

中部地方におけるネットワークMT観測 (第2報)  
Network-MT survey in Chubu district (the 2<sup>nd</sup> report)

上嶋誠・小河勉 (東大震研), 山口覚 (神戸大理), 村上英記 (高知大理), 藤浩明 (富山大理),  
吉村令慧・大志万直人 (京大防災研), 小山茂 (東大震研), 丹保俊哉 (立山カルデラ砂防博物館),  
歪集中帯地殻比抵抗研究グループ

Uyeshima, M., Ogawa, T. (ERI, U. Tokyo), Yamaguchi, S. (Kobe U.), Murakami, H. (Kochi U.),  
Toh, H. (Toyama U.), Yoshimura, R., Oshiman, N. (DPRI, Kyoto U.), Koyama, S (ERI, U. Tokyo),  
Tanbo, T. (Tateyama Caldera Sabo Museum),  
and Research Group of Resistivity Structure in the Niigata-Kobe Tectonic Zone

Abstract

In Chubu district, there runs the Niigata-Kobe Tectonic Zone (NKTZ) in its backarc side, the seismic and volcanic active zone beneath the Northern Japan Alps, and the low-frequency seismic zone of non-volcanic origin in its forearc side. All these crustal activities are considered to be directly or indirectly related to the existence or movement of the crustal fluids such as water or melt. Electrical conductivity is a physical property which is sensitive to the existence of such crustal fluids and their connectivity. Thus, aiming at elucidating mechanism of the various kinds of crustal activities occurring beneath the Chubu district, we have started the Network-MT survey to determine regional and deep electrical conductivity structure down to the upper mantle.

In this paper, we introduce the first and the second campaigns of the survey, which started from Dec. 2005 and from Aug. 2006, respectively. Cumulative observation networks where we did and have done measurements in the two campaigns are shown in Fig.1. Fig. 2 shows features of the EM response functions along the first survey line from Noto Peninsula to the south of Nagano prefecture. Remarkable phase value enhancements are detected in the longest period range in Noto area and in the shortest period range in the NKTZ. Fig. 3 and 4 show a 2-D inversion result along the Atotsugawa Fault, which is one of the core faults in NKTZ. The structure in Fig. 3 indicates that seismogenic zone shallower than about 10km is relatively resistive and the no earthquake zone beneath it is relatively conductive.

要旨

新潟-神戸歪集中帯を含む中部地方背弧域の3次元広域深部電気伝導度構造を求め、歪集中のメカニズムや同地域に存在する北アルプス活動帯、非火山性低周波微動の成因を明らかにする目的で、石川、富山、福井、岐阜、長野の5県にわたってネットワークMT観測を実施する計画をたてた(上嶋ほか, 2006)。Fig.1に2007年3月までに実施された全観測点の分布を示す。第1期の観測は2005年12月から2006年8月にかけて実施され、能登半島北端七浦(STU)から長野県南部遠山(TOY)に至る第1測線の北側、七浦(STU)から上宝(KMT)にかけての各地域で行われた。第2期の観測は2つの測線からなり、一つは跡津川断層にそう鳩ヶ谷(HTG)から東茂住(EMZ)に至る測線(2006年8月より開始)、もう一つは上記第1測線の南側、折敷地(OKJ)から遠山(TOY)に至る測線(2006年10月より開始)であった。電磁場周波数応答関数を求めるための3成分磁場観測点として、

北から輪島 (WJM), 白川 (SRK), 上宝 (KTJ), 大鹿 (OSK) の4地点に連続観測点を設置した。

この数年間は、太陽活動の最も穏やかな時期にあたり、2005年12月の観測開始から、ほとんど磁気擾乱の無い静穏な状況が続いているが、2006年4月や2006年12月にやや顕著な磁気擾乱が起きたほか、1ヶ月に1、2回程度小規模な磁気擾乱は起きている。第1期の観測に関しては2006年4月13-15日、第2期の観測に関しては2006年10月12-21日、12月7-16日のデータを用いて、電磁場応答関数推定を試みた。この際、WJMをremote referenceにとり、KTJの水平磁場に対する各測線の地電位差応答関数をChave et al. (1987)のrobustコードを用いて推定した。各地電位差測定ダイポールに対して推定した周波数応答関数の性質を示すため、各測線の方位と(KTJにおける)磁場変動の方位が直交するimpedance (Ichiki et al., 2001) について、見かけ比抵抗、位相、(KTJにおける)水平磁場2成分と各々の地電位差変動のmultiple coherencyを擬似断面の形式でFig.2に示した。8s-10,000sの周期帯域で応答関数を求めている。後述するように、深部構造の特徴は位相の擬似断面に最も良く現れていると考えられ、能登半島での最長周期帯での位相の高まり、歪集中帯での最短周期帯での位相の高まりが顕著に認められる。前者はマントル上部の低比抵抗、後者は中下部地殻の低比抵抗領域の存在を示唆する。EMZからKFKにかけて、位相の高まりの中心周期が徐々に長くなっている(つまり低比抵抗領域が深くなっている)ことも興味深い。ただ、coherencyが示すように、能登半島地域では短周期、木曾谷、伊那谷地域では全周期にわたって応答関数の品質は悪い。これらは、いずれも近くを走る直流電車からの漏れ電流ノイズによるものであった。能登地域や伊那谷では深夜には電車が止まること、木曾谷では(春から秋にかけての期間のみ)1週間に1、2度深夜には電車が止まることがわかっているため、今後より厳しくデータを選別し、注意深く解析を行うことで改善が期待できる。

Fig.3,4には、跡津川断層に沿う方向でのデータを用いて初期的な2次元解析を行った結果を示す。この地域のデータの品質はFig.2により保障されている。領域を数kmから10kmスケールの小三角領域に分け、各小三角領域についてimpedance tensorを求める(Uyeshima et al., 2001)。それを断層の走向に単純に回転し、TMモード(電流が断面内を流れ、磁場が断面に直交するモード)のimpedanceを用い、Siripunvaraporn and Egbert (2000)の2D-REBOCC inversionを用いて構造を求めた(Fig.3)。Fig.4では、用いた観測impedance値と得られた構造から計算されるsyntheticなimpedance値とを対照している。約10kmより浅い地震発生帯とそれ以深の無地震帯が、それぞれ相対的に高比抵抗、低比抵抗帯に対応している。この中低部地殻の低比抵抗帯の存在を如実に示すものが、Fig.4における全観測点にわたって認められる最短周期帯の位相の高まりである。従って、Fig.2において、歪集中帯全体にわたって認められる同じ周期帯の位相の高まりが、同様に、中下部地殻に存在する低比抵抗帯を示唆することとなる。このほか、地震発生帯の中にも地震発生空間的頻度にむらぎ認められるが、それと構造との対応はあまり顕著ではない。もう少し短周期のimpedanceを求めること、測定の空間スケールをもう少し小さくすることが必要である。

#### 謝辞

本観測の実施にあたって、NTTならびにNTT関連子会社の方々には多大なご支援、ご助力を頂いております。また、磁気点の設営にあたって、南氏、白川村役場、大鹿村役場、京大防災研上宝地殻変動観測所より多大なるご助力を頂きました。記して感謝の意を表します。本研究は、文部科学省地震予知事業費、東大地震研所長裁量経費、同共同利用研究費からの研究資金に基づいて実施しております。

Figures

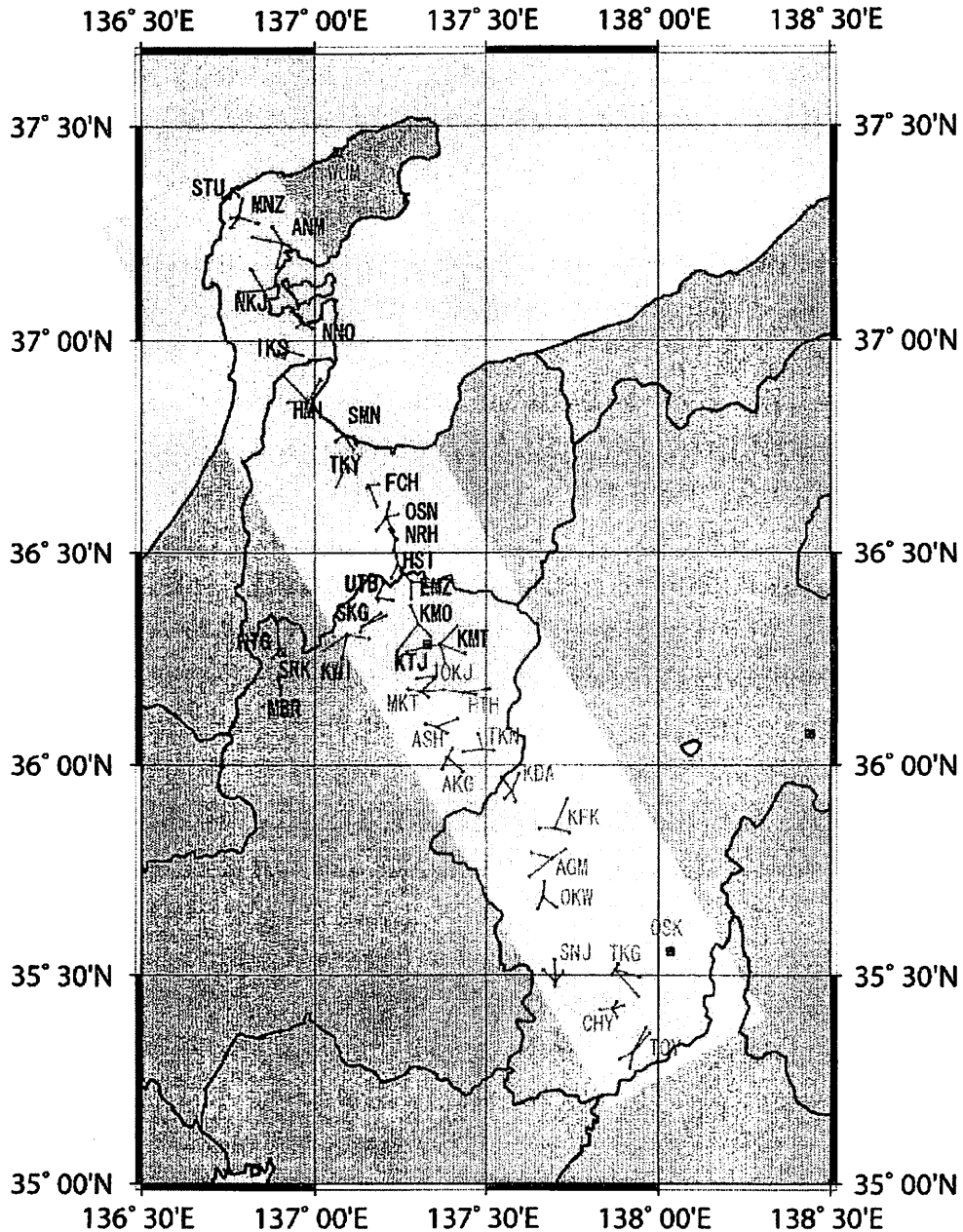


Fig.1: Cumulative site distribution of the Network-MT survey from Dec., 2005 to Mar., 2007. Each line indicates an electric dipole to measure potential difference between two end points by using a metallic telephone line cable of Nippon Telegraph and Telephone Corp. (NTT). Squares indicate sites of 3-component magnetic field. The first campaign was carried out from Dec. 2005 to Aug. 2006 in the northern part of the first observation line (from STU to KMT). The first observation line across the Niigata-Kobe Tectonic Zone is indicated by the shaded inclined rectagle. The second campaign consists of two parts: One is along the Atotsugawa Fault (from EMZ to HTG), and the other is in the southern part of the first observation line (from OKJ to TOY). The former surveys started from Aug. 2006 and the latter from Oct. 2006, and both continue up to now. (Mar., 2007)

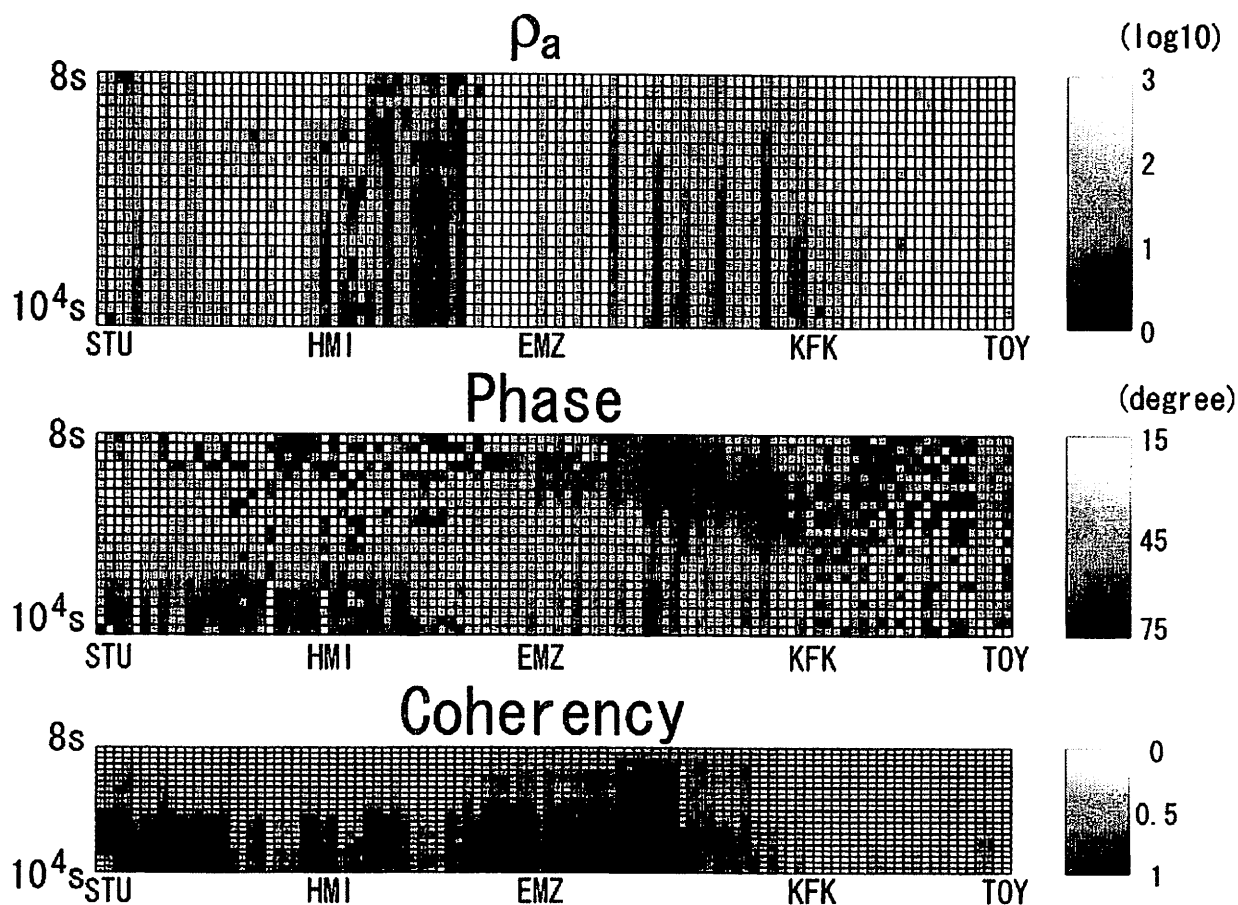


Fig. 2. Pseudo cross-sections for the apparent resistivity (top), the phase (middle) and the multiple coherency (bottom). The apparent resistivity and the phase are calculated from “mutually perpendicular impedances” for the respective electric dipole in respective area and azimuths. The “mutually perpendicular impedance” means that the azimuth of the electric dipole (and then azimuth of the electric field variation) and that of the magnetic field variation (at KTJ) are mutually perpendicular. Period range is from 8s to 10<sup>4</sup>s. The response functions were estimated by a robust processing code of Chave et al. (1987). The left-hand side is NNW and the right-hand side is SSE. Area names are added such as STU: Shitsuura, HMI: Himi, EMZ: Higashi-Mozumi, KFK: Kiso-Fukushima and TOY: Toyama.

Remarkable enhancement of the phase value is seen in the longest period range in the Noto Peninsula Area (from STU to HMI). Another noteworthy feature is that an inclined patch with high phase value is detected in the shortest period range in the Niigata-Kobe Tectonic Zone (from EMZ to KFK). As the coherency section clearly indicates, data in Noto area in the short period range should be improved. The bad quality is mainly due to leakage currents from the nearby DC railways. Moreover, data quality in Kiso area and Ina area (between KFK and TOY) is extremely poor also due to the nearby DC-railways. Since DC-trains stop in the night in Noto area and Ina area, and in the night on Sunday and Saturday in Kiso area, some improvements in estimating impedances will be expected by careful selection of the records.

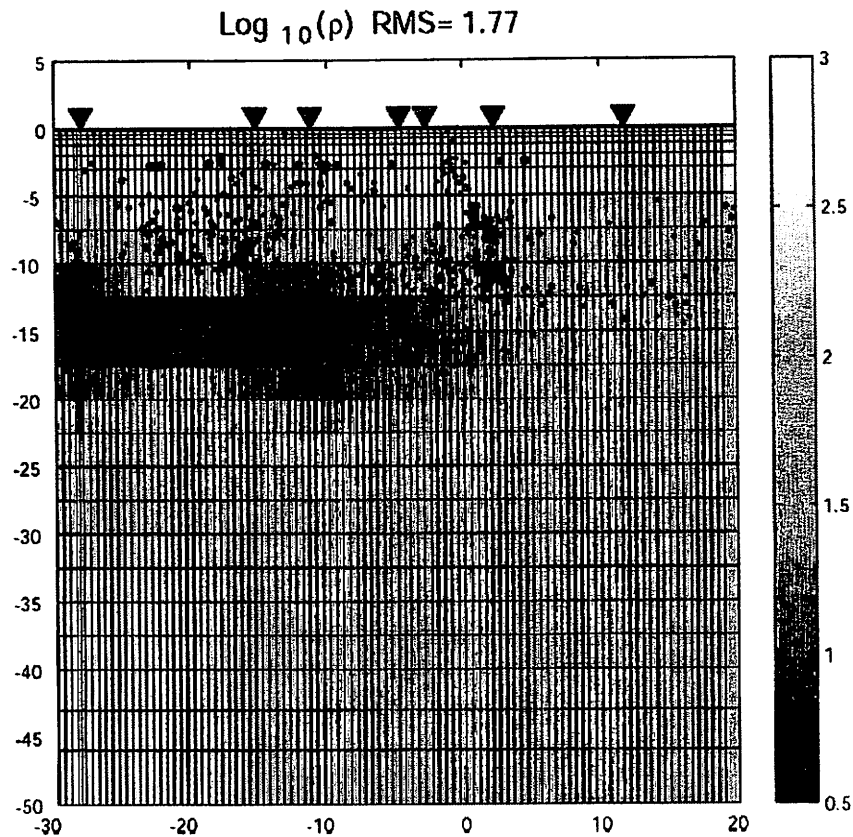


Fig. 3. A 2-D resistivity cross section along the Atotsugawa Fault by using the TM-mode Network-MT data and the REBOCC 2-D inversion scheme (Siripunvaraporn and Egbert, 2000). Error floor is set to be 1% and RMS is 1.77. Azimuth of the cross section is 60 degree eastwards from the geographic north and position of 0km is at the Suganuma electrode point (N36.353250°, E137.205917°). Sites are indicated by triangles: Hatogaya(HTG), W-Kawai(KWI), E-Kawai(KWI), W-Sakagami(SKG), E-Sakagami(SKG), Utsubo(UTB) and Higashimozumi(EMZ), from the left (WSW) to the right (ENE). Also shown are cumulative hypocenters for a period from Oct. 1997 to Dec. 2006 unified by Japan Meteorological Agency (JMA) within 2.5km from the observation line. The seismogenic zone in the upper crust is relatively resistive and the middle crust with no earthquakes is determined to be relatively conductive.

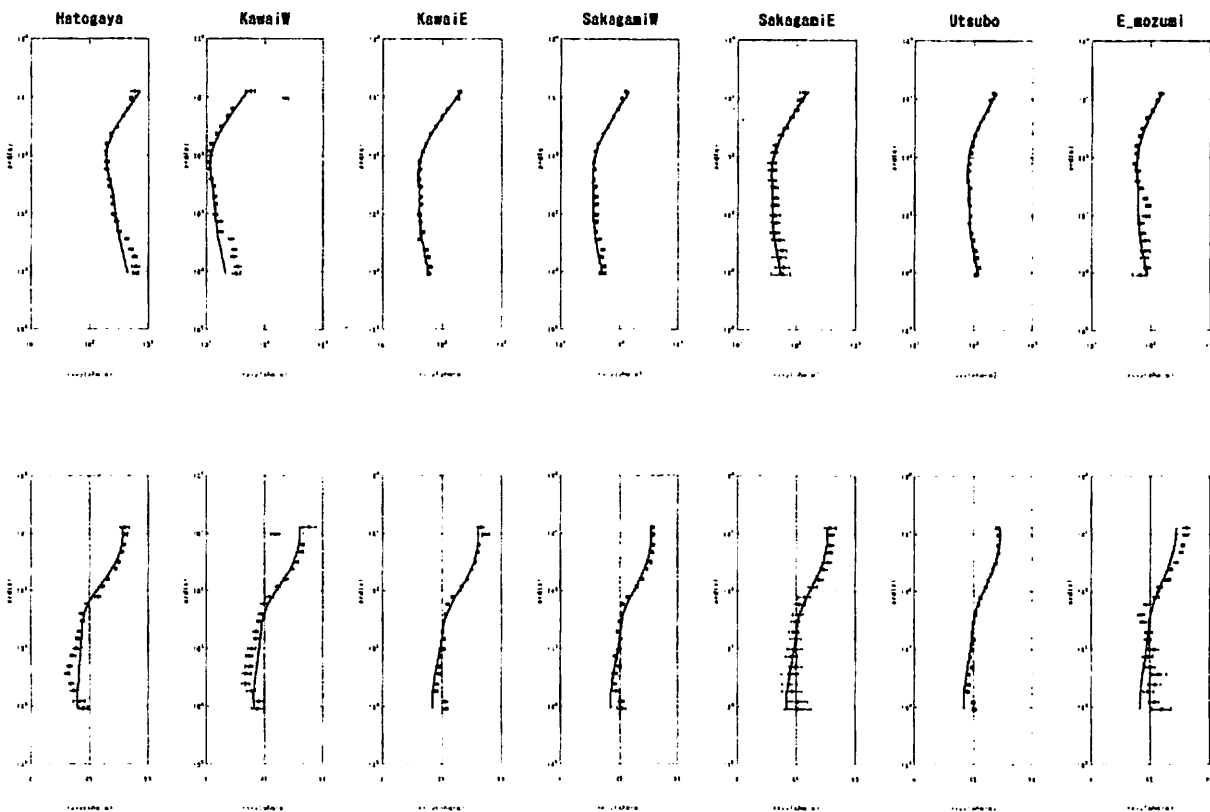


Fig. 4. Comparison between the observations (with errors) and the synthetic impedances (lines) from the model shown in Fig. 3. TM-mode apparent resistivity (top) and phase (bottom) are shown, respectively.

#### References

- Chave A.D., Thomson, D.J. and Ander M.E., On the robust estimation of power spectra, coherences, and transfer functions. *J. Geophys. Res.*, 92, 633-648, 1987.
- Ichiki, M., Uyeshima, M., Utada, H., Zhao, G. and Tang, J., Upper mantle conductivity structure of the back-arc region beneath northeastern China, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3773-3776, 2001.
- Siripunvaraporn, W. and Egbert, G., An efficient data-subspace inversion method for 2-D Magnetotelluric data, *Geophysics* 65, 791-803, 2000.
- 上嶋誠・小河勉・小山茂・笠谷貴史・山口覚・藤浩明・村上英記・吉村令慧・大志万直人・丹保俊哉, 新しいネットワークMT法観測機器の開発と中部地方における観測計画, *Conductivity Anomaly 研究会 2006 年論文集*, 121-125, 2006.
- Uyeshima, M., Utada, H. and Nishida, Y., Network-magnetotelluric method and its first results in central and eastern Hokkaido, NE, Japan, *Geophys. J. Internat.* 146, 1-19, 2001.