

中国・四国地方のELF・VLF-MT観測

神戸大学自然科学 塩崎 一郎・野木 義史
 帝国女子短期大学 山口 覚
 神戸大学理学部 大久保 晃・一北 岳夫
 安川 克己
 京都大学理学部 藤原 智
 京都大学教養部 住友 則彦

Shallow Resistivity Structure of the Chugoku and Sikoku Districts based on ELF-MT and VLF-MT servey

Ichiro SHIOZAKI¹⁾, Satoru YAMAGUCHI²⁾, Yoshifumi NOGI¹⁾, Akira OHKUBO³⁾,
 Takeo ICHIKITA³⁾, Katsumi YASKAWA³⁾, Satoshi FUJIWARA⁴⁾, Norihiko SUMITOMO⁵⁾

1) Division of Environmental Science, The Graduate School of Science and Technology, Kobe University, 2) Teikoku Women's Junior College, 3) Faculty of Science, Kobe University 4) Faculty of Science, Kyoto University 5) College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University

1. はじめに

中国・四国地方の電磁気共同観測の一環として、これら地方の地殻浅部比抵抗構造を決定するために、ELF・VLF-MT観測を行った。

中国・四国地方の電磁気共同観測は主として、これら地方の地殻およびフィリピン海プレートの比抵抗構造を求めるために行われた。このような大規模な比抵抗構造を推定する上で、浅部の比抵抗構造を調べることは重要である。なぜなら、一般に地磁気の擾乱周期が長くなるほど誘導された電流に地下のより深い構造の影響が現れるが、その誘導電流は表層近くの比抵抗構造にも大きく影響されるからである。

これらの地方を地質学的に見れば、四国地方では、中央構造線、御荷鉾構造線および仏像構造線という大規模な構造線の存在と共に、三波川帯、秩父帯および四万十帯などの地質構造の顕著な帯状配列が見られる。一方、中

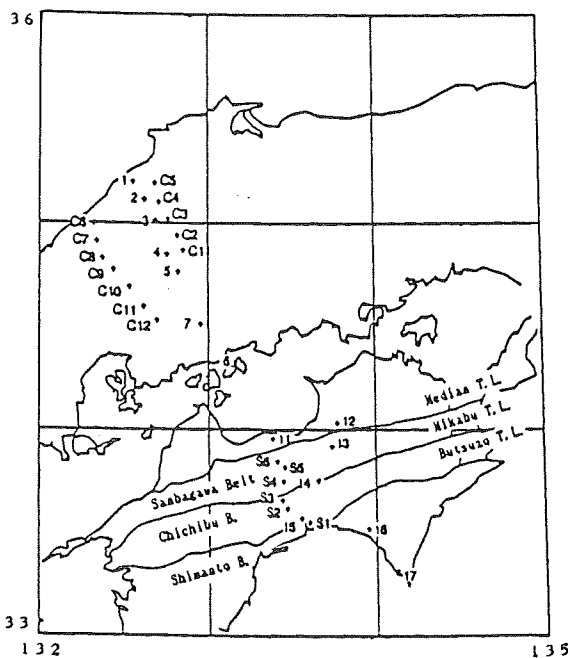


Fig. 1. Locations of observation sites.

国地方の特徴としては、中央部に流紋岩や花こう岩が幅広く分布しており、本研究地域の日本海沿岸部には三郡帯に属する変成岩や安山岩およびデイサイトが分布している点が挙げられる。これらの地質構造と地殻浅部の比抵抗構造との関連を調べる事は興味深い。

本研究では、西南日本の帯状地質構造やフィリピン海プレートの沈み込みに直交するように、中国地方で2本の測線（東側の測線：C1～C6，西側の測線：C7～C12）、四国地方では、1本の測線（S1～S6）を設定し、その測線上で観測点間隔が約10kmになるように、商用電源などの雑音が少ない観測に適した地点を捜した（Fig.1）。各観測点では、ELF-MT観測については、シューマン共振周波数（8～20Hz）の自然電場磁場を東西、南北直交2成分について測定した。VLF-MT観測では、NDT局（愛知県依佐美）から送信される17.4kHzの人工信号を利用した。

2. 観測と解析方法

ELF-MT観測では、商用電源からの60Hzノイズ、電話線からの1Hzノイズおよび電車の漏洩電流などの影響がないことをあらかじめ確認し観測点を決定した。各観測点では、磁気センサーを半分程度地中に埋めて風などによる余分な振動を除去し、約6分間アナログ波形記録を行った。Fig.2にC3およびS6で得られたELF帯の波形記録を示す。

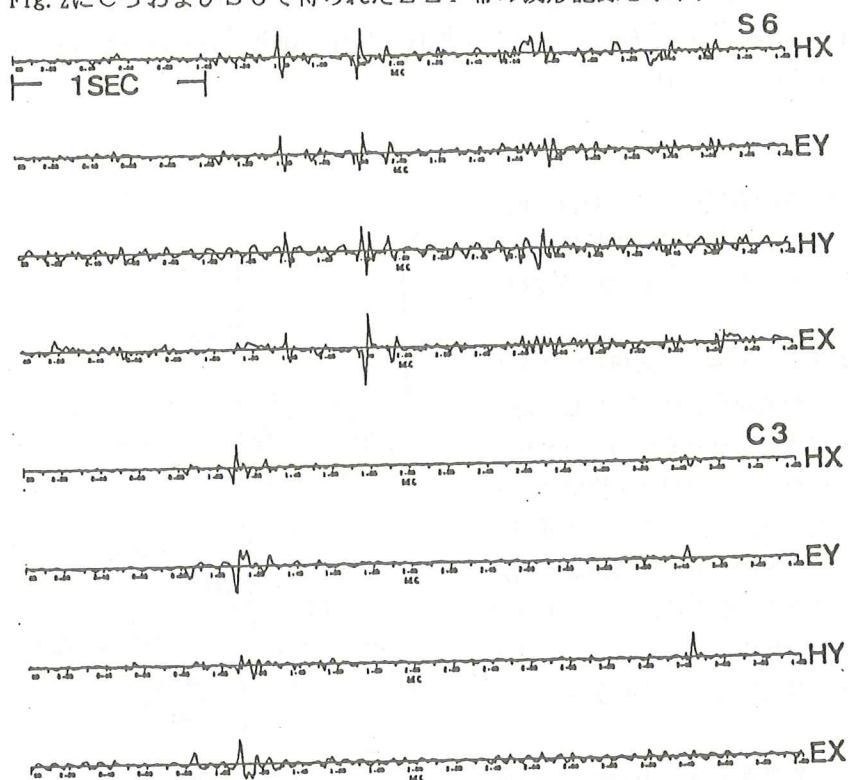


Fig. 2. Magnetotelluric records in ELF band at site S6 and C3.

Hx and Hy components are northward and eastward geomagnetic variations. Ex and Ey are northward and eastward electric field variations. Scales are arbitrary units.

解析は、まずアナログデータを100HzサンプリングでA/D変換した後、FFT法(N=512)で周波数解析を行った。パワースペクトルの推定精度を上げるために、周波数領域でのスタッキング(60回程度)と平滑化を併用した。このパワースペクトルから、テンソルインピーダンスを最小自乗法により求めた。テンソルの各要素から、見かけ比抵抗(ρ_{xy} , ρ_{yx})と電場磁場間の位相差(ϕ_{xy} , ϕ_{yx})を算出した。いくつかの観測点では、VLF-MTの結果およびELF-MTから得られたeffective valueを基に、水平3層構造を仮定してモンテカルロ法¹⁾によるインバージョンを行った。

3. 見かけ比抵抗分布と水平3層モデル

Fig. 3(a)~(d)にVLF-MTおよびELF-MTで得られた見かけ比抵抗値と位相差の分布を示す。これらの分布には、次のような特徴が見いだされる。

中国地方 VLF-MTの結果から、C8では、4k Ω mと高い値を示しているが、そのほかの地点では、数10 Ω mから高々数100 Ω m程度の値を示している。C9, C10, C11では、見かけ比抵抗値と位相差の両方あるいは一方が測定できなかった。

ELF-MTの結果では、 ρ_{xy} と ρ_{yx} の間に違いは見られるものの、C12を除く西の測線上の観測点の見かけ比抵抗値は、東の測線のそれに比べて1~2桁程度高い値を示し、位相差は両成分共に45度を越えるところはない。

四国地方 VLF-MTの結果では、全ての観測点で数10 Ω m~数100 Ω mの値を示している。ELF-MTの結果では、見かけ比抵抗値はほぼ全域で数100 Ω m以下である。特にS2, S3, S5, S6の8Hzでは、1成分または両成分で数 Ω mという大変低い値を示している。

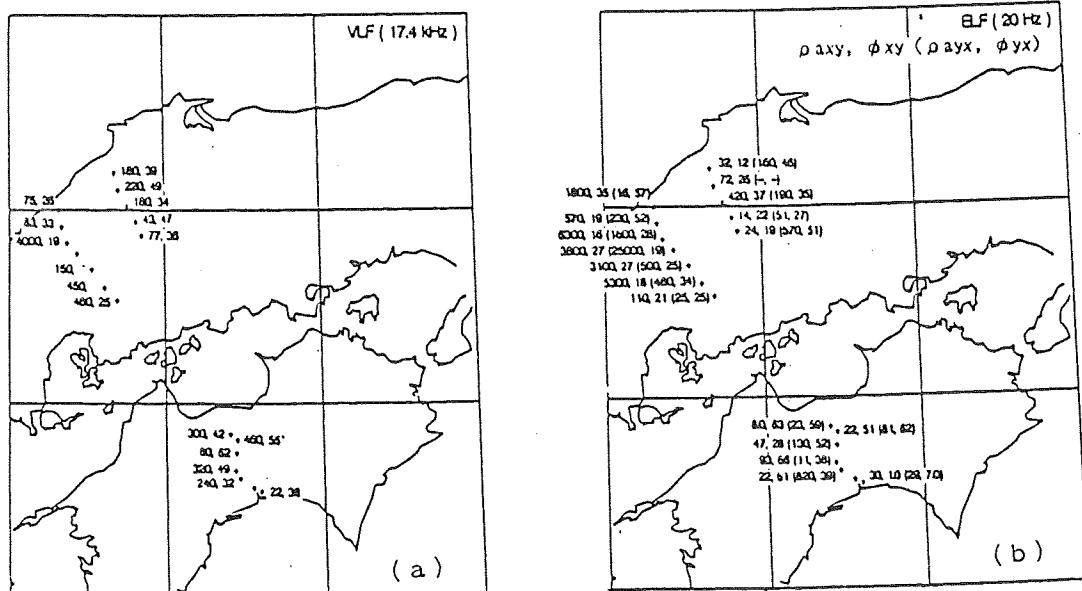


Fig. 3. Distributions of apparent resistivity in ohm-meter and phase value in degree for the frequency of (a)17.4kHz, (b)20Hz, (c)14Hz and (d)8Hz, respectively.

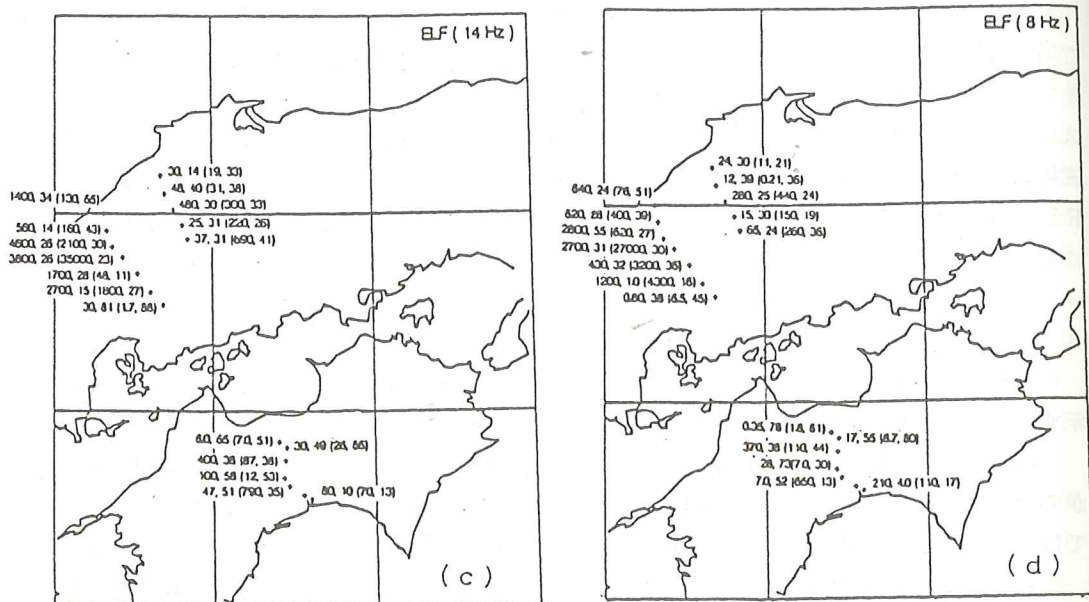


Fig. 3. (continued)

S1では、見かけ比抵抗値、位相差とも深くなるにつれて比抵抗が大きくなる傾向を示している。それに対して、S5とS6では、深くなるにつれて比抵抗が小さくなる傾向を示している。

Fig. 4 に、中国及び四国地方のいくつかの観測点で水平3層比抵抗構造を仮定して行ったインバージョンの結果を示す。

中国地方 西の測線では、C8, C10, C11の1 km以深に、数kΩm~10kΩm程度の高比抵抗の層が見られる。C7では550 m以深に1kΩm程度の高比抵抗層が見られる。東の測線上のC1, C2では、得られた比抵抗値は高々数100Ωmである。C3はC7と良く似た比抵抗構造を示している。

四国地方 S1では約350 m以深に約10kΩmの高比抵抗層が存在する。また、S2 S4では、数100 mの深さに数10Ωmの低比抵抗層があり、それ以深に約1kΩmの高比抵抗層がある。S3, S5, S6では、深くなるにつれて比抵抗値が小さくなる。

4. 考察

本研究の解析結果と中国・四国地方の表層地質 (Fig. 5) との関連を見ると、C6は、三郡変成帯に属し、C7は安山岩およびデイサイトの分布する地域にある。C6では、深部ほど低比抵抗になり、C7では、深部ほど高比抵抗である。また、流紋岩の分布している地域内のC8 C11では、層の厚さは多少異なるものの、2層目に1kΩm程度、3層目に約10kΩmの高い比抵抗値を持つ層が共通して見られる。C1~C5およびC9, C10, C12の観測点は、花崗岩の分布する地域にある。C1からC5では地下数100 m付近まで比抵抗値は高々300Ωmである。C12ではインバージョンは行っていないが、見かけ比抵抗値の結果は同様の傾向を示している。しかし、同じ花崗岩上のC9, C10では、地下数100 mより深いとこ

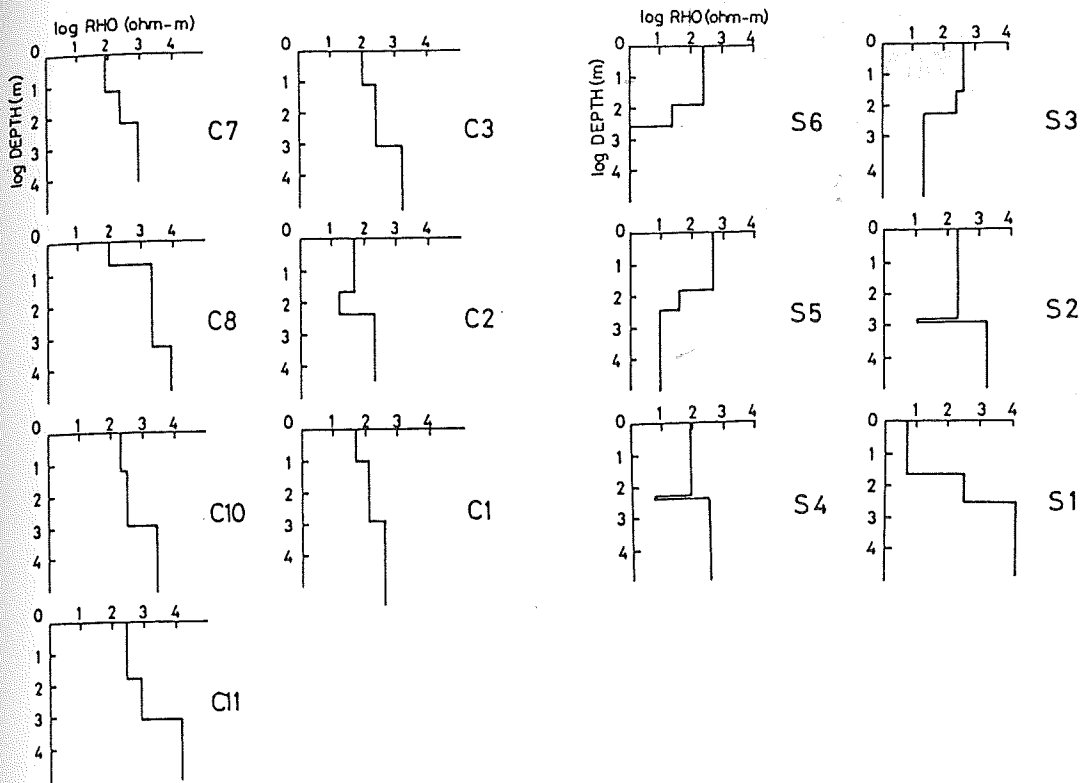


Fig. 4 Resistivity profiles for seven sites in Chugoku District and six sites in Shikoku District.

ろでは、数 $k\Omega m$ 以上の高比抵抗層がある。この違いは、何によって起こっているのだろうか？

浅野他 (1986)²⁾ によると、中国地方には中野原 (広島県君田村) と三川 (広島県甲山町) を通り北西-南東方向に延びる帯状の地震帯とこれと直交するように三瓶山から海岸線に平行して西に延びる地震帯の2つの地震帯が存在している (Fig. 6)。これらの地震帯では、主として上部地殻内で地震が発生している。本研究の東の測線はちょうど前者の地震帯と一致している。さらに、観測点 C 1 2 は前述の2つの地震帯には属さないが、地震が多発している地域内にある。これらの地域では、地殻内部の破砕が進行していることが予想され、例えば地殻内の間隙に地下水が入り込むことなどによって比抵抗値が下がっていると考えられる。すなわち、中国地方の比抵抗分布は地質構造の違いと地震帯の存在という2つの要因が重なり合って特徴づけられていると考えられる。

一方、四国地方では、S 1 は仏像構造線付近に、S 2, S 3 は秩父帯に、S 4, S 5, S 6 は三波川帯に属している。今回得た水平3層モデルによると、三波川帯の S 5, S 6 では、深くなるほど低比抵抗になる傾向がみとめられたが、S 4 では深部の方が高比抵抗である。また、秩父帯の S 2 では、2層目が低比抵抗、3層目が高比抵抗というモデルを得たが、S 3 ではこの様な傾向はみられず、深部ほど低比抵抗になっている。S 1 では深部ほど高比抵抗であった。四国地方では、ほかにも同様の比抵抗探査が行われている。例えば、半田・玉田 (1981)³⁾ は、本測線の数 10 km 東の池田町近辺で、ELF-MT 探査による中央構造線の比抵抗構造調査

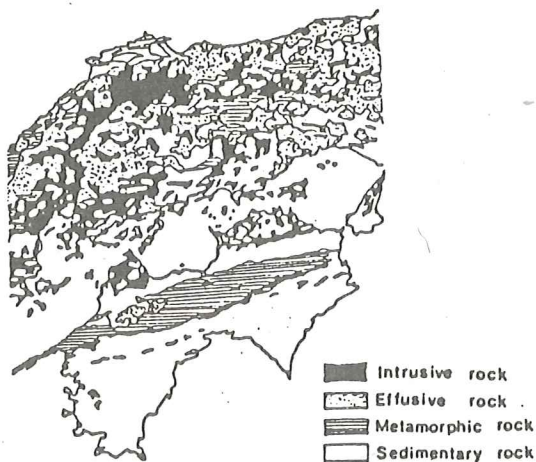


Fig. 5 Schematic map of geology in the surveyed region

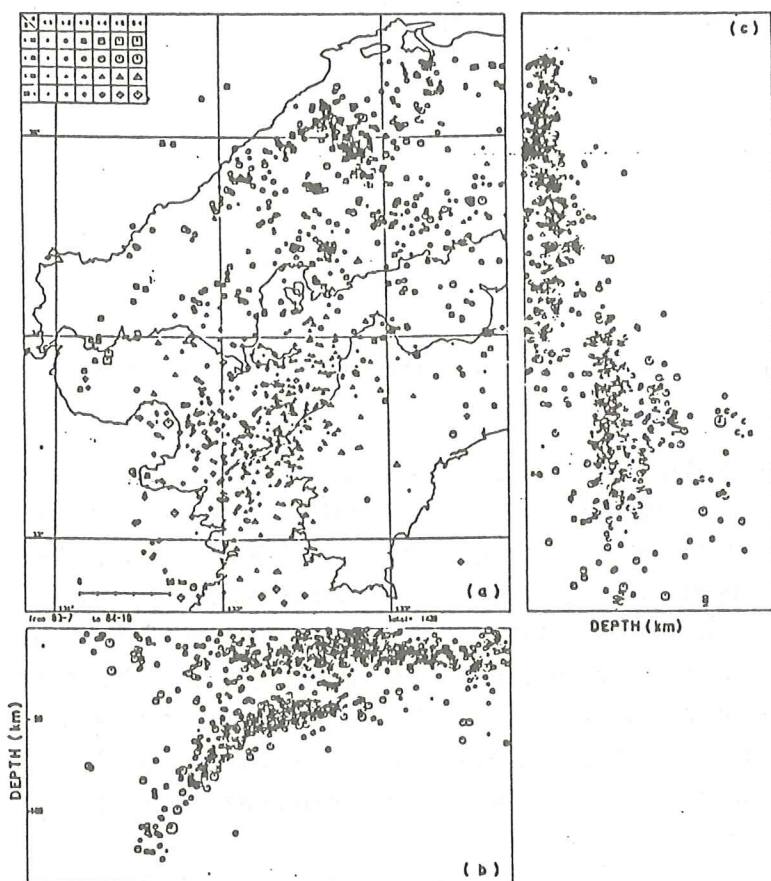


Fig. 6 Hypocenter distribution determined by Shiraki Micro-Earthquake Observatory in the period from July, 1983 to October, 1984. (a) Epicenter distribution. Plus mark: seismic observation station; (b) East-west cross section of hypocenters; (c) North-south cross section of hypocenters. (after Asano et. al., 1986)

を行っている。その結果によると、三波川帯と和泉層群の間で比抵抗値に明らかな差異が認められ、三波川帯の8 Hzの見かけ比抵抗値は、1100~3000 Ω mという値が得られている。また、笹井他(本論文集)⁴⁾は四国南東部でELF-MT探査を行い、三波川帯、御荷鉾帯、秩父帯および四万十帯の比抵抗構造を議論している。これらの結果も考慮に入れると、三波川帯では、深部が低比抵抗になる地域も幅広く存在するものの、高比抵抗になる地域もあり、三波川帯の浅部比抵抗構造の特徴をひとことで述べることは難しい。秩父帯でも同様の事が言え、S2で見られた傾向がある範囲で広がっているが、その中でもS3に見られるように違った構造を持つ場所もある。四国地方の浅部比抵抗構造は、地質構造の差を反映しているようにみえるところもあるが、これ以外の要因、例えば地下水の分布の地域による違いなどの影響も受けているものと考えられる。

今後より多くの点で観測を行い、さらに他の地球物理学データとの比較、検討を行い、これらの地域の浅部比抵抗分布を明らかにしたい。

5. 謝 辞

東京大学地震研究所笹井洋一氏には、有益な議論をして頂いた。また、地殻比抵抗研究グループの方々には、数多くの御助言を頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Jones, F. W. and R. Hutton, A multi-station magnetotelluric study in southern Scotland - II. Monte-Carlo inversion of the data and its geophysical and tectonic implications, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 56, 351-368, 1979
- 2) 浅野周三, 三浦勝美, 井上義弘, 三浦礼子, 石桁征夫, 吉井敏尅, 中国地方 および その周辺の最近の地震活動-白木微小地震観測所テレメータ観測網による-, *地震*, 2, 39, 229-240, 1986
- 3) 半田 駿, 玉田 攻, 中央構造線の地下比抵抗の観測-四国北東部におけるELF-MT探査-, *九十九地学*, 16, 1-5, 1981
- 4) 笹井洋一, 中川一郎, 武井達明, 小山茂, 歌田久司, 浜野洋三, 吉野登志男, 行武毅, 四国南東部のELF-MT調査, 本論文集