

1914年仙北地震地域における地震活動とMT比抵抗モデリング

三浦卓也・西谷忠師・坂中伸也（秋田大・工学資源），小川康雄（東工大・火山流体），
茂木透（北大・理），三品正明（東北大・理）

Magnetotelluric resistivity modeling around 1914 Senboku Earthquake area comparing with
high and low seismic zones

Takuya Miura¹⁾, Tadashi Nishitani¹⁾, Shin'ya Sakanaka¹⁾, Yasuo Ogawa²⁾,
Toru Mogi³⁾, Masaaki Mishina⁴⁾

¹⁾Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

²⁾Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

³⁾Graduate School of Science, Hokkaido University

⁴⁾Graduate School of Science, Tohoku University

Abstract

The Senboku earthquake of magnitude 7.1 occurred in Daisen city Kariwano, Akita Prefecture on March 15, 1914. The fault by this earthquake has not been recognized at this present. In the vicinity of the epicenter of the Senboku earthquake, a lot of microearthquakes have been generated, which thought to be aftershocks of this earthquake. High-seismicity segment of these microearthquakes and seismic gaps are seen around the epicenter of the Senboku earthquake. The purpose of this study is to clarify the relation between resistivity structures and seismic activities two-dimensionally using wideband MT observation of the Senboku seismic region.

The Occam's Inversion and RLM2DI program were used for two dimension analysis. In the analysis, the data acquired from 1999 to 2006 were used and both TM and the TE mode were adopted. As a result, the resistivity structure differed in east and west side near the Senboku earthquake epicenter. The resistivity structure tends to show the low resistivity in the west and the high resistivity in the east. The high resistivity body distributed on the east side of the Senboku earthquake epicenter showed the highest resistivity values in the north side, and the resistivity tended to decrease in the south direction. The resistivity boundary agreed well with the concentration area of the microearthquake. This result is conformed with the previous MT observations.

1. はじめに

秋田県大仙市刈和野地域では、1914年3月15日に仙北地震(M7.1)が発生した。この地震は地表に現れた活断層によるものではなく、現在でもこの地震による断層は認められていない。この仙北地震の余震と考えられている微小地震が仙北地震震央付近で多く発生している。この微小地震の震央分布は仙北地震の震央付近で微小地震の集中域と空白域が見られる。本研究では1998-1999年の地殻比抵抗グループによる共同観測、および2001~2004年と2006年に秋田大学が独自に観測したデータを用いて2次元解析を行った。ここでは、仙北地震地域を中心とした秋田県中央部の地震活動と比抵抗構造との関係を2次的に明らかにすることを目的としている。

2. 観測概要およびデータ処理

観測地域は、仙北地震地域を中心とした秋田県中央部の南北約30km、東西約40kmの範囲である。この地域では1998-1999年の地殻比抵抗グループによる共同観測、および2001~2004年の秋田大学の観測によって東西方向の3本の測線が定義されている。2006年度の観測ではこの3本の測線の間を埋めるように観測点を展開した(第1図)。

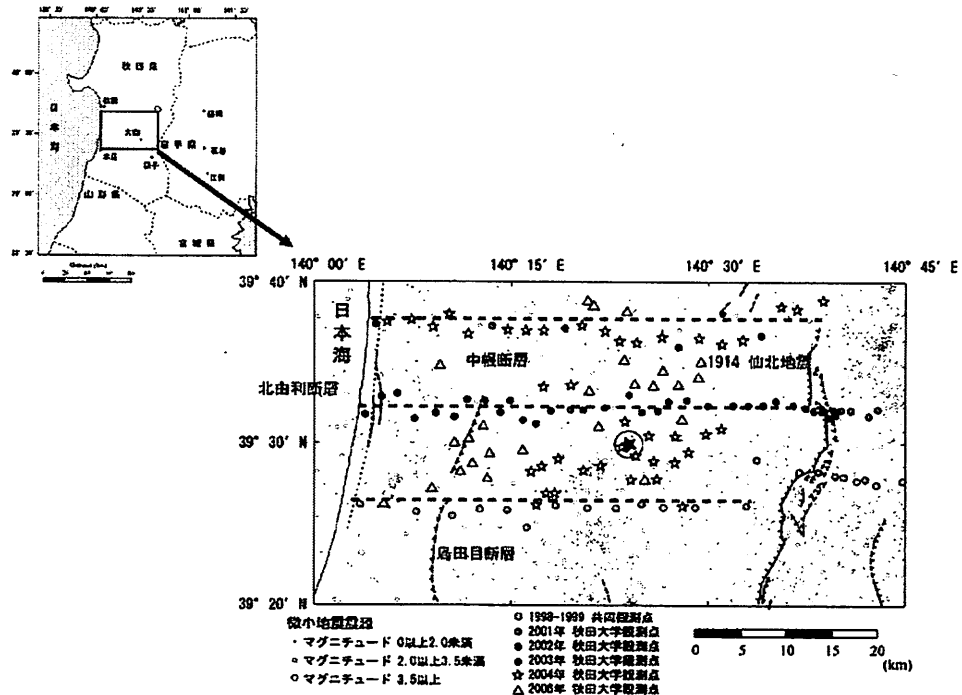
観測にはPHOENIX社の広帯域MT観測装置MTU-5を用い、磁場3成分と電場2成分を測定した。観測する時間は観測点において特別な事情が無い限りは夕方18:00から翌々日の9:00である。リモートリファレンス処理に用いたリモートリファレンス点は観測地域内に設けた。また、各観測点はGPSによって同時性を持たせた。

観測データに含まれるノイズを除去するためにリモートリファレンス処理とエディティングを行った。リモートリファレンス処理には、観測地域内の2測点の同時観測からリモートリファレンス処理を行う相互リファレンス処理を採用した。

3. 解析

1998年から2006年までにこの地域で得られた観測データを用いて2次元解析を行う。2次元解析を行うために第1図の破線で示されているような東西方向の3本の測線を定義した。まず、インダクションベクトルの分布を見る(第2図)。周波数0.1Hzでは、一番北に位置する測線と真ん中の測線の間、および仙北地震震央の西側の地点に向けてベクトルが集まる傾向が見られた。これは、その位置の深さ10~15kmに低比抵抗異常が存在していることを示唆している。

2次元解析は、解析ソフトGeotoolsに含まれているRLM2DIプログラムとOccam's Inversionプログラムを用いた。初期モデルは100Ωmの均質大地とし、解析にはTMモードとTEモードの両方を用いた。ここでは特にRLM2DIプログラムによる結果を取り上げる。



第1図：広帯域MT観測の観測点と震央分布

地震データは気象庁の地震年報カタログ（1995年～2004年）を用いた。破線は2次元解析の測線を示している。

Fig. 1: Observation point of wideband MT observation and epicenter distribution. The seismicity in this region during the period from 1995 to 2004 is determined by JMA. The broken line shows the survey lines on two dimensional analyses.

4. 結果と考察

各断面で得られた2次元比抵抗モデルの中で観測値とモデルから計算された理論値が最もよく一致するモデルを最終モデルとした（第3図）。第4図は3本の測線で得られた2次元比抵抗モデルを北から順に並べたものである。

4.1 仙北地震地域を中心とする秋田県中央部の比抵抗構造について

3本の2次元比抵抗断面に共通して仙北地震震央を境にして東部が高比抵抗、西部が低比抵抗という傾向が見られる。東部の高比抵抗体に関しては、一番北に位置する断面では比抵抗値が100～5000Ωm、中央に位置する断面では200～500Ωm、一番南に位置する断面では100～200Ωmと北部で最も比抵抗値が高く、南にいくにしたがって比抵抗値が小さくなっている。これは北部と南部での岩質の違いであるのかもしれない。また、西部の低比抵抗体に関しては地表付近（深さ5km）までの比抵抗値が南にいくにしたがってやや高くなっている。そして、一番南の比抵抗断面には西部の低比抵抗体中に2つの高比抵抗（100～200Ωm）ブロックが現れている。これらの結果は秋田県中央部の比抵抗構造を詳細に説明するためには3次元的な解析が必要であることを示唆し

ている。

4.2 地震活動との対比

第4図にはそれぞれの断面の南北5km以内の微小地震の震源をプロットしている。震源データは気象庁の地震年報カタログ(1995年~2004年)を用いた。仙北地震震央西部の観測点433~380までの微小地震の集中域は比抵抗境界に一致している。また、観測点616と320の間の微小地震発生域も比抵抗境界におおよそ一致している。これらの結果はこれまでの断層沿いのMT探査の結果(Ogawa et al., 2001 and Goto et al., 2005)と整合的でありこれらの微小地震は岩盤内の流体の移動によって発生しているのかもしれない。仙北地震東部の500 Ω mを超える高比抵抗体では微小地震が発生していない。これはその高比抵抗部は間隙率が低く、強く固着しているためであると考えられる。

4.3 Ogawa et al. (2001)による比抵抗モデルとの比較

本研究の一番南に位置する測線はOgawa et al. (2001)の測線に部分的に一致する。そこで、本研究で得られた結果とOgawa et al. (2001)の結果とを比較する(第5図)。なお、本研究では解析の際にOgawa et al. (2001)で用いられた観測点の他に秋田大学独自で観測した観測点も含めて解析を行った。Ogawa et al. (2001)の結果の西部に見られている10 Ω mの低比抵抗体は本研究の結果には現れていないが低比抵抗体が分布するという傾向は一致する。また、Ogawa et al. (2001)のDewa hillsとYokoteBasinの境界付近に現れている10000 Ω mの高比抵抗体は200 Ω mの2つの比抵抗ブロックとして表れている。このように比抵抗値は違うものの高比抵抗体と低比抵抗体の全体的な分布としてはOgawa et al. (2001)と整合的な結果が得られた。

5. まとめ

本研究では、広帯域MTを用いて地下構造探査を行うことにより、仙北地震地域を中心とする秋田県中央部の比抵抗構造と地震活動との関係について以下のことを明らかにした。

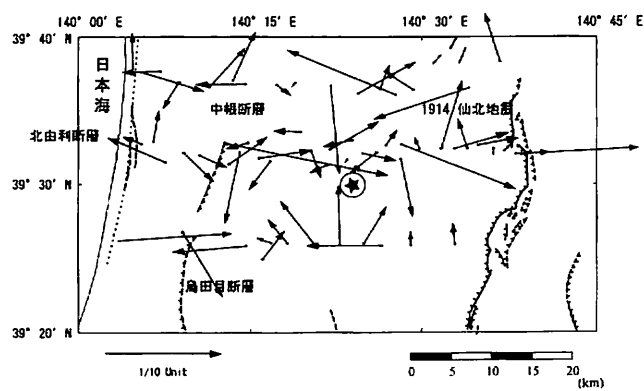
1. 比抵抗構造について

- ・ 仙北地震震央付近を境にして東西で比抵抗構造が異なる。西側では低比抵抗を示し、東側では高比抵抗を示す傾向がある。
- ・ 仙北地震震央の東側に分布している高比抵抗体は、北部で比抵抗が最も高く南に行くにしたがって比抵抗値が小さくなる。

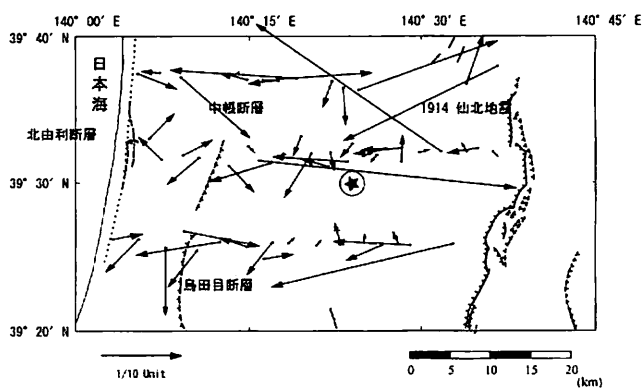
2. 地震活動との対応

- ・ 微小地震の集中域は比抵抗境界に一致している。
- ・ 500 Ω mを超える高比抵抗体では微小地震が発生していない。

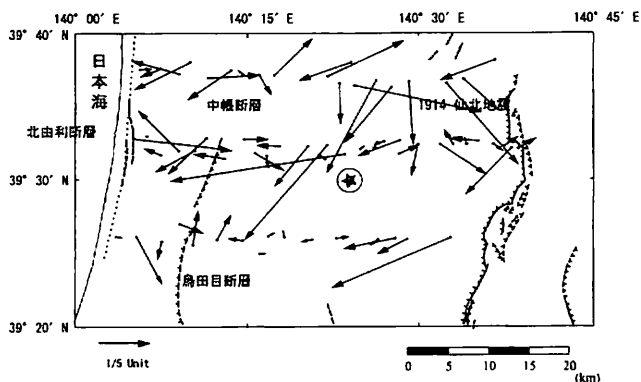
上の結果から微小地震の集中域に関してはこれまでなされてきた震源域のMTの結果と整合的な結果が得られた。今後は、3次元的な解釈やこの地域における他の手法での探査結果そして地質との関係を考慮して仙北地震震央直下のより詳細な比抵抗構造ならびに秋田県中央部における比抵抗構造と地震活動との関係をより詳細に明らかにしていきたい。



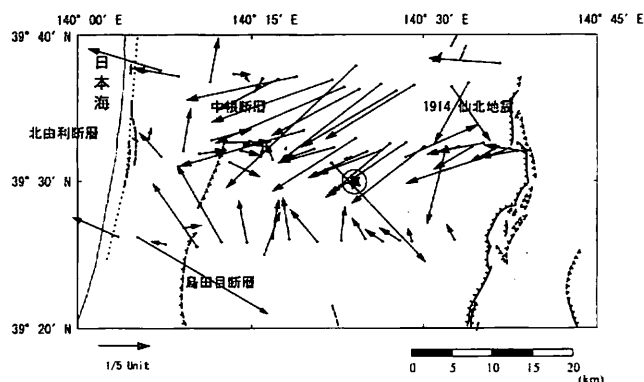
(a) 100Hz



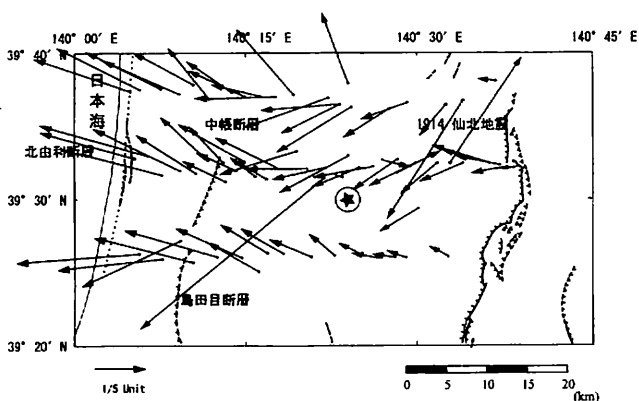
(b) 10Hz



(c) 1Hz



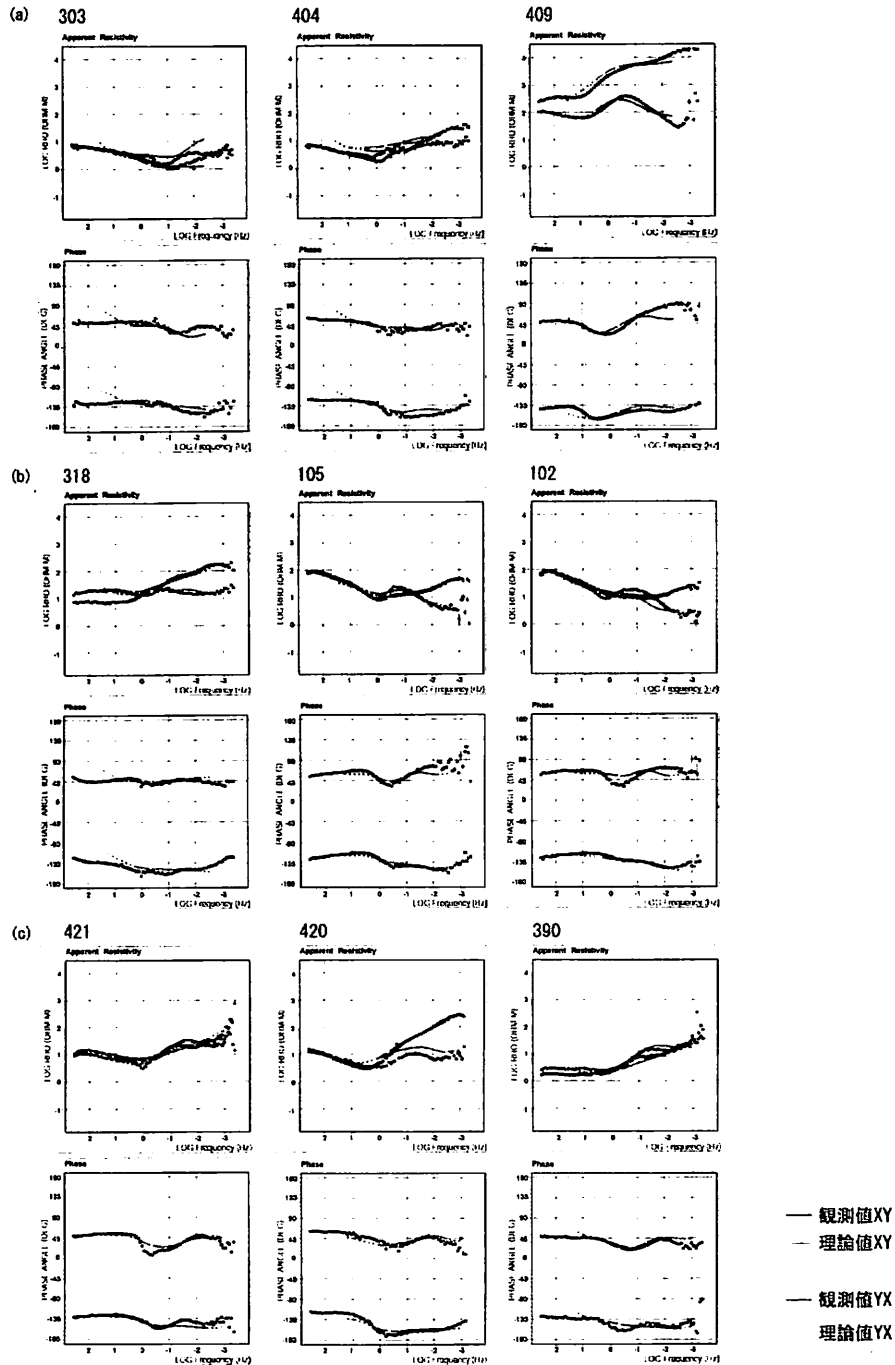
(d) 0.1Hz



(e) 0.01Hz

第2図 : (a) 周波数 100Hz, (b) 周波数 10Hz, (c) 周波数 1Hz, (d) 周波数 0.1Hz, (e) 周波数 0.01Hz で計算されたインダクションベクトル

Fig.2: Induction vector calculated by (a) frequency 100Hz, (b) frequency 10Hz, (c) frequency 1Hz, (d) frequency 0.1Hz, (e) frequency 0.01Hz.



第3図：観測値とモデル計算による理論値との比較

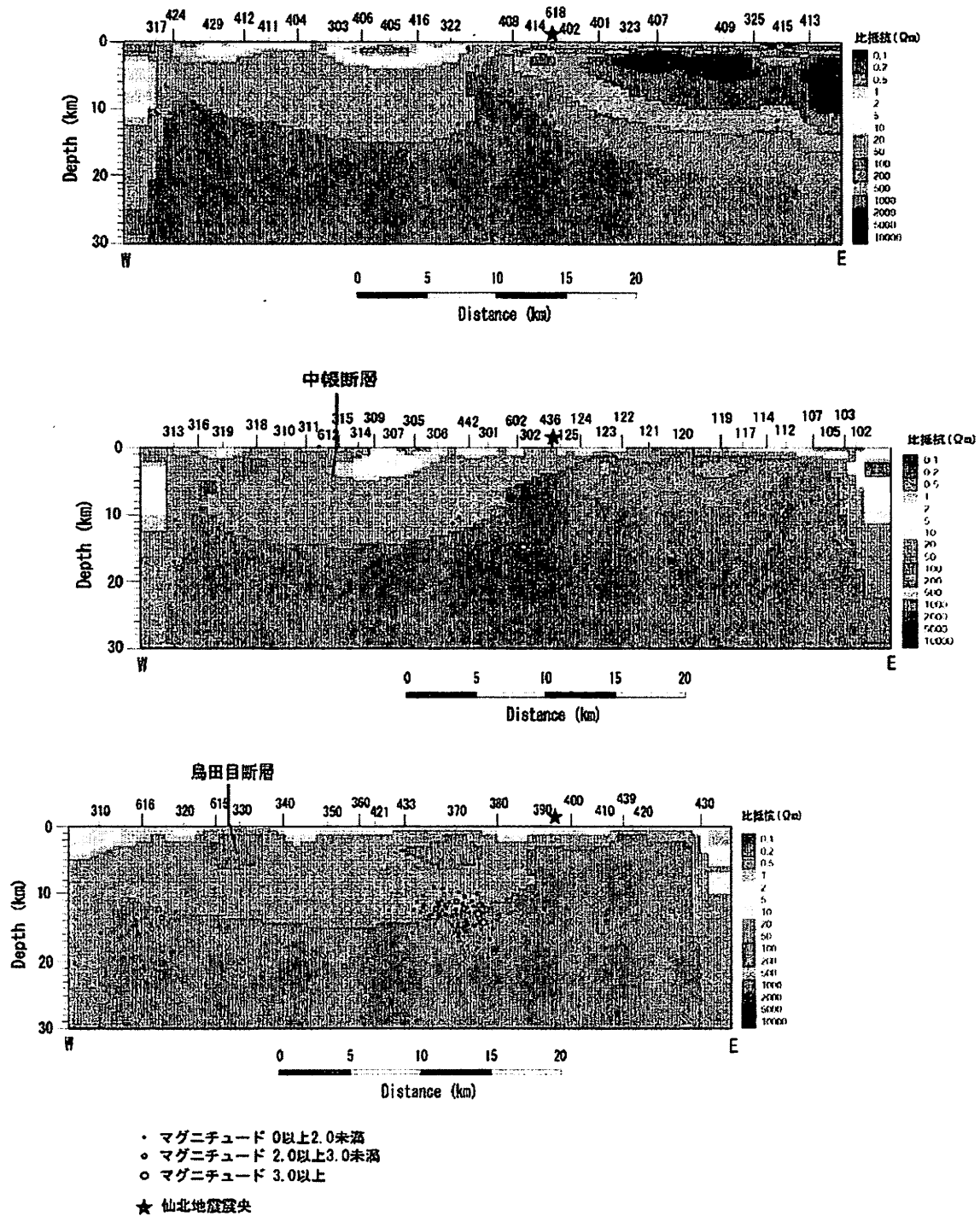
上が見掛け比抵抗，下が位相を示している．図の上の番号は測点番号である．

(a), (b), (c)と順に北部，中央部，南部の測線において代表的なものを示した．

Fig.3: Comparison between observation values and theoretical values by model calculation.

The upper part shows apparent resistivity and lower part shows phase. The number on the figure is the observation point. Figures showed representative observed values.

(a) in the northern part, (b) in the central part, and (c) in the southern part.

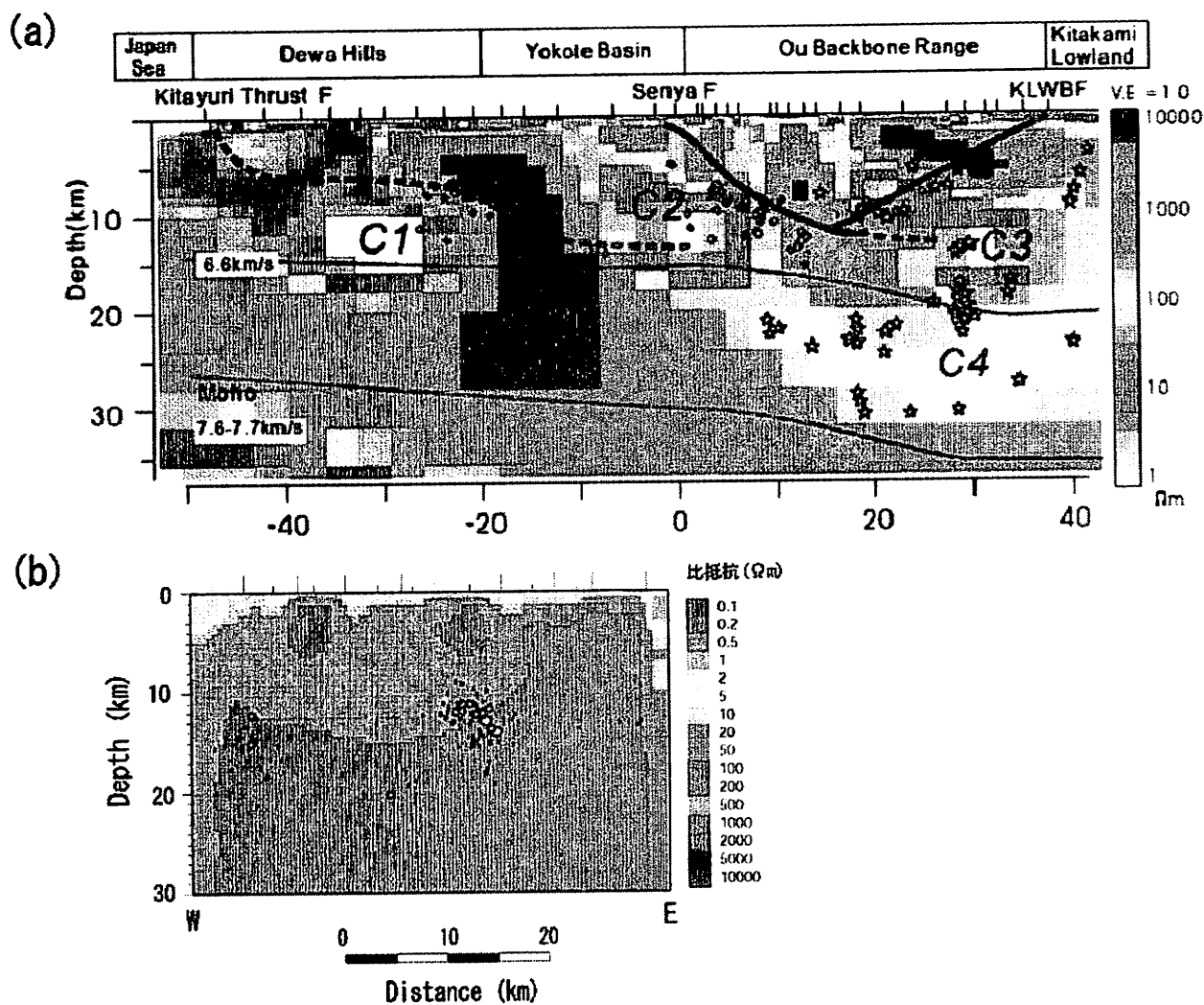


第4図：本研究で得られた3本の測線における2次元比抵抗断面図

上から北部，中央部，南部に位置する測線に対する断面図である。

微小地震の震源は各測線の南北5kmのデータを用いた。

Fig.4: Two dimensional resistivity structure. From the top, the northern part, the central part, and the southern part. The hypocenters are used within 5km from the survey line.



第 5 図：本研究で得られた結果と Ogawa et al. (2001)との比較

Fig.5: Comparison with a former result.

(a) Result of Ogawa et al. (2001),

(b) result of present study.

参考文献

Goto, T., Y. Wada, N. Oshiman, and N. Sumitomo (2005) : Resistivity structure of a seismic gap along the Atotsugawa Fault, Japan, *Phys. Earth Planet. Inter.* **148**, 55-72.

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 (2001) : Magnetotelluric imaging of fluids in intraplate earthquake zones, NE Japan back arc, *Geophys. Res. Lett.* **28**,3741-3744.