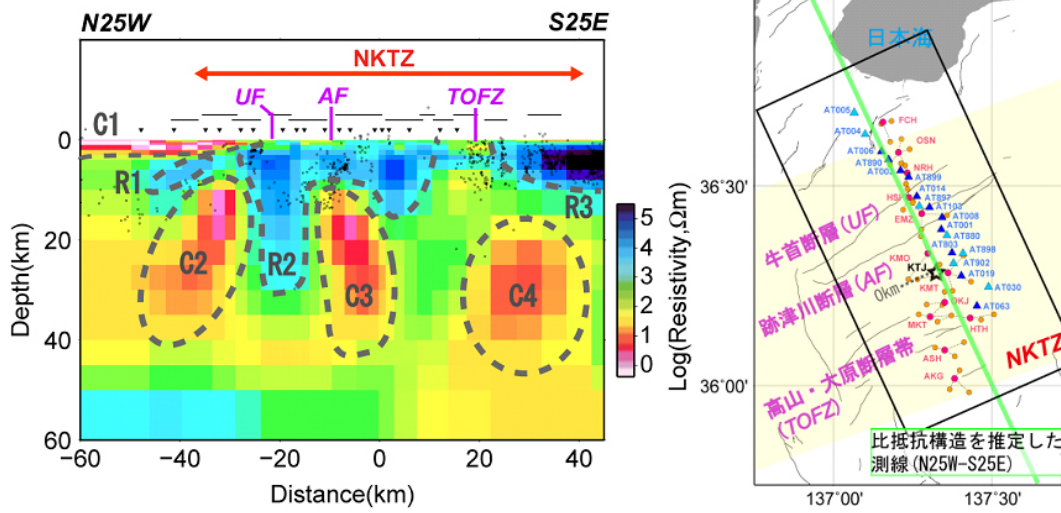


図1．跡津川断層周辺域におけるネットワーク MT，広帯域 MT 統合 2 次元解析による比抵抗断面（左）と解析に用いた測点分布（右）（臼井ほか, 2011）．



図 2 . 濃尾地震断層周辺域でのネットワーク MT 観測点分布図 .

白四角内に地名の入った、20 交換所エリアでの観測を実施している（異常位相が観測されている領域を薄赤色で示す）. 防災科学技術研究所による広帯域 MT 法観測点（3 測線）を赤三角で示し、前キャンペーンである跡津川断層周辺域での観測においてデータを取得した地点を白抜きで地名で示す . ネットワーク MT 法応答関数を求めるための磁場参照点を観測域内の 2 点（中竜（NKT）、根尾（NEO））におき、ローカル磁場ノイズを除去するための遠隔磁場参照点を前観測計画から引きついで、京大防災研上宝地殻変動観測所・蔵柱坑内（KTJ）、輪島市（WJM）においている . 灰太線は、濃尾地震推定地震断層を示す . また、直流、交流電化路線をそれぞれ赤、オレンジ線で示している .

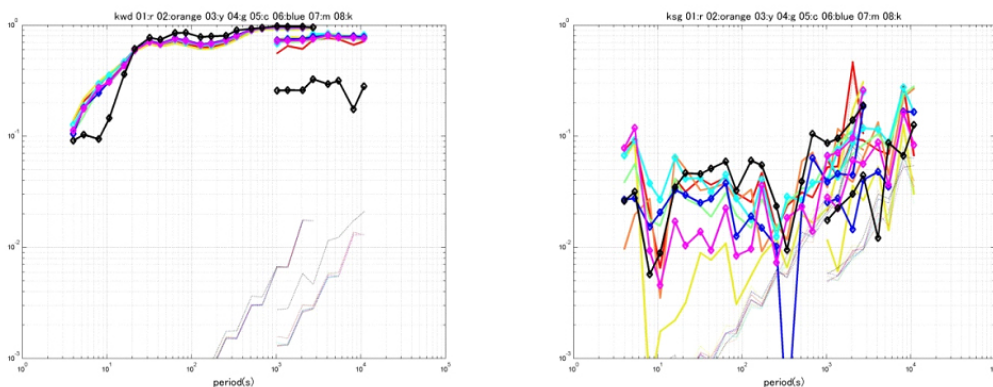


図 3 . KWD エリア（左）、KSG エリア（右）での地電位差 - 参照磁場水平 2 成分間の coherence 曲線 .

各エリアにおけるすべてのチャンネルに対しての解析結果を重ねて示し、multiple coherence を実線、zero coherence（stack 数によって決まる相関がゼロであったとした時に期待される coherence の値）を点線で示す .

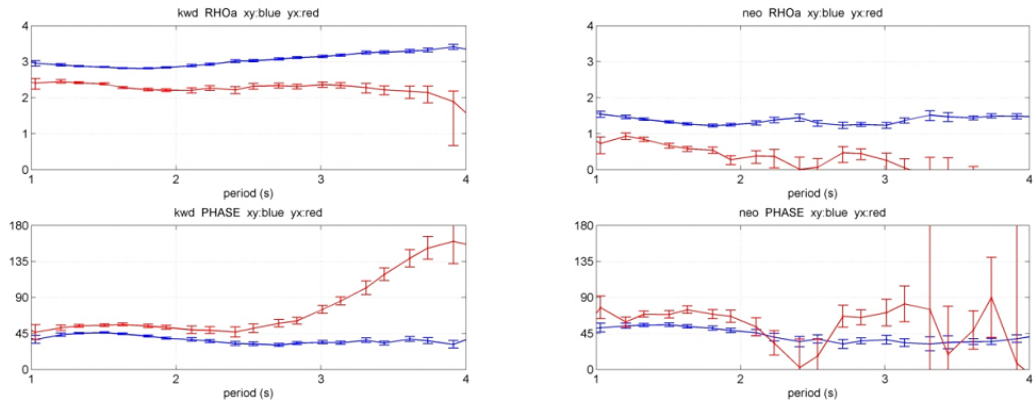


図 4 . KWD123 (左) , NEO134 (右) 各領域においての impedance tensor 非対角成分の MT-sounding 曲線 .
 上側に見かけ比抵抗を示し , 下側に位相を示す . Z_{xy} を青 , Z_{yx} を赤で示す . KWD においては Z_{yx} に異常位相 (Ichihara & Mogi, 2009) が認められる .