

乗鞍岳における AMT 観測

藤田 清士 (神戸大学理学部)、小川康雄 (地質調査所)、
山口覚 (神戸大学理学部)、市來雅啓 (京都大学防災研究所)、
楨野豊 (神戸大学大学院自然科学)

Audio Frequency Magnetotelluric survey on Mt. Norikura

K. Fuji-ta (Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University),
Y. Ogawa(Geophysics, Geological Survey of Japan), S. Yamaguchi (Department of Earth and
Planetary Sciences, Faculty of Science, Kobe University), M. Ichiki(DPRI, Kyoto University) and
Y. Makino (The graduate school of Sciences and Technology, Kobe University)

1 はじめに

乗鞍岳は中部日本の南北に伸びる乗鞍火山列の中央部に位置しており、中期更新世—完新世に火山活動が活発であった事が報告されている。特に降下テフラ層の研究から完新世には約700—1000年の周期で乗鞍岳は小規模噴火をおこしていたと推定されている。又、最近1万年以内に溶岩を流出した火山の1つとして数えられている(中野 他 1995)。しかしながら、乗鞍岳の北に位置する焼岳や南に位置する木曾御岳が現在も火山活動をおこなっているのに対して、乗鞍岳のみが活動休止状態である。本研究では、比較的高周波数である10—10000 Hzの地磁気地電流変動を用いたAMT観測により乗鞍岳の浅部比抵抗構造を詳細に捉え、現在の乗鞍岳の地下構造を考察する事を目的とするが、今回はその予察的結果を報告する。

2 AMT観測について

火山地域及び地熱地域の比抵抗構造推定にAMT法は数多く用いられてきた(e.g. Ander et al., 1984, Ingham 1991)。又、従来のVLF, ELF, ULF—MT観測によって得られたデータもインピーダンステンソルに異方性が強く現れない時は浅部構造探査に有効である(e.g. Utada and Shimomura 1990, Fuji-ta et al., 1994)。従来のMT観測に比較してAMT観測のすぐれている点はシューマン共振周波数より高周波数側が有効であるので、VLF帯からELF帯までの浅部構造を連続したデータとして解析できる点である。さらに火山地域における典型的な3次元性の地質を示す表層附近の電場擾乱に対してもAMT観測によって得られたインピーダンスをdecomposition (Groom and Bailey 1989)により適切に回転する事で解決できる。半面、AMT観測にも弱点が存在する。自然電磁場変動が観測に利用する周波数帯全域でシューマン共振のパワースペクトル強度が季節により弱い事や電磁場の信号源自体の強度が弱い事である。これらの問題についてはLakanen(1986)が夏季の観測の方が冬季の観測よ

り雷などの信号源が多く、スペクトル強度が強い結果を示すと報告しており、観測点において平面波近似さえ成立していれば、様々な信号源（電離層放電等）がAMT観測に有効に活用でき、広い周波数帯にわたりスペクトル強度は十分に確保できるとしている。

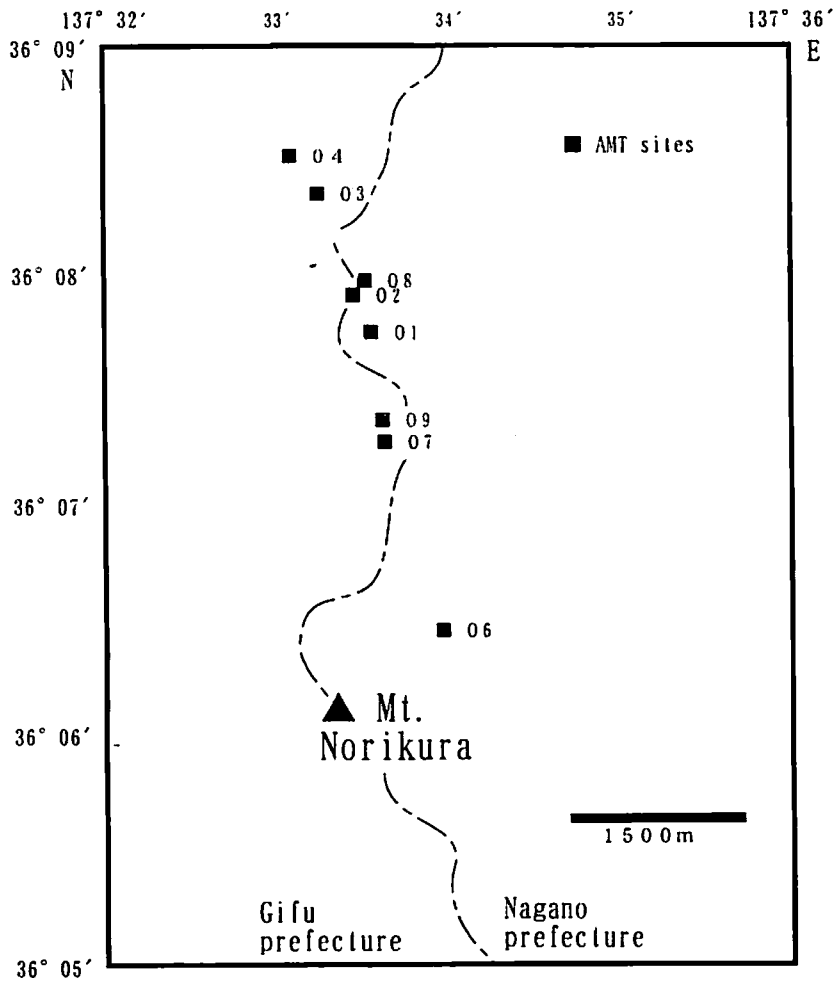
3 乗鞍岳における観測概要

観測は1996年8月下旬から9月上旬にかけて、岐阜県及び長野県の県境附近でおこなわれた。Site 01 から 08 までの観測点が乗鞍岳山頂の剣が峰の北から東の山麓にかけて分布している（第1図）。観測地域は国立公園内であり、岐阜県高山営林署から入山許可を得た後に観測をおこなった。観測機材はフェニックス社製V5-MT/AMT計を用いて、インダクションコイルにて磁場2成分、鉛一塩化鉛の電極にて電場2成分を観測した。観測周波数は10-10000Hzで、データ取得のThresholdを変え、高周波数ほど多いスタッキングを繰り返しながら十分なS/N比を得られるデータを各観測点で2~4時間収録した。乗鞍岳附近では人家が少なく大電力送電も頂上附近では存在せず、自動車等に起因するノイズも小さい事が判明した。但し、自然界の電磁場変動の中で1kHz附近のパワースペクトルは他の周波数に比較すると弱く、見かけ比抵抗及び位相差の誤差範囲が大きくなる傾向が見られた。特にこの様な傾向が顕著である観測点ではデータの連続性等の判断から見かけ比抵抗及び位相差の値を編集している。

4 解析

火山地域や表層地質が複雑な地域では3次元性の強いデータが取得される可能性が高い（小川 1994）。乗鞍岳の表層附近も複雑な3次元性を示す為、Ogawa (1996)とWannamaker(1996)の方法に従い、始めに各観測点から得られたインピーダンステンソルを10-100Hz、100-1000Hz、1000-10000Hzの3周波数帯に分けそのRegional strikeをRose Histogramsとして表現した。その結果、Regional strikeが周波数帯により不安定となり一定の方向を示さない観測点も存在した。しかしながら、3つの周波数帯のTotal Rose Histogramsから、10-100HzではN0.44°W、100-1000HzではN57.6°E、1000-10000HzではN40.6°EのRegional strikeを得た（第2図）。よって平均的なRegional strikeをN45°Eと判断した後インピーダンスを回転し、投影面はその方向に直交するN45°Wとして解析を進めた。

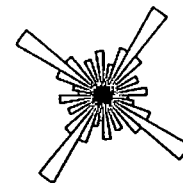
2次元構造解析はスタティックシフトがガウス分布に従うとするOgawa and Uchida(1996)のインバージョンにより求めた。この計算ではラフネスを最小化にすることができる。Iterationは20回にて観測周波数帯の見かけ比抵抗及び位相差のミスフィットを最小化することができた。第3図に観測値と応答曲線の比較を示す。



第1図

Site 1 から 8 までの観測点位置を■を示す。
▲は乗鞍岳山頂 剣が峰(3026m)

Total rose histograms



Frequency range 1000 to 10000 Hz

第2図

Total Regional Strike を Rose Histogram で表現した図。

上図

1000-10000Hz

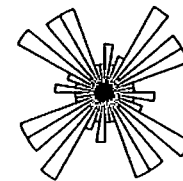
中図

100-1000Hz

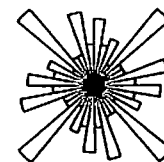
下図

10-100Hz

の3周波数帯に分類している。



Frequency range 100 to 1000 Hz



Frequency range 10 to 100 Hz

5 2次元モデル

第4図にインバージョンで得られた最適モデルを示す。モデルの特徴としては、測線全体にわたり、表層附近には200—2000 Ωm の高比抵抗層が存在する。特に測線南部地域のSite06からSite07にかけての乗鞍岳頂上附近(剣が峰)に近い観測点の間では深さ約150mまで500-2000 Ωm の比抵抗値を示す。又、測線北部地域のSite04からSite08にかけての観測点下においても深さ約100mまで500-1000 Ωm の高比抵抗層が存在する。南部の表層の高比抵抗層の地域には安山岩溶岩が分布しており、北部地域は安山岩及びデイサイト溶岩の分布ともよく対応する(中野 他 1995)。

一方、測線中央部のSite08とSite02下の100m以深では極端に比抵抗値が低く約10 Ωm 前後の値を示す。この低比抵抗層はより深部の深さ約500m附近まで連続しており、深部は測線全体にわたり10 Ωm 以下の低比抵抗層が水平に連続して存在している。Site 08及びSite 02附近の地質では他の地域と異なり火砕物を伴うデイサイト溶岩が見出されており(中野 他 1995)、深部では火砕物を含んだ岩石が低比抵抗層を作り出している可能性が高い。現在のところ、深さ500m以深に存在する水平に連続した低比抵抗層についての原因は不明である。

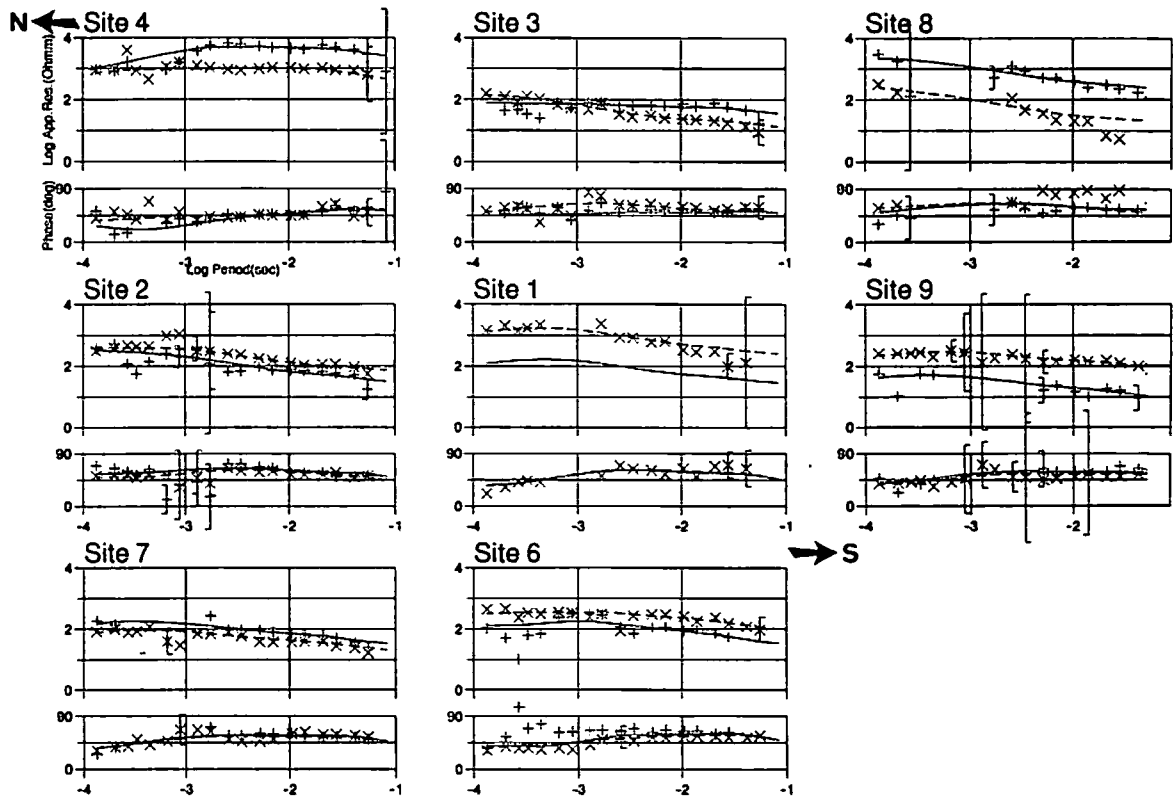
6 おわりに

今回の乗鞍岳におけるAMT観測データの解析結果からは表層地質の溶岩と整合的な高比抵抗層が観測測線北部及び南部で見出された。さらに測線中央部では火砕物に関係する低比抵抗層が存在し、深部の水平に連続した低比抵抗層と連結している構造が見出された。しかしながら、今回の観測では周波数が10 Hzから10000 Hzまでに限定されている為、より深部の構造が明確でない。又、2次元構造解析の際に標高の補正をおこなっていないため、山体構造が正確にモデリングされていない。今後は標高を取り込んだモデルにて詳細な考察を行う予定である。

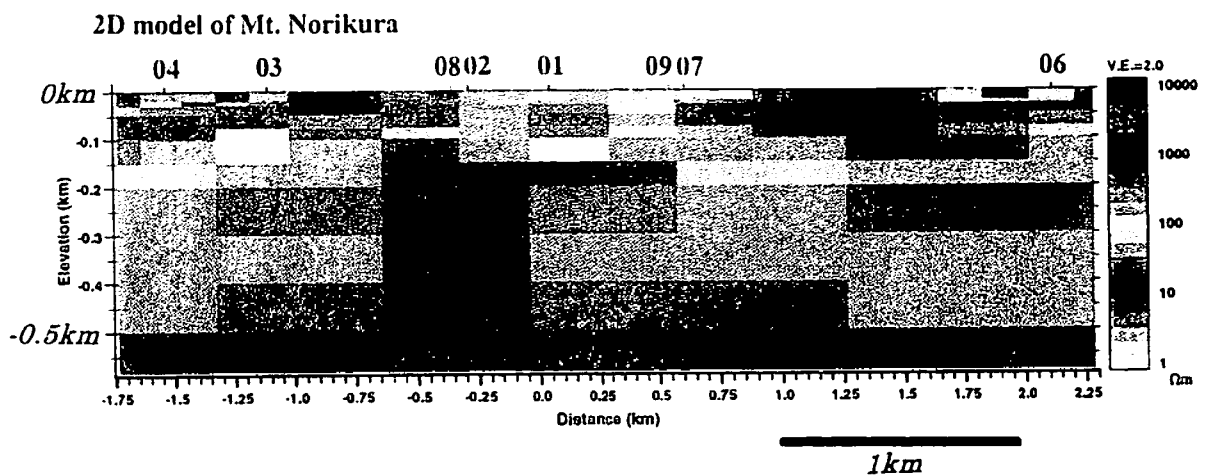
謝辞

本研究に際しまして、京都大学防災研究所の住友則彦先生ならびに大志万直人先生に観測機材につきまして多大なる御配慮を頂きました。同防災研究所の後藤忠徳氏には観測準備をお手伝い頂きました。紙面をお借りして御礼申し上げます。

本研究は財団法人日本科学協会の研究助成により行われました。中部山岳公園乗鞍山上地区管理計画区内での測定に関しては久久野高山営林署から入林許可をいただきました。



第3図 各サイトにおける見かけ比抵抗値と位相差及び理論曲線
 実線はTM, 破線はTEの応答を示す。



第4図 2次元逆解析から得られた乗鞍岳下の比抵抗モデル

参考文献

- 1) 中野 俊, 大塚 勉, 足立 守, 原山 智, 吉岡 敏和, 1995, 乗鞍岳地域の地質 : 地域地質研究報告, 地質調査所, 第 53 号 139pp.
- 2) Ander, M. E., Goss, R. and Strangway, D., 1984. A detailed magnetotelluric / audiomagnetotelluric study of the Jemez volcanic zone, New Mexico. *J. Geophys. Res.*, 89: 3335-3353
- 3) Ingham, M. R., 1991. Electrical conductivity structure of the Broadlands- Ohaaki geothermal field, New Zealand. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 66:62-75
- 4) Utada, H. and T. Shimomura, 1990. Resistivity structure of Izu-Oshima Volcano revealed by the ELF-VLF magnetotelluric method, *J. Geomag. Geoelectr.*, 42:169-194
- 5) Fuji-ta, K., S. Yamaguchi, K. Kashihara, T. Ichikita, and K. Yaskawa, 1994. An Investigation of the Resistivity Structure beneath Oki-Dogo Island, *J. Geomag. Geoelectr.*, 46:1083-1094
- 6) Groom, R. W. and Bailey, R., 1989. Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local three dimensional galvanic distortions, *J. Geophys. Res.*, 94:1913-1925
- 7) Lakanen, E., 1986. Scalar audiomagnetotellurics applied to base-metal exploration in Finland, *Geophysics*, 51:1628-1646
- 8) 小川 康雄, 光畑 裕司, 1994. 3次元性の強いMT法データの広域的電磁誘導と局所的電場擾乱への分離 —南部北上山地MTトランセクトの例—, 地質調査所月報, 第45巻, 第12号
- 9) Ogawa, Y., Jones, A. G., Unsworth, M. J., Booker, J. R., Lu, X., Craven, J., Roberts, B., Parmelee, J., and Farquharson, C., 1996. Deep electrical conductivity structures of the Appalachian Orogen in the southeastern U.S., *Geophysical Research Letters*, 23, 13:1597-1600
- 10) Wananmaker, P. E., Chave, A. D., Booker, J. R., Jones, A. G., Filloux, J.H., Ogawa, Y., Unsworth, M., Tarits, P. and Evans, R., 1996. Magnetotelluric Experiment Probes Deep Physical State of Southeastern U. S., *EOS*, 77, 34:329-333
- 11) Ogawa, Y. and T. Uchida, 1996. A two-dimensional magnetotelluric inversion assuming Gaussian static shift, *Geophysical Journal International*, 126:69-76