

(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 か年のうちに、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23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24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25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24年度成果の概要：

（1）濃尾地震断層周辺域におけるネットワークMT観測の継続とデータ解析

本課題の計画策定の段階では、濃尾地震断層周辺域と富士火山周辺域においてネットワークMT法観測を実施する予定であった。しかし、観測を実施するために必須の電話会社（NTT）の観測への協力体制の変化から濃尾地震断層周辺域での観測開始が当初計画に比べて大幅に遅れ、岐阜県では13交換所エリアにおいて平成23（2011）年3月末より、福井県においては7交換所エリアにおいて同年6月中旬より観測実施が可能となった。また、同地域は夜間も休みなく運行する直流電化路線からの漏れ電流ノイズが著しいうえに、地磁気活動が予想に反して活発化しなかったため、1万秒程度までの長周期にわたって良好な周波数応答関数を推定できるようになるまでに1年以上観測を継続しなければならないことが判明した。このため、本年度も濃尾地震断層周辺域での観測を継続することにし、本課題において富士火山周辺域での観測を実施することは不可能となった。こうして、平成24（2012）年12月まで岐阜県側の観測を継続し、福井県側の撤収は次年度に実施することになった。

観測を継続しているため、2012年5月までのデータを用いた予察的な解析ではあるが、全20エリアについて、各地電位差と根尾における水平磁場との間のネットワークMT周波数応答関数を推定した。この際、根尾観測点周辺のローカルな磁場ノイズによる応答関数のひずみを除去するため、輪島観測点の水平磁場を遠隔参照点として用いた。現時点で、福井県側でのデータについては、いくつかの観測点を除いて概ね良好な応答関数が推定されたが、特に岐阜県南西部における応答関数は全周期にわたって周波数方向に滑らかでない誤差の大きい応答関数しか推定されていない。また、福井県のほぼ全域にわたって、電位差測定基線方向に直交する磁場と電位差との応答関数の位相が千秒より長周期側で90度を超えて大きくなる、いわゆる「異常位相」が見出された。

（3）濃尾地震断層周辺域での3次元構造解析

2次元以下の比抵抗構造では、上記の「異常位相」が説明できないことがわかっているため、3次元インヴァージョンを行うことにした。各基線の地電位差-磁場応答関数から、各エリアについて適当な三角エリアを選定して、その各三角エリアの平均的な電場-磁場応答関数（インピーダンステンソル）を計算し、Siripunvaraporn et al., 2005による3次元MTインヴァージョンコードを用いて構造推定を行った。推定された構造を図1a-1c, 2に示し、構造の特徴と地震予知研究における意義を下に箇条書きで示す。

a) 上記の「異常位相」は、福井市周辺の日本海につながる低比抵抗堆積盆地の存在によって説明することが可能であった。

b) 図1aに示す地下浅部構造では、濃尾地震発震域である福井県池田町から南に、地震断層に沿って伸びる低比抵抗域が決定された。これは、断層破碎帯中の水、ないしは、粘土鉱物を見ているものと思われる。

c) 中部地殻においては、図1bに示ように濃尾地震断層域直下において、1k⁻mを超える高比抵抗域に決定された。前計画における跡津川断層周辺域での構造研究の考察から、地震発生域は高地震波速度、高比抵抗であり、流体の存在を示すと考えられる中部地殻に上昇した低地震波速度、低比抵抗層がバリアとなって地震のサイズを決定するのではないかとの議論がなされたことを考慮すると、濃尾地震断層が走った南南東方向にバリアとなる流体存在域がなかったことが、濃尾地震がM8クラスの

大地震になった一つの要因としてあげられるのかも知れない。ただ流体の存否に関して、高比抵抗域は流体が孤立して存在する領域であるとも解釈できるため、上記の議論のためには地震波速度構造との対比による検討が必要である。

(d) 図 1c に示すように、福井 - 岐阜県境付近の上部マントル内に東西に連なる低比抵抗域が決定された。低比抵抗域は、図 2 の南北断面図に示されるように、100km 以深の深部から立ち上るかのような形状を示して、沈み込むスラブからの脱水によるものである可能性が高く、その流体の存在が、本研究エリアでは福井 - 岐阜県境を走る新潟 - 神戸ひずみ集中帯のひずみ集中に関わっている可能性がある。同様のマントルウェッジ内低比抵抗帯は、前計画での跡津川断層を切る 2 本の 2 次元断面にも見出されていて（臼井ほか, 2010, 最上, 2011）フィリピン海スラブからの脱水を見ているものと解釈していたが、Hirose et al., 2008 によると、本ターゲットエリアではフィリピン海スラブはその撓曲のために 40-60km にその上面が決定されていて、明らかに低比抵抗域の最深部はその下部に位置している。このため、本地域での深部低比抵抗帯は、フィリピン海スラブの下に横たわる太平洋スラブからの脱水を示唆する。火山岩中に含まれる流体の同位体比を解析した結果である Nakamura et al., 2008 によると、同地域の特に背弧側では太平洋スラブ起源の流体の比率が高いとされていて、本研究の比抵抗構造とは矛盾しない結果となっている。

(4) 既存データの解析

1992-1998 年にかけて実施された九州地方でのネットワーク MT 2, 3 次元解析から九州地方全域にわたる広域深部構造を決定し、火山発生と深部構造との関連性を議論した（Hata et al., 2012, 畑, 2013）ほか、北海道、東北などその他の地域についてもデータのコンパイルやインバージョン解析を継続したが、現段階では初期的な結果を得るにとどまっていた、その詳細は割愛する。

(8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

畑 真紀, 大志万 直人, 吉村 令慧, 田中 良和, 上嶋 誠, 九州地方の地殻・上部マントルの 3 次元比抵抗構造から診る沈み込み帯における流体の移動と島弧火山（2）, 地球電磁気・地球惑星圏学会秋季大会（札幌）, 10 月 2012.

M. Hata, N. Oshiman, R. Yoshimura, Y. Tanaka and M. Uyeshima, Fluid upwelling beneath arc volcanoes above the subducting Philippine Sea Plate: Evidence from regional electrical resistivity structure, *J. Geophys. Res.*, VOL. 117, B07203, doi:10.1029/2011JB009109, 2012.

M. Hata, N. Oshiman, R. Yoshimura, Y. Tanaka and M. Uyeshima, 3D Electrical Resistivity Imaging of Slab-derived Fluids and Partial Melting involving Arc Volcano Formation by the Network-MT Data, 21th EM Induction Workshop (Darwin, Australia), July 2012.

M. Uyeshima, S. Yamaguchi, H. Murakami, T. Tanbo, R. Yoshimura, H. Ichihara, and K. Omura, On the Network-MT survey in the vicinity of the 1891 Noubi Earthquake seismic fault, 21th EM Induction Workshop (Darwin, Australia), July 2012.

P.K. Patro, M. Uyeshima and W. Siripunvaraporn, Three-dimensional inversion of magnetotelluric phase tensor data, *Geophys. J. Int.*, 192, 58-66, 2013.

上嶋誠, 山口覚, 村上英記, 丹保俊哉, 吉村令慧, 市原寛, 小村健太朗, ネットワーク MT 法観測による濃尾地震断層周辺域広域深部比抵抗構造について, 地球電磁気・地球惑星圏学会秋季大会（札幌）, 10 月 2012.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要：

(1) 濃尾地震周辺域ネットワーク MT 観測（福井県）の継続と撤収

本観測を実現するために協力をいただいていた N T T の組織替えによる観測協力体制の変更と、十分な品質をもった周波数応答関数を得るためにより長期間のデータを取る必要があったことから、平成 25 年度においても福井県で観測を継続することになったが、本報告書を書いている段階で後者のデータについては十分な品質の応答関数が得られることが明らかとなったため、平成 25 年夏を目途

に、長基線電位差観測の機器撤収を実施する。また、あわせて、福井県中竜山坑道内、岐阜県根尾における磁場観測機器も撤収する。

(2) 既存ネットワークMTデータのコンパイルと3次元解析

引き続き、これまでに取得されてきた(本研究課題ターゲット域を含む)中部地方背弧域、東北等のデータのコンパイル(アスキー化や刻時データの整理と補正)を行い、ネットワークMT周波数応答関数の推定を行う。得られた周波数応答関数を用いて、3次元インバージョン解析を行うことにより、本研究課題で実施した濃尾地震断層周辺域の3次元構造の精密化を図るとともに、その周辺域や東北地方等における広域深部構造解明に着手する。また、得られた構造の信頼性を示す指標の導出を図る。

(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

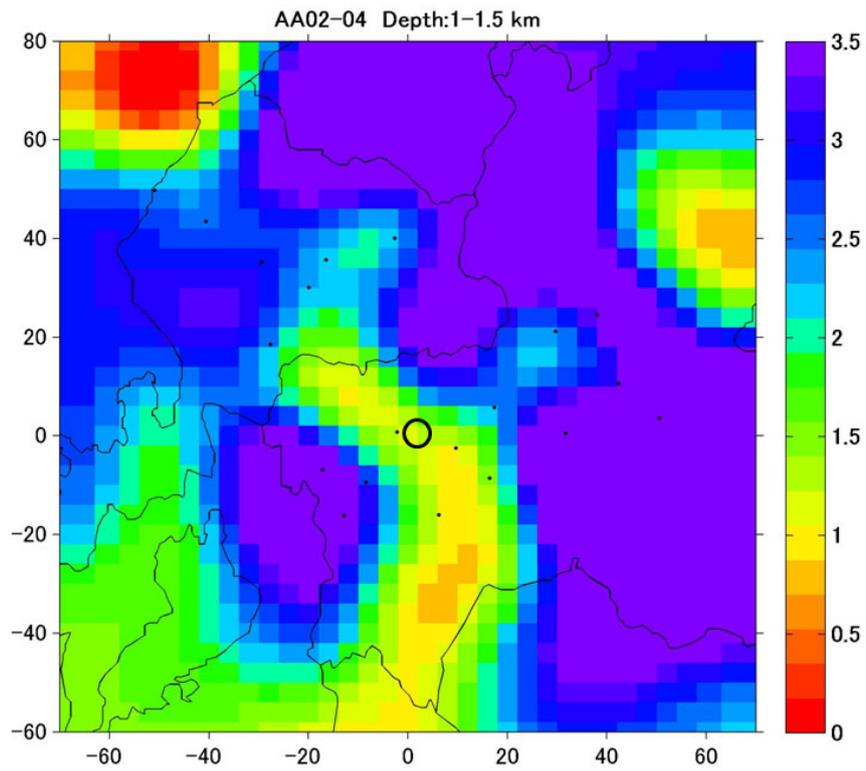


図 1a . 濃尾地震断層周辺域比抵抗構造 (深さ 1-1.5km 平面図)

原点 (黒丸) は N T T 根尾交換所 (岐阜県本巣市根尾) の位置を示す . 暖色系ほど電気が流れやすい低比抵抗域であることを示す .

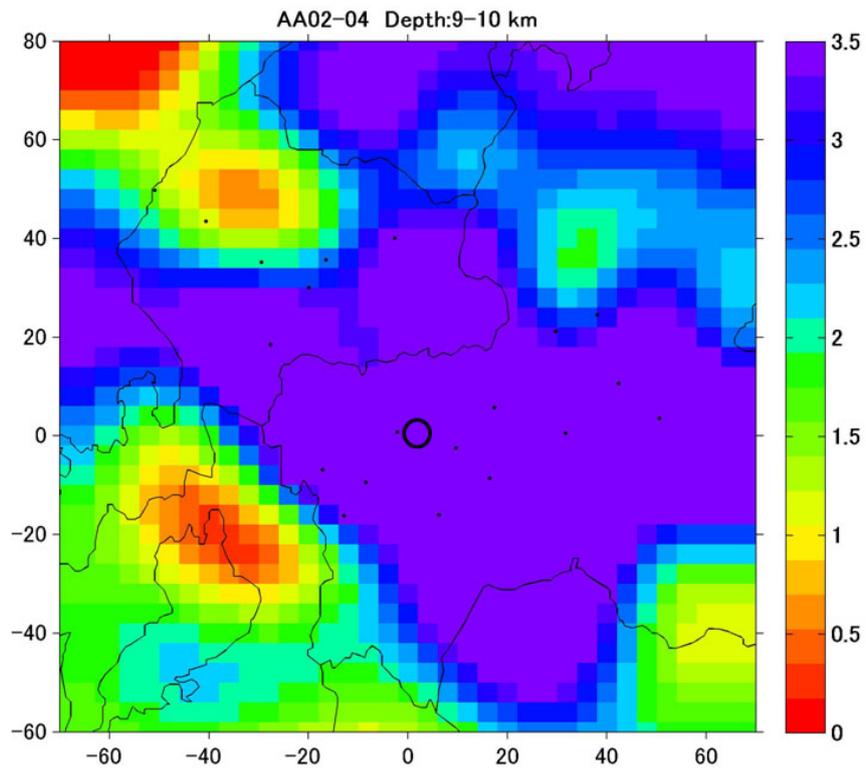


図 1b . 濃尾地震断層周辺域比抵抗構造 (深さ 9-10km 平面図)

原点 (黒丸) は N T T 根尾交換所 (岐阜県本巣市根尾) の位置を示す . 暖色系ほど電気が流れやすい低比抵抗域であることを示す .

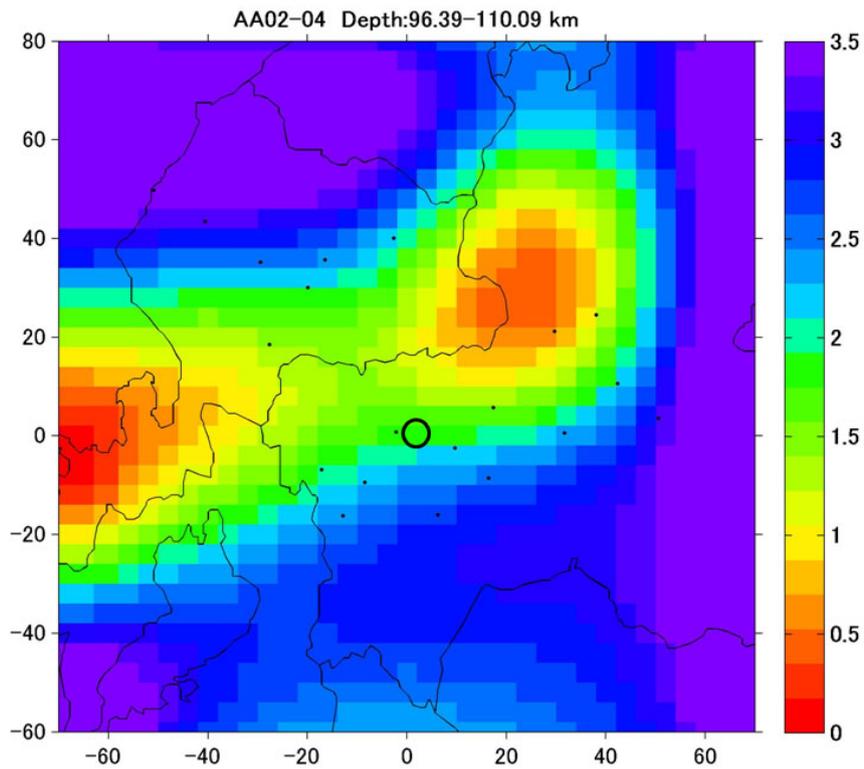


図 1c . 濃尾地震断層周辺域比抵抗構造 (深さ 96-110km 平面図)
 原点 (黒丸) は N T T 根尾交換所 (岐阜県本巣市根尾) の位置を示す . 暖色系ほど電気が流れやすい低比抵抗域であることを示す .

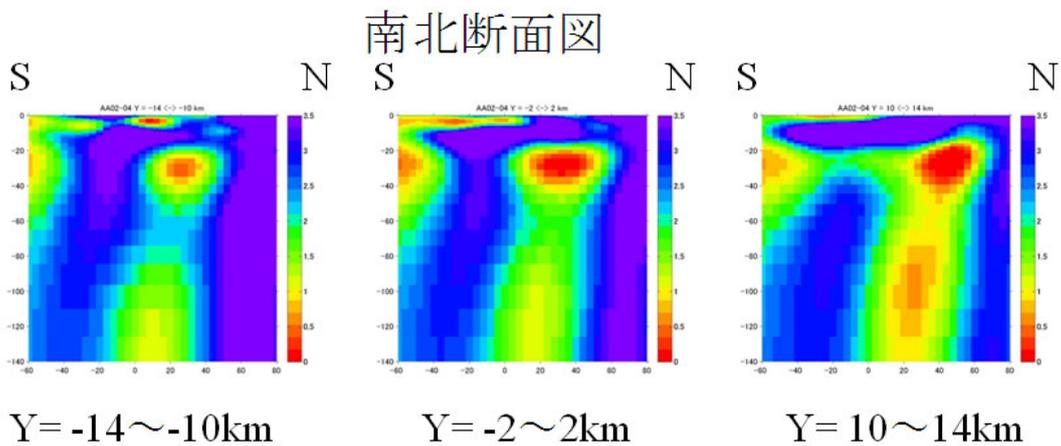


図 2 . 濃尾地震断層周辺域比抵抗南北断面 .
 図 1a-1c に示した平面図のうち , 東西方向座標で (-14 ~ -10km), (-2 ~ 2km), (10-14km) の 3 測線についての南北断面図を示す (3 次元構造モデルの水平グリッド間隔は 4km に設定されている) . (-2 ~ 2km) 図の原点は , N T T 根尾交換所 (岐阜県本巣市根尾) の位置に対応する . 暖色系ほど電気が流れやすい低比抵抗域であることを示す .