

中国・四国地方の電磁気共同観測

地殻比抵抗研究グループ

神戸大学自然科学 塩崎 一郎

神戸大学理学部 大久保 晃

帝国女子短期大学 山口 覚

神戸大学理学部 一北 岳夫, 藤田 清士, 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

1. はじめに

1987年7月から11月にかけて地殻比抵抗研究グループは中国・四国地方において電磁気共同観測を行った。その時に得られた長周期地磁気3成分変化記録の解析結果よりいくつかの新しい知見が得られた¹⁾。

- 1) 中国・四国地方のインダクションベクトルは海岸地域では海の影響を大きく受けているが、それ以外の観測点では周期128分のベクトルが、一般的に西向き成分(中国地方では西南西、四国地方では南南西)を持つ。
- 2) 中国地方では、周期128分のインダクションベクトルは一様に西南西を向き、それ以下の周期では、方向に周期依存性がある。
- 3) 四国地方の中央構造線沿いの地域では周期数分のインダクションベクトルは構造線あるいは帯状の地質構造と直交する。

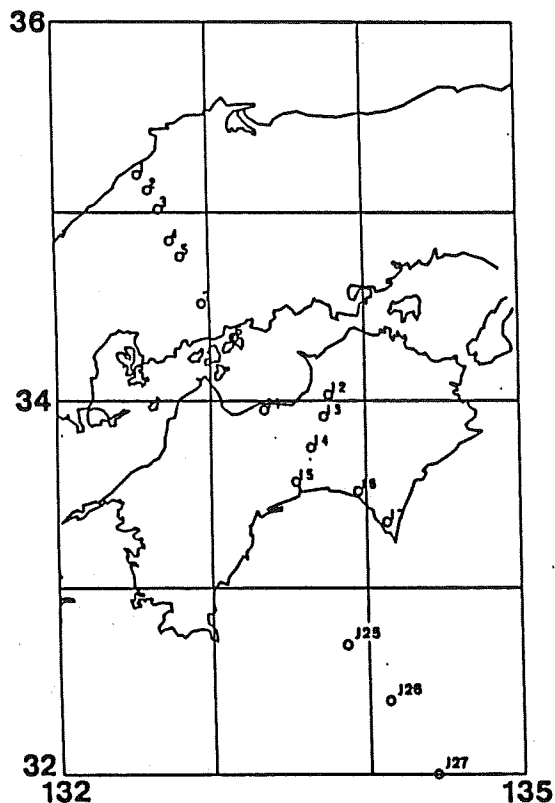
我々は1987年度の共同観測で得られた結果を基に、さらに補観測を続けている。例えば 1) 中国地方の西南西-東北東測線での比抵抗構造の調査、2) 四国地方の詳細な地殻比抵抗構造の調査などである。これらの補観測により得られた解析結果については塩崎(1989)²⁾、一北(1989)³⁾、大久保(1989)⁴⁾に譲る。

電磁気共同観測の目的として 四国地方下のフィリピン海プレートの比抵抗構造を明らかにすること 東北日本や中部日本で確認された下部地殻の低比抵抗層^{5) 6)}が西南日本にも存在するか否かを確認すること 中央構造線の比抵抗構造を明らかにすることが挙げられているが、本研究では、 の下部地殻内の低比抵抗層の存在に注目して、電磁場変化記録を用いて行ったGDS解析結果およびMT解析結果について報告する。第1図に共同観測の観測点の位置を、また、第1表に各観測点を担当した機関名を示す。中国地方では電車からの漏洩電流によるノイズのために、山陰側のデータのみが解析可能であった。

2. 解析結果

2-1 インダクションベクトル

第2図に周期64秒、32秒及び15秒のインダクションベクトル(CA変換関数の実数部より計算したもの)を示す。中国地方ではNO.1, 3のベクトルは海岸線に直交する。NO.2のベクトルもほぼ同じ傾向を示すが、NO.1, 3にくらべて西よりの方



第1図 観測点位置図

観測点番号	地点名	担当機関
1	大田	鳥取大教授
2	三瓶	北海道大理・地質調査所
3	赤米	東北大理
4	作木	東北工大
5	三次	気象庁地磁気研
6	因島	秋田大鉱山
7	目村	京都大阿蘇・佐賀大教授
11	土居	弘前大理
12	下野目内	京都大教授・理
13	川崎	神戸大理・自然科学・帝国女子短大
14	大豊	東京大地観研
15	高知	高知大理
16	安芸	名古屋大理
17	室戸	東京工大
J25, 26, 27	四国沖	東京大海洋研・地観研

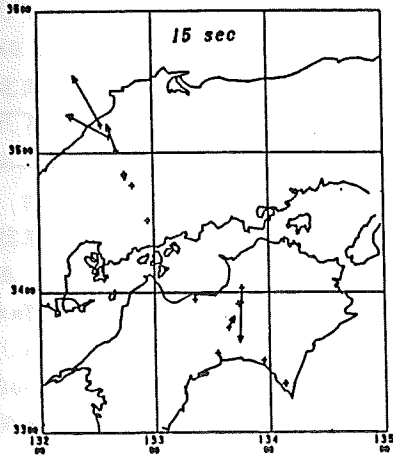
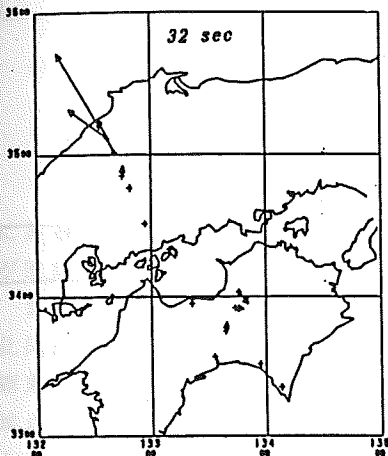
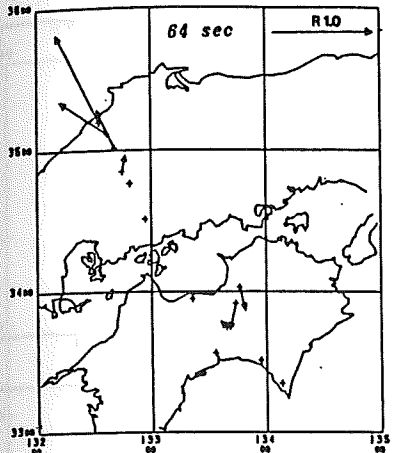
第1表 担当機関名

向を示している。NO.4のベクトルは、大きさも小さくまた周期32秒と15秒で、方向がほぼ逆転するなど、NO.1~3の観測点とは、まったく違った振舞いをしている。四国地方では NO.12, 14のベクトルは周期15~64秒で、それぞれ南東~南および北西~北東を指している。NO.13のベクトルは周期が短くなるにつれて、その大きさが小さくなる。

2-2 見かけ比抵抗値と位相差

ULF帯では、NO.14の見かけ比抵抗値、位相差とも安定して求められたが、これら以外の観測点では位相差が不安定であった。長周期帯では、NO.1に同様の傾向がみられた。これについては、ノイズの有無等を再検討する必要があると思われる。NO.14の長周期帯では電場の東西成分のみ解析可能であった。

第3図にNO.1, 12, 13で得られた見かけ比抵抗値を、NO.3, 14で得られた見かけ比抵抗値と位相差を示す。VLF, ELF帯のデータは笹井(1988)⁷⁾、塩崎(1988)⁸⁾を参照した。ULF帯ではNO.1の ρ_{axy} は約 $2\Omega m$ 、 ρ_{ayx} は約 $10\Omega m$ 、NO.3の ρ_{axy} は数 $10\Omega m$ 、 ρ_{ayx} は約 $100\Omega m$ と両地点ともに異方性がみられるものの、両成分ともNO.1の方がNO.3よりひと桁低い値を示す。



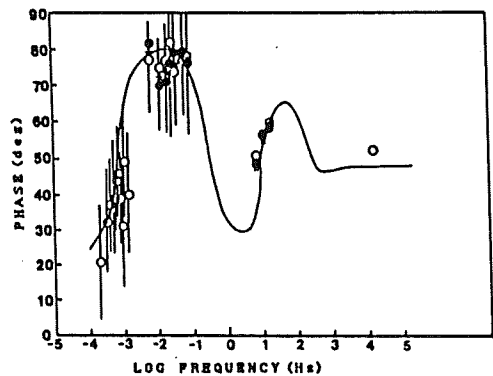
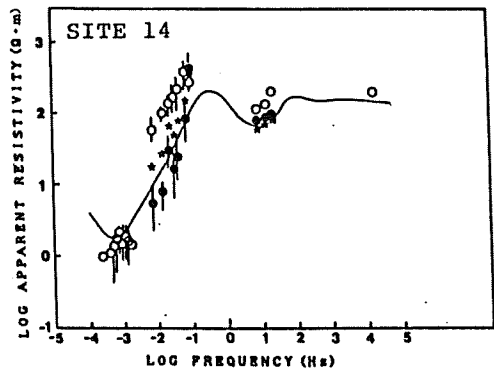
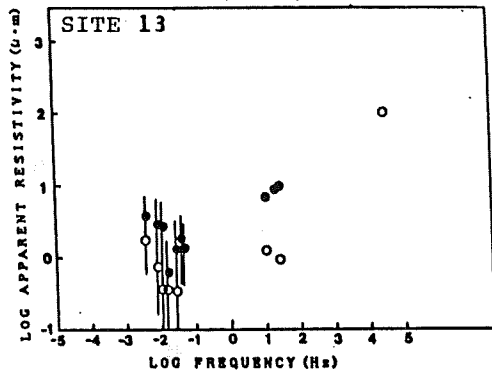
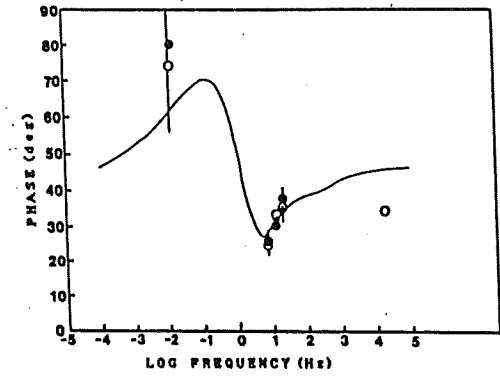
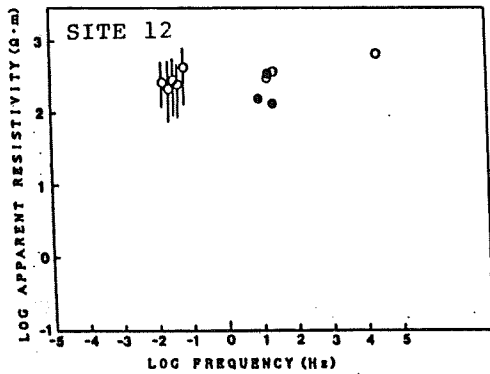
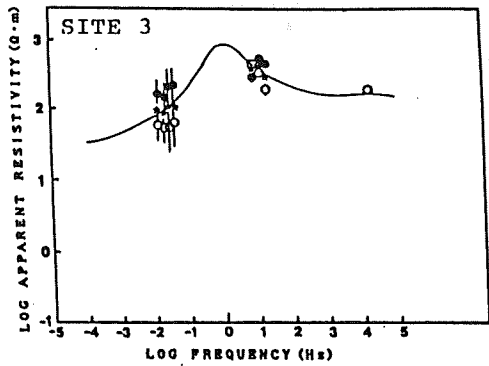
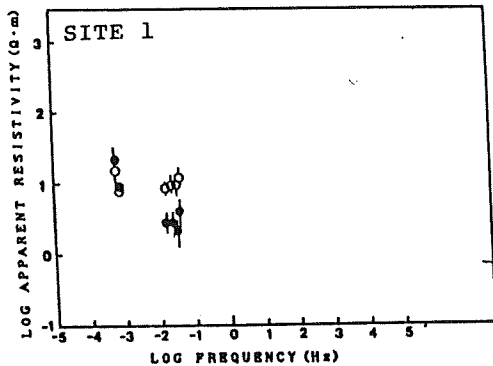
第2図 64秒、32秒および15秒の
インダクションベクトル(実数部)

NO. 12, 13, 14では、NO. 13の見かけ比抵抗値が ELF, ULF帯を通して、両隣の NO. 12, 14に比べて2桁程度も低いという特徴がある。

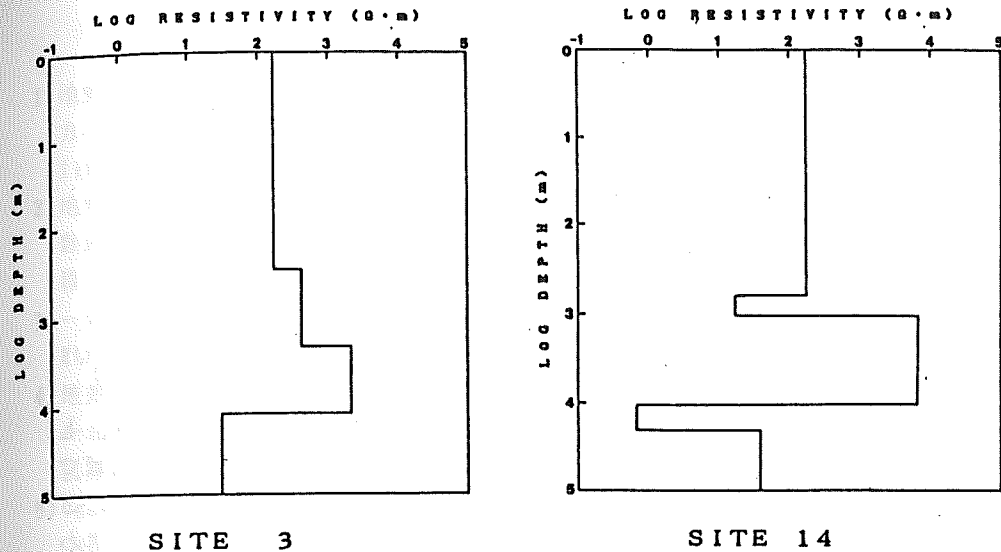
NO. 3, 14では広い周期帯 (VLF帯~ULF帯および長周期 (NO. 14のみ)) で見かけ比抵抗値と位相差が求められている。SKEW値は、NO. 3では0.1~0.2と低く、またNO. 14では0.3~0.4であった。そこで試みに一次元構造を仮定して、モンテカルロ法による1次元インヴァージョンを行った。なおインヴァージョンには、ELF帯では共通してeffective valueを用いた。また、NO. 3のULF帯では見かけ比抵抗値 ρ_{axx} 、 ρ_{ayx} の相乗平均値を、NO. 14のULF帯では見かけ比抵抗値と位相差についてそれぞれ ρ_{axx} 、 ρ_{ayx} の相乗平均値と ϕ_{xy} 、 ϕ_{yx} の相加平均値を、長周期帯では ρ_{ayx} 、 ϕ_{yx} を用いてモデル計算を進めた。得られた比抵抗構造図を第4図に示す。NO. 3では3層目まで深さとともに比抵抗値は高くなるが、約10kmで2 kΩ mから30 Ω mへと2桁下がる。NO. 14では深さ1kmから10kmに7 kΩ mの高比抵抗層があり、その下に約1 Ω m (厚さ10km)、さらに40 Ω mの低比抵抗層がある。

3. 考察

中国地方では、NO. 3の地下約10kmに始まる低比抵抗層がみられた。この地方では倉吉-花房の測線で爆破地震により地殻速度構造が推定されている^{9), 10), 11)}。例えばYoshii et al. (1974)¹¹⁾のモデル(第5図)では、コンラッド面およびモホ面は西に行くほど浅くなっている。このモデルでは倉吉の地下ではコンラッド面は深さ十数kmにある。NO. 3が倉吉の西南西約100kmに位置することとコンラッド面の西上がりの傾向を考え合わせると、NO. 3でみられた低比抵抗層は下部地殻内



第3図 見かけ比抵抗値と位相差
 ρ_{axy} (●), ρ_{ayx} (○)それぞれ
 電場の南北、磁場の東西成分、および
 電場の東西、磁場の南北成分より求め
 た見かけ比抵抗値を示す。
 ϕ_{xy} (●), ϕ_{yx} (○)は同様の組合せよ
 り求めた電場・磁場間の位相差を示す。
 ★ はインバージョンに用いたデータ
 を示し、曲線は理論値を示す。



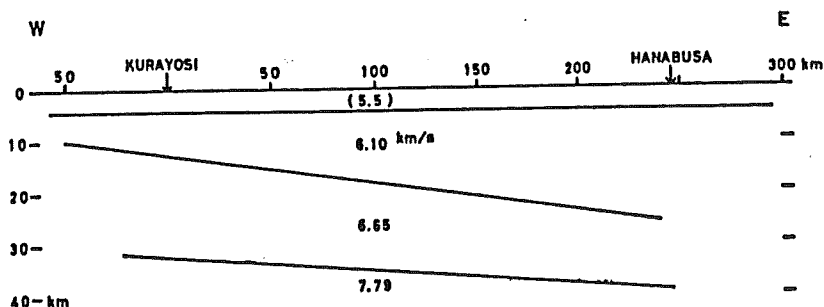
第4図 観測点NO.3およびNO.14で得られた1次元比抵抗構造図

にあると考えられる。少なくともこの地点では、下部地殻は低比抵抗であることが推定された。

また、小川・高倉(1989)¹²⁾は三瓶山周辺の自然電磁場測定を行い、火山地域の比抵抗構造を調査している。そのプレリミナリーな解析結果によると、三瓶山の南東の地点(東の原)ではULF帯の見かけ比抵抗値が約20Ωmとなり、北西5kmの地点(多根)の値と比べると1桁以上低い値を示しており、さらにNO.3で得た値と比べても1桁程度低い値である。このことは三瓶山の地下に低比抵抗体が存在していることを示唆している。NO.2のインダクションベクトルが、両隣のNO.1、NO.3のインダクションベクトルに比べて西の方向を示したのは、海が存在による北向き成分を観測点より南にある三瓶山下の低比抵抗体が相殺したためと考えられる。NO.4付近にも比抵抗異常の存在が推定されるが、その原因を特定するには、さらに観測が必要である。

四国地方では、NO.14の地下約10km以深に低比抵抗層が見られるが、この低比抵抗層は約20kmの深さで比抵抗値が変化している。この地方でも坂出沖および家島・鳥形山などで爆破地震による地殻構造の調査が行われており四国地方では20km程度の深さにコンラッド面があることが報告されている^{13)・14)}。本研究で求められた比抵抗の境界が、このコンラッド面と対応することは興味深い。NO.14では20km以深に数10Ωmの低比抵抗層が表れており、四国地方の下部地殻も中国地方と同様に低比抵抗である可能性がある。

この地点での地下約10kmに始まる、約1Ωmという低比抵抗層は上部地殻内に存在している可能性がある。この地域の上部地殻内の低比抵抗層について、大久保他(1989)⁴⁾は、この低比抵抗層と岡野他(1983)¹⁵⁾の求めた、この地方の上部地



第5図 倉吉-花房測線で得られた速度構造 (After Yoshii et al. (1974))

殻内の無地震域とが対応することを指摘し、さらにその規模を示した。従来、上部地殻では地震が発生し、比抵抗値も高いことが報告されているが、この地域では、上部地殻内にも無地震域があり、そこが低比抵抗であることがわかった。このことは、この地域の地殻を構成する岩石の物性を考える上で重要であると思われる。

地質学的にみれば、NO. 12, NO. 13, NO. 14はそれぞれ和泉層群、三波川帯、みかぶ帯上にある。NO. 12, NO. 14のインダクションベクトル(周期15~64秒)は、三波川帯を指し、三波川帯上のNO. 13では周期が短くなるにつれて、インダクションベクトルが短くなっている。ところで、ELF, ULF-MT解析から得られたNO. 13の見かけ比抵抗値は両隣のNO. 12, 14に比べて2桁程度低い。また、一北他(1989)³⁾、大久保他(1989)⁴⁾らの研究結果から、四国中央部では三波川帯の地殻表層部にある程度の広がりを持つ低比抵抗体があり、それが和泉層群やみかぶ帯にはみられないことが明らかになった。これらのことと先に述べたインダクションベクトルの振舞いとは調和的である。

4. まとめ

本研究より次のことが明らかになった。

- 1) 中国地方のNO. 3(赤来)では下部地殻内の深さ10kmに始まる低比抵抗層がある。
- 2) 四国地方のNO. 14(大豊)では下部地殻のみならず上部地殻内にも低比抵抗層がある。

今後補観測で新たに得られた結果も総合して中国・四国地方の比抵抗構造を解明していきたい。

参 考 文 献

- 1)地殻比抵抗研究グループ(塩崎一郎, 安川克己, 住友則彦), 中国・四国地方の電磁気共同観測(予報), Conductivity Anomaly研究会論文集, 105-112, 1988
- 2)地殻比抵抗研究グループ(塩崎一郎, 藤原智, 大久保晃, 一北岳夫, 藤田清士, 西岡浩, 安川克己, 住友則彦), 中国地方の地殻比抵抗構造(予報), 本論文集, 1989
- 3)一北岳夫, 塩崎一郎, 藤田清士, 安川克己, 藤原智, 住友則彦, 四国地方のELF, VLF-MT観測(Ⅲ), 本論文集, 1989
- 4)地殻比抵抗研究グループ(大久保晃, 小川康雄, 塩崎一郎, 山口覚, 一北岳夫, 藤田清士, 安川克己, 藤原智, 住友則彦), 四国地方の地殻比抵抗構造(I), 本論文集, 1989
- 5)Ogawa, Y., T. Yukutake and H. Utada, Two dimensional modelling of resistivity structure beneath the Tohoku district, northern Honshu of Japan, by a finite element method, J. Geomag. Geoelectr., 38, 45-79, 1986.
- 6)Utada, H., Y. Hamano and T. Yukutake, A two dimensional conductivity model across central Japan, J. Geomag. Geoelectr., 38, 447-473, 1986.
- 7)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, Conductivity Anomaly研究会論文集, 120-127, 1988
- 8)塩崎一郎, 野木義史, 山口覚, 大久保晃, 一北岳夫, 安川克己, 藤原智, 住友則彦, 中国・四国地方のELF, VLF-MT観測, Conductivity Anomaly研究会論文集, 113-119, 1988
- 9)Hashizume, M., O. Kawamoto, S. Asano, I. Muramatu, T. Asada, I. Tamaki and S. Murauchi, Crustal structure in the western part of Japan derived from the observation of the first and second Kurayoshi and the Hanabusa explosions. Part 2. Crustal structure in the western part of Japan, Bull. Earthq. Res. Inst., 44, 109-120, 1966
- 10)Sasaki, Y., S. Asano, I. Muramatu, M. Hashizume and T. Asada, Crustal structure in the western part of Japan derived from the observation of the first and second Kurayoshi and the Hanabusa explosions (Continued). Part 2. Crustal structure in the western part of Japan (Continued), Bull. Earthq. Res. Inst., 48, 1129-1136, 1970
- 11)Yoshij, T., Y. Sasaki, T. Tada, H. Okada, S. Asano, I. Muramatu, M. Hashizume and T. Moriya, The third Kurayoshi explosion and the crustal structure in the western part of Japan, J. Phys. Earth, 22, 109-121, 1974

- 12) 小川康雄・高倉伸一，電磁法による西南日本の火山地域の比抵抗構造の調査研究，地質調査所月報，第40巻，第1号，48，1989
- 13) 伊神輝，伊藤潔，佐々木嘉三，浅野周三，1975年3月坂出沖爆破地震動観測による四国の地殻構造，地震，第35巻，367-375，1982
- 14) 伊藤潔，吉井敏尅，浅野周三，佐々木嘉三，伊神輝，家島・鳥形山爆破地震動観測による四国地方の地殻構造，地震，第35巻，377-391，1982
- 15) 岡野健之助，木村昌三，許斐直，中村正夫，四国および周辺地域の震源分布，地震，第38巻，第2号，93-103，1985