

# 東海・甲信越地方の電磁気総合観測

地殻比抵抗研究グループ（東京大学地震研究所 行 武 毅）

## 1. まえがき

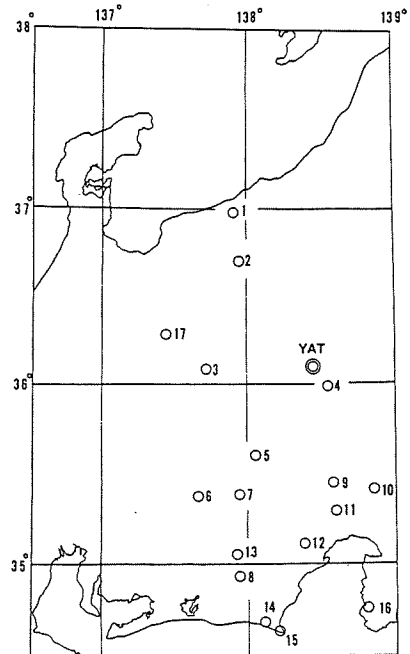
地殻の電気抵抗構造を調べるために、1982年8月—10月、全国の大学・研究機関が共同して、東海地方から甲信越地方にかけて地磁気地電位差変化の観測を行なった。共同観測には二つの狙いがあった。ひとつは上部地殻と下部地殻で電気抵抗が異なるかどうか、下部地殻が低比抵抗層になっているかどうか、を調べることであり、他のひとつは、この地域に大規模に発達している構造線の電気抵抗構造を調べることである。

1981年には典型的島弧構造をしている東北日本で共同観測を実施して、深さ約20 kmより下の下部地殻が低比抵抗層になっていることが判明した。<sup>1)</sup>しかし、その低比抵抗の原因は地殻内の温度分布によるのか、あるいは深部地下水の直接的あるいは間接的作用によるのか不明である。東北日本の日本海側は地殻熱流量の高い地域であり、下部地殻の温度が他の地域に比べて高いことは間違いないので、高温によって低比抵抗になっている可能性もない訳ではない。

これに対して、今回の対象域に含まれる中部地方の山岳帯は、日本では最も厚く地殻の発達している地域で、熱流量も決して高い地方ではない。このような所で下部地殻が低比抵抗になっているかどうかを調べることは、その原因を解明する上で極めて重要なことである。

第1表 観測点と担当機関

番号	地点名	担 当 機 関
1	糸魚川	弘前大理
2	鬼無里	秋田大鉾山
3	奈川	東大震研
4	川上	東工大理
5	大鹿	名大理・東北工大
6	浪合	京大教養・神戸大理・神戸学院大
7	南信濃	鳥取大教養
8	森	気象庁地磁気観・気象研
9	朝霧高原	東北大理
10	山中湖	東工大理
11	篠坂	東大震研
12	俵峰	地質調
13	春野	気象庁地磁気観・気象研
14	浜岡	東大震研
15	御前崎	気象庁地磁気観
16	松崎	気象庁地磁気観
17	上宝	九大理



第1図 観測点分布

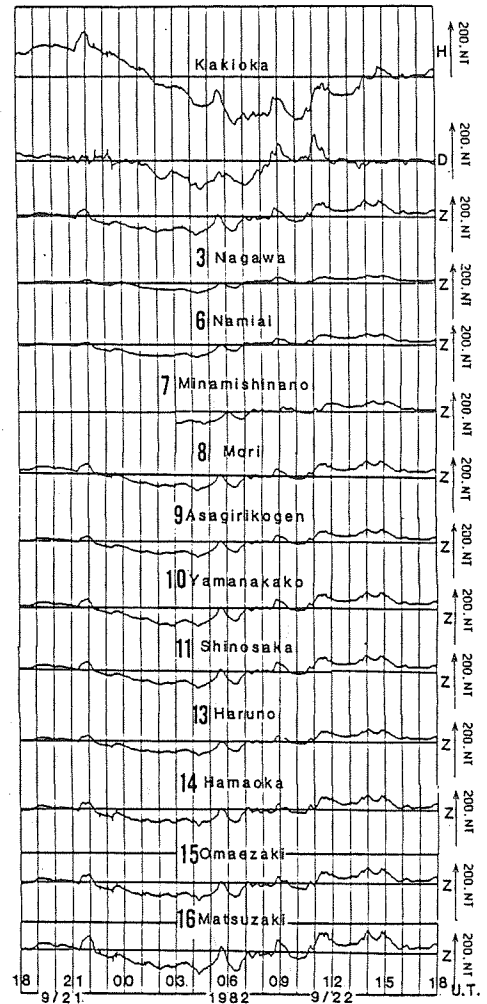
第二の目的は構造線の電気抵抗構造を調べることである。この地域には中央構造線と糸魚川・静岡構造線という日本で最大級の構造線が2本も走っている。しかも糸魚川・静岡構造線の東側に広がるフォッサマグナの南部地域には、富士川断層のような活断層も含まれている。山崎断層や千屋断層では断層沿いに低比抵抗帯の発達していることが明かになったが、<sup>2)3)</sup> この地域の構造線で電気抵抗がどのように分布しているか、を調べるのがもうひとつの目的である。

## 2. 観 測

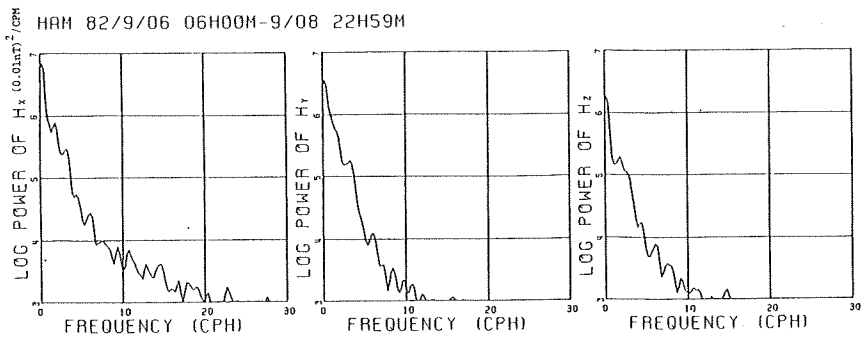
1982年8月18日より、第1図に示す17の観測点で第1表の15の研究機関が共同して地磁気地電位差変化の観測を行なった。短周期変化観測には誘導型磁力計を、長周期変化にはフラックスゲイト型磁力計を用いた。地磁気脈動などの短周期変化は8月18日から約1週間同時観測を行ない、フラックスゲイト型磁力計による長周期変化観測は10月下旬まで続した。VLF帯の17.4 kHz と ELF帯の8~20 Hzの電磁場変化の観測は何回かに分けて実施し、全域を測定した。

## 3. 地 磁 気 変 化

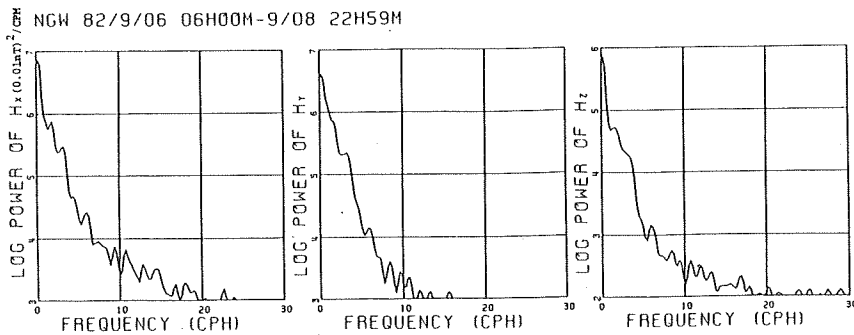
フラックスゲイト型磁力計によって得られた地磁気変化の一例を第2図に示す。比較のため最上部に柿岡における3成分変化が示してある。以下、北から南の観測点へと鉛直成分変化が並べてある。一見して分かることは、南側の浜岡や御前崎のような海岸近くの観測点では、鉛直成分変化の振幅が大きいのに対し、北部の観測点の例えば奈川(163)では振幅



第2図 地磁気変化例。上から3本目までの記録は、柿岡における水平成分(H)、偏角(D)、鉛直成分(Z)の変化。その下は東海・甲信越地方で得られた鉛直成分変化。



(a) 浜岡 (A614) における地磁気 3 成分変化 ( $H_x, H_y, H_z$ ) のパワースペクトル。



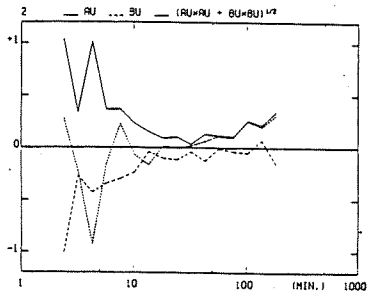
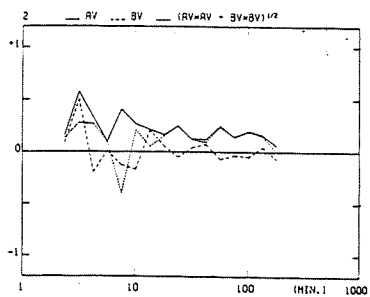
(b) 奈川 (A63) における地磁気 3 成分変化 ( $H_x, H_y, H_z$ ) のパワースペクトル。

第 3 図

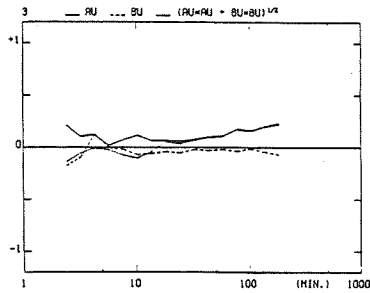
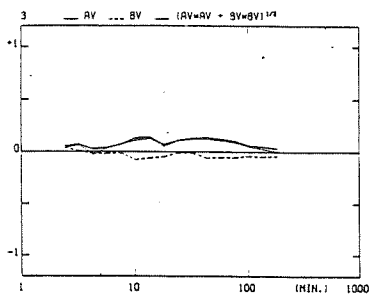
が小さく短周期の変化がほとんど認められないことである。

この様子はパワースペクトル解析の結果にも明瞭に読みとれる。第 3 図は浜岡と奈川における 9 月 6-8 日の記録をスペクトル解析したものである。水平成分 ( $H_x$ ) や東向き偏角 ( $H_y$ ) のスペクトル構造が両観測点でほぼ同じであるのに対して、鉛直成分 ( $H_z$ ) のパワーはほとんど全周波数帯について、奈川の方が浜岡より約 1 桁小さい。これは単に、いわゆる地磁気変化の「中央日本異常」の一般的傾向を反映するものか、あるいは地域的特性を反映しているのか、検討を要する。

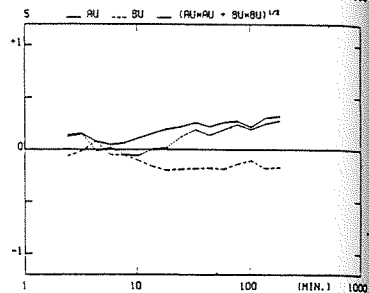
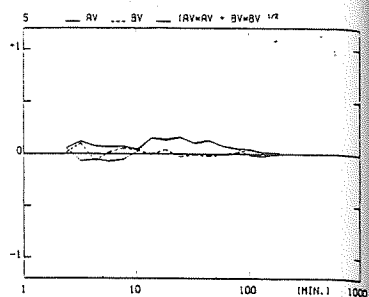
同時記録を用いて、地磁気変化の変換関数を計算し、各観測点ごとにその実部  $A_u, B_u$ ,  $(A_u^2 + B_u^2)^{\frac{1}{2}}$  と、虚部  $A_v, B_v$ ,  $(A_v^2 + B_v^2)^{\frac{1}{2}}$  とに分けて図示したのが第 4 図である。浜岡や御前崎の南部の観測点では周期 5~200 分の範囲にわたって  $\Delta Z$  と  $\Delta H$  の関係を表す  $A_u$  が 0.4~0.5 と大きいものに対して、北部の奈川では 0.3 以下であり、しかも周期 5 分以下では符号が逆転している可能性もある。



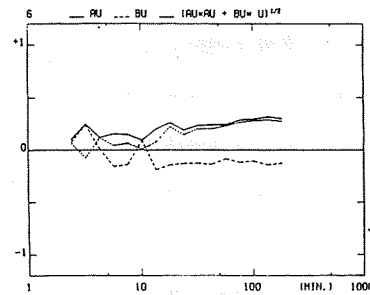
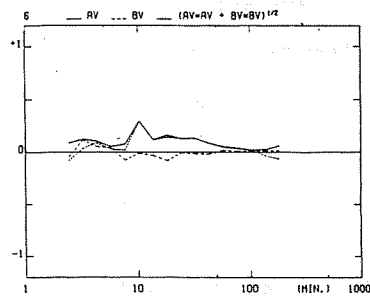
(a) №2 鬼無里



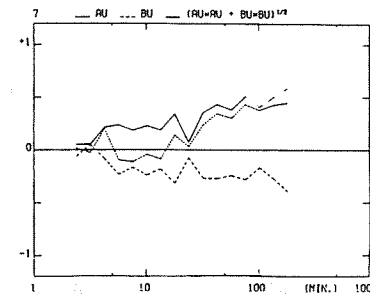
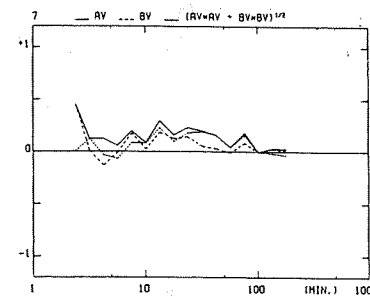
(b) №3 奈川



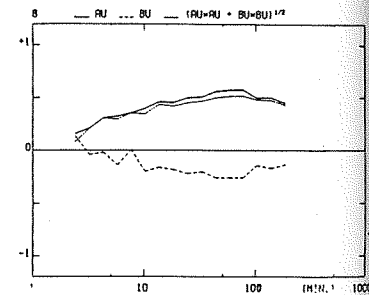
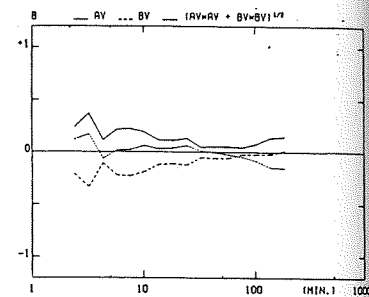
(c) №5 大鹿



(d) №6 浪合

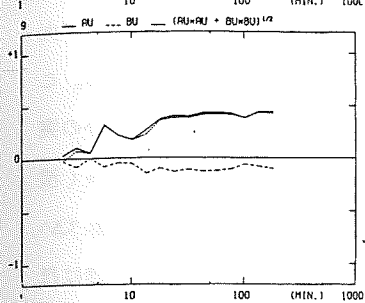
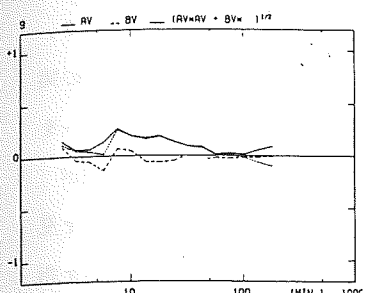


(e) №7 南信濃

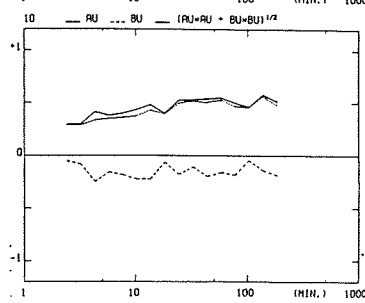
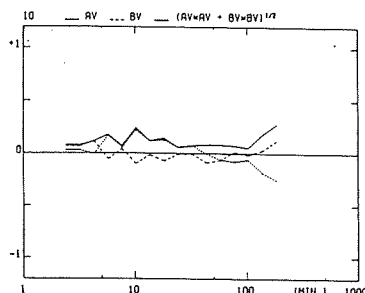


(f) №8 森

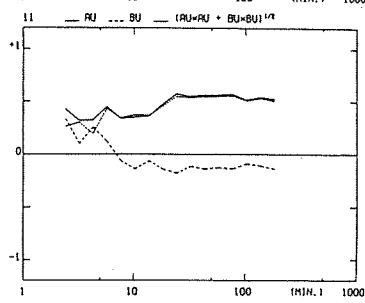
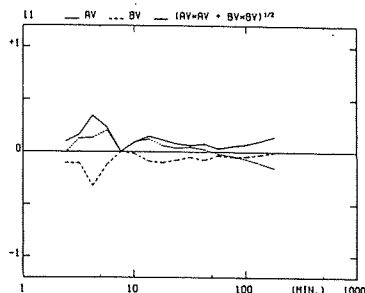
第4図 地磁気変化変換関数。  $Z(\omega) = A(\omega) \cdot H(\omega) + B(\omega) \cdot D(\omega)$ 。但し、Dは東向きを正にとる。



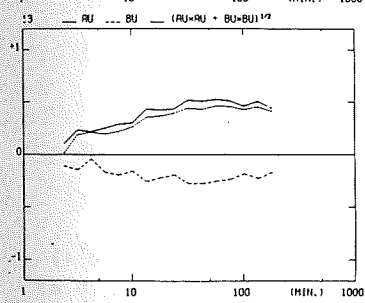
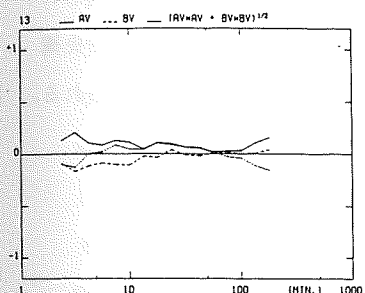
(g) №9 朝霧公園



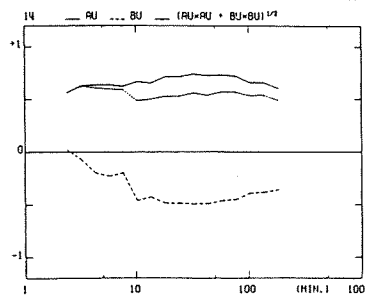
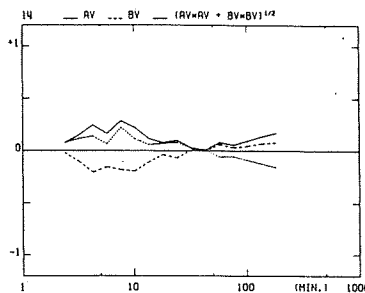
(h) №10 山中湖



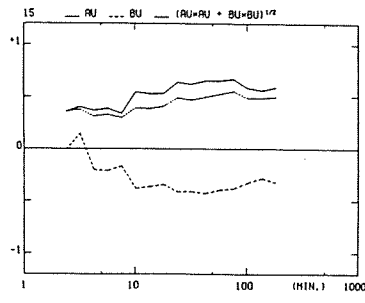
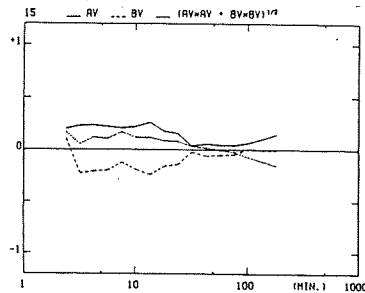
(i) №11 篠坂



(j) №12 春野



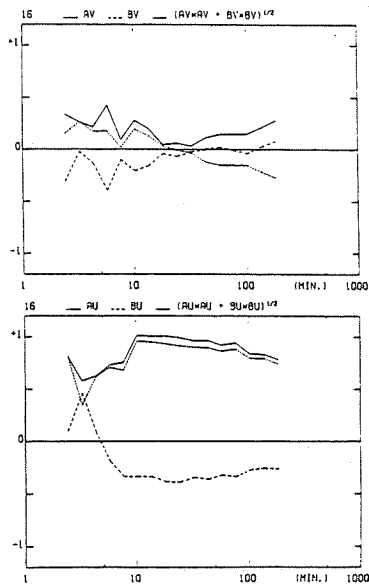
(k) №13 浜岡



(l) №14 御前崎

とる。

$A_u, A_v$  はそれぞれ  $A(\omega)$  の実部と虚部。同様に  $B_u, B_v$  は  $B(\omega)$  の実部と虚部。

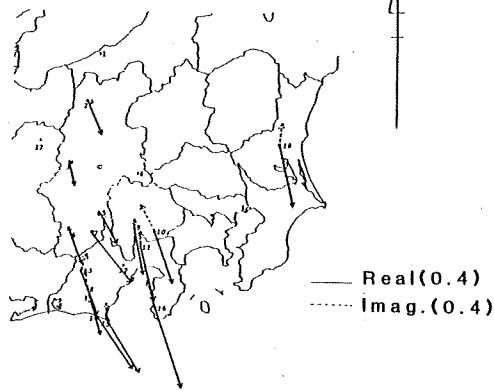


(m) №15 松崎

これら変換関数から、周期18、32、57、101、180分について、その実部と虚部からそれぞれ電磁誘導ベクトルを求めて示したのが第5図である。周期が180分や101分の長周期ベクトルを見ると、ほぼ全域にわたった南々西方向を指しており、その大きさは南の海岸寄りが大きく、北の内陸部で小さくなっている。これに対して、短周期の32分や18分の実部のベクトルは、観測点5(大鹿)6(浪合)7(南信濃)では大きく東に振れているのがわかる。この中で大鹿と南信濃はほぼ中央構造線上に位置している。電磁誘導ベクトルは電気抵抗の低い物質の分布して

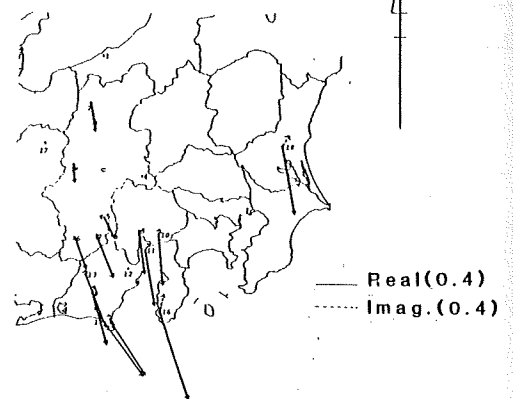
いる方向を指すことと、短周期ベクトルは地殻の浅部構造を反映することから、ここに得られた結果は中央構造線の東部に低比抵抗帯の広がっている可能性を示唆している。つまり中央構造線を境にして、地殻の浅い部分が、西側で抵抗が高く東側で低い、ということが考えられる。この事は後に述べるVLF・ELF探査結果とも矛盾しない。

PERIOD 180 (m)



(a) 周期180分

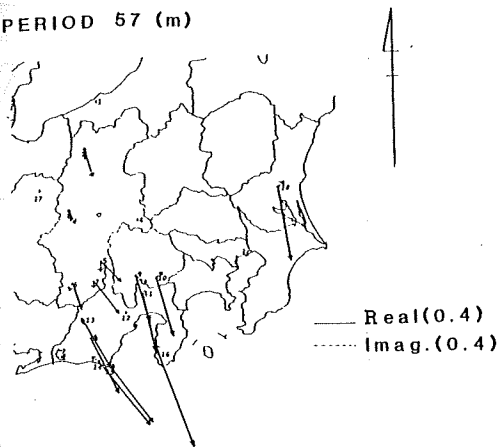
PERIOD 101 (m)



(b) 周期101分

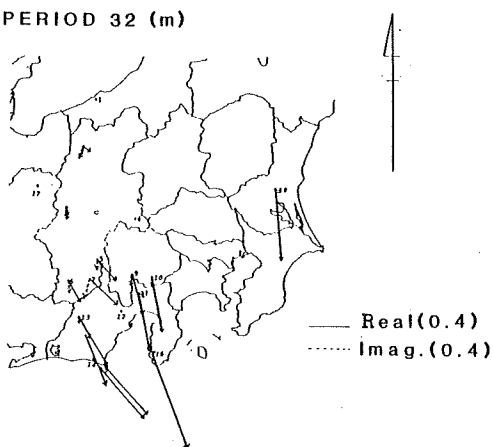
第5図 電磁誘導ベクトル

PERIOD 57 (m)



(c) 周期 57分

PERIOD 32 (m)



(d) 周期 32分

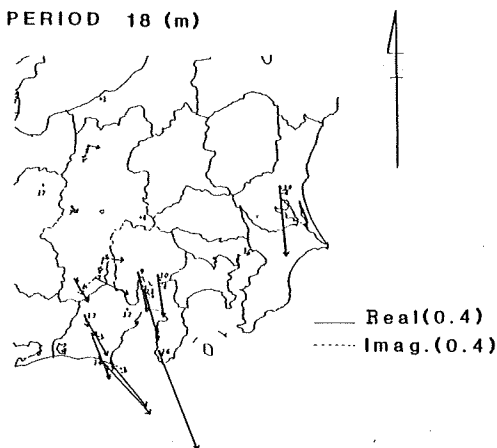
#### 4. 電気抵抗分布

VLF(17.4kHz)とELF(8~20Hz)の電磁場変化を測定して、見かけ比抵抗を求めた。17.4kHzと8Hzについて示したのが第6図である。各観測点の傍に見かけ比抵抗と、電場と磁場との位相差が示してある。8Hzについては、2組の電場・磁場成分の組み合わせから得られた結果を示した。周波数が比較的高いため、これらの見かけ比抵抗値は地表近くのせいぜい1kmの深さまでの比抵抗分布を反映している、と見られる。

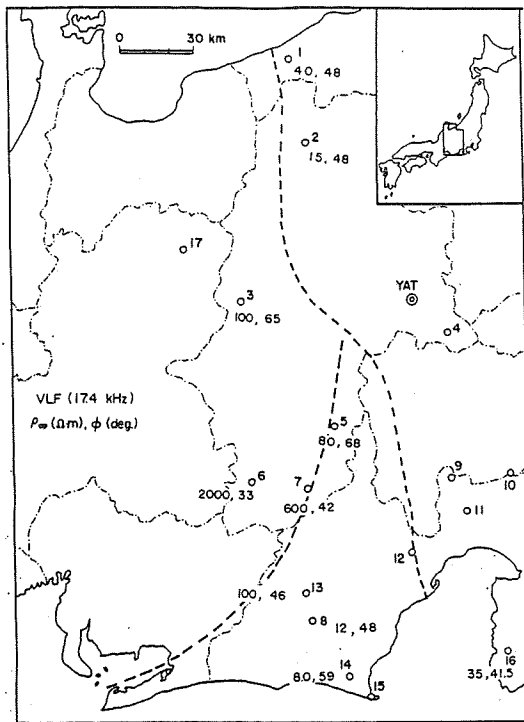
これらの結果は、前節で述べた中央構造線を境として、西側で抵抗が高く東側で低いという推測と調和的である。例えば8Hzの見かけ比抵抗分布を見ると、中央構造線の西側の観測点166では見かけ比抵抗が700~3,000ohm・mと高抵抗であるのに対して、中央構造線の東の168, 1613の観測点では35~46ohm・mと1桁低い。構造線に近い165では13~49ohm・mと低いが、167では115~212ohm・mと中間的値をとる。糸魚川・静岡構造線を越えた更に東の観測点1611では380~420ohm・mと再びやゝ高くなるようである。

北部の地域では、8Hzに対する見かけ比抵抗は大部分が20~40ohm・mの範囲にあり、一般に抵抗は低い。その中で例外的に低いのが、163(奈川)観測点である。こゝでは2組の異なる電場・磁場成分の組み合わせによって得られた見かけ比抵抗がいずれも11ohm・m、

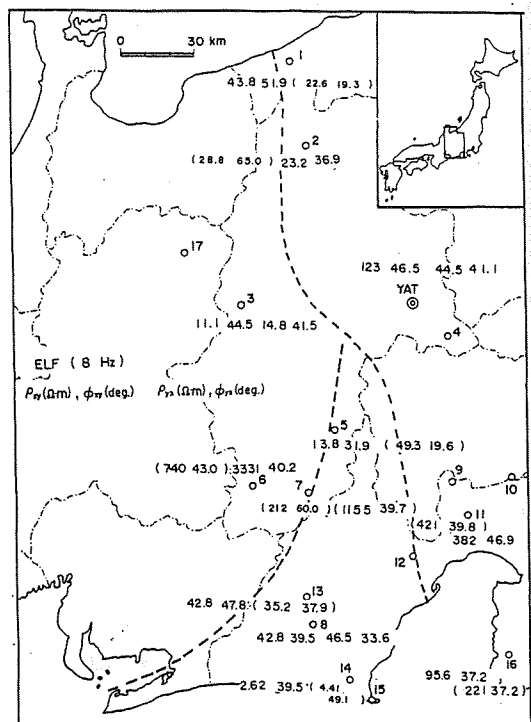
PERIOD 18 (m)



(e) 周期 18分



第6図 (a) VLF (17.4 kHz) による比抵抗水平探査。数値は見かけ比抵抗 ( $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ) と、電場・磁場間の位相差(度)。



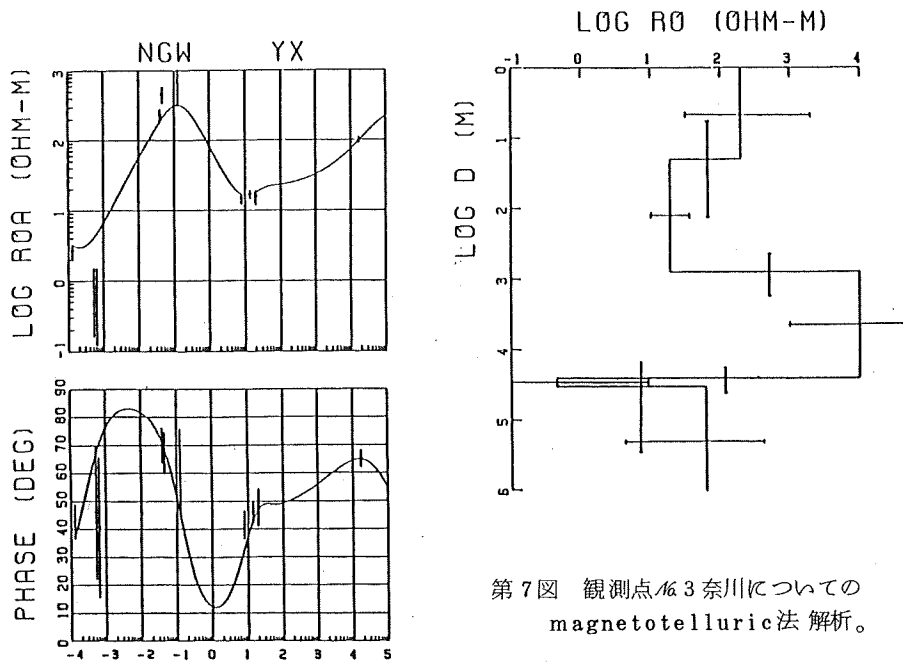
(b) ELF (8 Hz) による比抵抗水平探査。Pxy,  $\phi_{xy}$  はそれぞれ電場の X 成分と磁場の組み合わせで求めた見かけ比抵抗 ( $\text{ohm}\cdot\text{m}$ ) と、電場・磁場間の位相差(度)。同様に Pxz,  $\phi_{xz}$  は電場の Y 成分と磁場の X 成分から求めたもの。

15  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  と極端に低い。この地点では長周期の変化をも用いて magnetotelluric 法による垂直分布が求められた。

第7図は観測点 163 奈川のデータを magnetotelluric 法により解析した結果である。左側が見かけ比抵抗と、電場・磁場間の位相差である。測定したのは、VLF 帯 17.4 kHz, ELF 帯 8~20 Hz, 地磁気脈動  $10^{-2} \sim 10^{-1}$  Hz, および磁気嵐の  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  Hz の変化である。5 層モデルを仮定して、見かけ比抵抗と位相差に最もよく適合するように、層の厚さと比抵抗を求めた結果が第7図の右側の図である。深さ約 2 m より下は、前に述べたように 10~20  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  の非常に抵抗の低い層が続くが、およそ 1 km の深さになると 10  $\text{kilo}\cdot\text{ohm}\cdot\text{m}$  の高抵抗層が現れる。しかし約 2.5 km の深さになると再び低比抵抗層が現れる。こゝでは、0.5  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  位の極端に抵抗の低い層が薄く求まっているが、その実在性については更に検討を要する。しかし、この極端に低比抵抗の薄層を無視したとしても、約 2.5 km の深さから 60  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  の低比抵抗層が続くことになる。

この付近は日本で最も厚く地殻の発達している地域で、約 40 km の厚さがあると見積られている。<sup>4)</sup> 上の結果は下部地殻全体が低比抵抗であることを意味している。この地域は地殻流量





第7図 観測点No.3 奈川についての magnetotelluric法 解析。

の高い日本海側の領域と、太平洋側の低い領域との境界に近く、地殻内部の温度構造は必ずしも明確でない。下部地殻の低比抵抗には、温度構造より深部地下水が何らかの形で関与しているのではないかと推察される。

## 5. 結 び

東海・甲信越地方で実施した共同観測の結果、地殻表層部が中央構造線の西側で抵抗が高く、東側で低いと推定されるに至った。これは地磁気短周期変化の変換関数の解析からも、VLF・ELF水平探査からもいえる事である。糸魚川・静岡構造線の東側では再び抵抗が高くなるようにも見られるが、詳しい、より正確な構造決定のためには、もっと観測点を密にして観測する必要がある。

乗鞍岳の麓の奈川で、magnetotelluric法により地下の電気抵抗分布を求めたところ、2.5 km以深の下部地殻が低比抵抗であることがわかった。低比抵抗の原因としては、直接的にしろ間接的にしろ、深部地下水が関与しているものではないかと推測される。この低比抵抗層がどの位の範囲に広がっているかを調べるのが今後の課題である。

この地方の共同観測で、上に述べたようにひとつは構造線の、ひとつは下部地殻の電気抵抗構造に関して重要な知見が得られた。しかし、現状はいずれも問題のいとぐちを捉えたという段階である。この問題を解決するには、さらに観測を積み重ねる必要がある。この地域は電車

などによる人工擾乱がはなはだしく，新たに観測点を設けることは極めて困難であるが，擾乱の少ない時間帯を選んで観測するなどして，観測点を増やす努力が望まれる。

#### 参 考 文 献

- 1) Electromagnetic Research Group Crustal Resistivity Structure, Preliminary report on a study of resistivity structure beneath the Northern Honshu of Japan, *J. Geomag. Geoelectr.*, 35, 1983, to be published.
- 2) Electromagnetic Research Group for the Active Fault, Low electrical resistivity along an active fault, the Yamasaki fault, *J. Geomag. Geoelectr.*, 34, 103-127, 1982.
- 3) 乗富一雄, 地球電磁気学的手法による断層活動度の研究, 自然災害特別研究研究成果, *№A-56-2*, pp. 1-107, 1981.
- 4) T. Asada and S. Asano, Crustal structure of Honshu, Japan, in *The Crust and Upper Mantle of the Japanese Area, Part I Geophysics*, edited by Japanese National Committee for Upper Mantle Project, pp. 45-55, 1972.