

広帯域 MT 法から推定された 2003 年宮城県北部地震

震源地域周辺における比抵抗構造

佐藤秀幸・光畑裕司・内田利弘 (産業技術総合研究所), 三品正明 (東北大学),

小川康雄・本蔵義守 (東京工業大学), 西谷忠師・坂中伸也 (秋田大学)

Resistivity structure around the aftershock area of the 2003 Northern Miyagi earthquake, NE Japan, as inferred from magnetotelluric investigation

Hideyuki Satoh, Yuji Mitsuhashi, Toshihiro Uchida (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), Masaaki Mishina (Tohoku University), Yasuo Ogawa, Yoshimori Honkura (Tokyo Institute of Technology), Tadashi Nishitani, Shin'ya Sakanaka (Akita University)

Abstract

In order to investigate the existence of fluid around hypocenters of intraplate earthquake, we carried out wideband MT survey around the aftershock area of the 2003 Northern Miyagi earthquake (Mj 6.4), Northeast Japan. The MT stations were set to 14 sites and were aligned in EW direction across the aftershock activity area. Results of two dimensional inversion revealed the following features: (1) A low resistivity layer (a few to 10 Ohm-m), with thickness from 1.5 to 2km, is distributed widely in the western to central part of the survey area. Considering seismic reflection study (Sato et al., 2004), the bottom of this layer coincides with the boundary between the Tertiary and Pre-Tertiary formations. (2) A highly resistive layer (more than 1,000 Ohm-m) is analyzed in the western part of the survey area. Since the distribution of this layer is consistent with the large positive aeromagnetic anomaly region (Nakatsuka and Okuma, 2005), the causative material may be common. (3) A low resistivity block (10 to 40 Ohm-m) is analyzed in the central part of survey area at depth of about 10km. Comparing with distribution of hypocenters determined by Okada et al.(2003), aftershock activity which dipping to westward occurred above this low resistivity block. If this low resistivity block implies fluid, our result suggests that earthquakes are driven by the fluid existing below the fault.

1. はじめに

内陸地震発生域における広帯域 MT 観測の結果から、地殻中深部に低比抵抗異常の存在が指摘されている (例えば, Mitsuhashi et al., 2001, Ogawa et al., 2001). これらは地震波の低速度異常域や散乱体に対応することが多い. さらに, これら低比抵抗異常の上方や側方には高比抵抗域があり, 地震活動の高い部分に対応している. これらのことから, 地殻中深部の低比抵抗異常は流体の存在を意味し, 流体がより透水性の低い高比抵抗部へ移動することにより地震を誘発させている可能性が示唆されている. そこで, このような背景の基に, 2003 年 7 月 26 日に発生した宮城県北部を震源とする地震の余震域で, 地震発生に関わる流体の関与を調べることを目的として, 広帯域 MT 法による比抵抗構造探査を実施した.

2. 調査概要及びデータ処理

余震域を横切るように、宮城県大郷町から雄勝町に至る東西約 50km の測線を設けた。測点はほぼ均等に 14 点配置したが、震源域直上付近では高密度に展開した。データ取得は 1 測点につき、2 日ないし 3 日間行った。なお、使用機器はカナダフェニックス社製の MTU-5 で、全点で電場 2 成分及び磁場 3 成分の 5 成分のデータを取得した。使用した周波数は $320\text{--}0.00055\text{Hz}$ (1800 秒) で、ほとんどの観測点では 1Hz までの高周波数帯域では良好なデータが取得できたが、1Hz より低周波数帯域では JR 石巻線の電車の影響と思われる人工ノイズが混入していたため、インピーダンスが十分な精度で得られなかった。そこで、国土地理院水沢測地観測所江刺観測場での MT 固定連続観測データ (佐藤・他, 2003) を参照データとしてリモートレファレンス処理 (Goubau et al., 1984) をし、2 日ないし 3 日間のデータをスタッキングして、さらに不良なデータを除去することにより、データ品質の向上を図った (ここでは電車ノイズのない夜間だけのデータを使ったので、周期 1000 秒以上は使えなかった)。

3. 解析結果

得られた MT インピーダンスに対して、Groom-Bailey 分解 (Groom and Bailey, 1989) を適用し、構造の走向方向を推定した。研究対象が地殻中深部であることから、ここでは 10Hz 以下の低周波を扱った。その結果、 $N30^\circ E$ を構造の推定方向と決定し、各観測点の MT インピーダンステンソルを、電場がこの方向のモード (TE モード) と、それに直交するモード (TM モード) とに分解し、2 次元解析の入力とした。

構造解析には TM モードの見掛け比抵抗及び位相差を用いて、Uchida and Ogawa (1993) による平滑化制約付き MT 法 2 次元インバージョンコードを用いて、比抵抗分布を推定した。なお、調査地域東側に位置する太平洋の存在とその比抵抗を $0.25\ \Omega\text{m}$ と固定し、計算に組み入れている。このようにして得られた比抵抗構造の主な特徴は以下のとおりである。

(1) 測線西側から中央部にかけての表層部深さ 1.5 - 2km までに低比抵抗層があり、その下部に高比抵抗層が存在する。低/高比抵抗層の境界は、反射法地震探査の結果 (佐藤・他, 2004) から推定されている新第三紀の堆積層と先新第三紀の基盤岩との境界の位置とほぼ調和的である。さらに、地震波 S 波速度構造断面図 (岡田, 2003) と比較すると、低比抵抗異常域と低速度異常域とは対応している。(2) 測線中央部から西側にかけての地殻中深部には高比抵抗層があり、広域にわたって分布している。空中磁気図 (中塚・大熊, 2005) と比較すると、高磁気異常域の分布域とよく対応している。この高磁気異常域は花崗岩帯の一部と推定されているので、この高比抵抗もそれと対応するものと考えられる。

(3) 測線中央部の地下中深部には低比抵抗域が推定され、その西側上方には (1) で指摘した高比抵抗域があり、その境界は西に傾斜している。余震活動分布図 (Okada et al., 2003) と比較すると、この低/高比抵抗層の境界から高比抵抗域にかけて、余震活動が集中している。余震がこのような高/低比抵抗境界域に発生するという特徴は、Mitsuhata et al. (2001) や Ogawa et al. (2001) などの結果と矛盾はしない。しかしながら、本調査地域南側に位置する石巻湾の存在がこのモデルには考慮されていないので、現段階では推定されたこの低比抵抗域の優位性を強くは主張できない。今後さらにモデルの精度を高めて検討を進めていく必要がある。

謝辞：北海道大学理学研究科茂木透教授には観測を実施するにあたりご協力いただいた。また，国土地理院水沢測地観測所から，江刺観測場の MT 連続観測データを提供していただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- Goubau, W. M., P. M. Maxton, R. H. Koch and J. Clarke, Noise correlation lengths in remote reference magnetotellurics, *Geophysics*, **49**, 434-438, 1984.
- Groom, R. W. and R. C. Bailey, Decomposition of magnetotelluric impedance tensor in the presence of local three dimensional galvanic distortion, *J. Geophys. Res.*, **94**, 1913-1925, 1989.
- Mitsuhata, Y., Y. Ogawa, M. Mishina, T. Kono, T. Yokokura, and T. Uchida, Electro-magnetic heterogeneity of the seismogenic region of 1962 M6.5 Northern Miyagi earthquake, northeastern Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 4371-4374, 2001.
- 中塚正・大熊茂雄，日本空中磁気異常データベース，数値地質図 P-6，地質調査総合センター，2005.
- Ogawa, Y., M. Mishina, T. Goto, H. Satoh, N. Oshiman, T. Kasaya, Y. Takahashi, T. Nishitani, S. Sakanaka, M. Uyeshima, Y. Takahashi, Y. Honkura, and M. Matsushima, Magnetotelluric imaging of fluid in intraplate earthquake zone, NE Japan back arc, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 3741-3744., 2001.
- 岡田知己，東北日本沈み込み帯における地震活動特性とアスペリティーに関する研究，東北大学博士論文，pp101. 2003.
- Okada, T., N. Umino, and A. Hasegawa, Rupture process of the July 2003 northern Miyagi earthquake sequence, NE Japan, estimated from double-difference hypocenter locations, *Earth Planets Space*, **55**, 741-750, 2003.
- 佐藤比呂志・他，2003 年宮城県北部地震震源域北部での反射法・屈折法地震探査，2003 年宮城県北部の地震による地震災害に関する総合的調査研究，平成 15 年度科学研究費補助金研究成果報告書，5-20，2004.
- 佐藤秀幸・湯通堂亨・門脇俊弘・石原操・藤原智，広帯域 MT 固定連続観測点システムを用いた地殻比抵抗モニタリング，国土地理院時報，**101**，23-35，2003.
- Uchida, T. and Y. Ogawa, Development of fortran code for two-dimensional magnetotelluric inversion with smoothness constraint, *Geological Survey of Japan Open-File Report*, **205**, pp115, 1993.