

紀伊半島四国海盆における OBEM観測

吉賀友一¹⁾、一北岳夫²⁾、島伸和¹⁾、
伊勢崎修弘¹⁾、歌田久司³⁾

- 1) 千葉大学理学部
- 2) 海洋科学技術センター
- 3) 東京大学地震研究所

OBEM Observation in Shikoku basin off Kii Peninsula,
Japan

Yuichi Yoshiga¹⁾, Takeo Ichikita²⁾, Nobukazu Seama¹⁾
Nobuhiro Isezaki¹⁾, Hisashi Utada³⁾

- 1) Faculty of science, Chiba University
- 2) JAMSTEC
- 3) Earthquake Research Institute, University of Tokyo

1 観測の概要

本観測は1994年9月22日から10月8日にかけて行われた震研庸船航海の一環として、紀伊半島沖四国海盆のフィリピン海プレートの電磁気的な構造を明らかにすることを目的として行われた。OBEMは合計3台投入され、約11日間海底に設置された後、回収された。OBEMの投入および回収は、新日本海事のサルベージ船、『新海丸』によって行われた。OBEMは9月24日から25日にかけて投入され、10月5日から6日にかけて回収された。各観測点の概要を第1表に示す。

第1表

観測点	設置点	水深(m)	設置期間	測定間隔(s)	電極間距離(m)
em9401	31° 00.032'N 136° 99.850'E	4320	9/24~10/5	10	6.920
em9402	32° 00.047'N	4200	9/25~10/5	10	6.660

	136° 58.000'E				
em9403	32° 59.965'N	4100	9/25~10/6	10	3.874
	136° 03.323'E				

観測点em9403のOBEMは海況の悪化から電極アームの長さを通常のものよりも短くして投入し、回収時には横倒しになって浮上してきた。観測点em9402に投入されたOBEMは回収の際、電極アームの関節部分の安定板に使用されたボルトが数本脱落しておりアームの安定性が完全に失われた状態で浮上してきた。

2 解析

解析は、以下の手順を踏んだ（第1図）。磁場、電場のパワースペクトル（第2図）から、解析をする周波数帯を200秒より長い周期とした。また、第2図から、電場のほうが、磁場よりも短周期でそのパワーを維持していることが分かる。

- 1 データにバンドパスフィルターをかける。この際、エイリアジングを防ぐためにフーリエ区間長ごとにカットオフ周波数を変更する。
- 2 時系列データを目で見て、ノイズを含む異常区間を除去する。
- 3 時系列データを7種類の区間長でフーリエ変換しフーリエ成分を計算し、データファイルを作る。区間長は、32、64、128、256、512、1024、2048とする。
- 4 区間長ごとに2次と3次のフーリエ成分を取り出し、それらをまとめて1つのデータセットを作る。

手順4を行うことで周波数分解能は悪くなる。しかし、短周期について自由度が多くし、推定値誤差を小さくすることを目的として、このようなデータセットを作成した。第2表にデータセットの種類を示す。

第2表

FFT区間長	フィルター通過数（データ数）	採用した周期
2048	6 ~ 1600	10240秒、6827秒
1024	6 ~ 800	5120秒、3413秒

512	6 ~ 400	2560秒、1707秒
256	6 ~ 200	1280秒、853秒
128	6 ~ 100	640秒、427秒
64	6 ~ 50	320秒、213秒
32	6 ~ 25	120秒、107秒

3 解析結果

第3表にMTによる結果を、第4表にGDSによる解析結果を示す。まず、MTの結果を見てみると、全ての観測点でExに対するHx、HyのマルチプルコヒーレンシーよりもEyに対するHx、Hyのマルチプルコヒーレンシーの方が大きくなっている。これは、電場の東西成分が南北成分よりも卓越していたことに起因する。観測点em9402、em9403の場合、マルチプルコヒーレンシーは1000秒より短い周期では急激に減少している。見かけ比抵抗値はxy成分よりもyx成分の方が大きくなっている。また、Sounding Curveは各々の観測点で同じ様な傾向を示しており、長周期から短周期にかけて値が小さくなっていく傾向がある。位相差は観測点em9401とem9402で始め長周期側で45°、観測点em9401では90°付近で緩やかに変化しているが1000秒より短い周期ではばらついてしまっている。GDSの結果をみると、1000秒より長い周期帯ではいずれの観測点でもAuの値は、0から0.5付近で緩やかに変化している。観測点em9401のAuの値は1000秒より短い周期帯で1に近い値を示している。観測点em9403のAuの値は1000秒付近で値が1に近づくセンスでシフトしている。また、観測点em9401以外の観測点では、Hzに関するHx、Hyのマルチプルコヒーレンシーは1000秒より短い周期になると急激に減少している。インダクションベクトルの方向を見てみると（第5図）、次の特徴がある。

- 1 観測点em9401では長周期では南西方向を向いており、周期が短くなるに連れて時計 周りに回転していき、短周期側ではほぼ北を向く。
- 2 観測点em9402とem9403では、長周期では南南東を向いており、短周期側では北を向いている。
- 3 いずれの観測点でも、短周期になるにつれて、インダクションベクトルが大きくなっていく。
- 4 観測点em9401とem9402、em9403との間には、長周期のベクトルの振る舞いが違いがある。

4 リモートリファレンスの適応と結果

第3節の結果から、観測点em9401のAuの値が短周期になるにしたがって1に近づいていることがわかった。また、HzとHx、Hyとのマルチプルコヒーレンシーは短周期になるにしたがって大きくなっている。これは観測中に測器が揺れたために生じた磁場にコヒーレントなノイズのためであると判断した。そこで、リモートリファレンスを行うことでこのノイズを取り除く処理を行った。リモートリファレンスはChave (1987)のロバスタアルゴリズムと併用された。参照信号として用いたのは、最もデータの質が良かった観測点em9403の水平磁場2成分のデータである。リモートリファレンスを行い地磁気変換関数を求めた結果とリモートリファレンスを行わずに地磁気変換関数を求めた結果とを比較してみた(第6図)。リモートリファレンスを行った場合、推定値にばらつきが見られるが、200秒以下に見られたAuの値が1に近づくようなトレンドは見られない。また、HzとHx、Hyとのマルチプルコヒーレンシーも300秒近辺から減少しており、これらの周期帯でリモートリファレンスの効果があったことが分かった。

5 1次元モデル

第3節の結果から、フィリピン海プレートの1次元モデルを作成した。モデルの作成は以下の手順によった。

- 1 D+モデル(Parker 1980)によって、データが1次元構造で説明がつくものかどうか評価をする。
- 2 1での評価を踏まえて、データが1次元構造で説明がつく場合見掛け比抵抗値のyx成分を用いて10000万回のモンテカルロ法インバージョンを行い、モデルを作る。データが1次元構造で説明できない場合、Effective Valueを用いて近似的にモデルを作る。

第3表にD+による結果を示す。

第3表

観測点	χ^2	$E[\chi^2]$	95%
em9401	0.3441	12	21.797
em9402	0.2728	16	27.313
em9403	1.2381	16	27.313

Oldenberg(1984)によれば、 χ^2 の値が $E[\chi^2]$ や95%信頼区間よりも小さいならば、データが1次元構造で説明できるとしている。今回のデータの場合、第3表から3観測点とも1次元モデルで構造を説明することができることが分かったため、モデル作成の手順2に従い、見掛け比抵抗値のyx成分を用いて1次元

モデルを作ることにした。見かけ比抵抗の yx 成分を用いた理由は、第3節の結果からコヒーレンシーの大きい成分のほうが推定値が正確であろうという判断からである。

6 インバージョンの結果

得られた1次元モデルを第7図に示す。

観測点em9401は深さ1kmあたりまで低比抵抗層が続いている。第2層目の厚さは25km程で第1層目よりも抵抗の高い層が分布している。第3層目は第2層目よりもさらに高い抵抗を持つ層が分布している。観測点em9402と観測点em9403は第1層と第3層に低比抵抗層が分布し、第2層が最も高い比抵抗を持っているという同じ傾向を持っている。第2層の最下部までの深さは30kmである。これらの結果は、Honkura and Isezaki(1981)や、Utada(1987)と調和的である。

7 考察とまとめ

リモートリファレンス処理をすることで、磁場データの短周期成分に含まれる磁場3成分にコヒーレントなノイズをとることができた。しかし、リモートリファレンスはChaveのロバスタアルゴリズムと併用するかたちでのみ適応し、モデルを作成したデータを解析した際には適応しなかった。そのため、観測点em9401のデータの1000秒から800秒より短い周期帯で見掛け比抵抗値や位相などの推定値のばらつきが大きくなっている。また、他の2つの観測点の結果も、1000秒付近から短い周期にかけて見掛け比抵抗値や位相がばらついているが、コヒーレンシーのデータを見るかぎり、この原因は単に信号が無かったためであると考えられる。このため、この周期帯での推定値の精度に問題があると考え、1次元モデルを作る際、短周期のデータを使わなかった。従って、今回作成した1次元モデルには浅い部分の細かい構造に関する情報が欠落しているので、浅い部分の構造の議論ができない。インダクションベクトルの結果は、観測点em9401とem9402との間には深い所に構造の境界があると暗示しているようだが、このことは1次元モデルの結果と調和的である。

8 謝辞

千葉大学理学部の伊勢崎修弘教授、島伸和助教授、海洋科学技術センターの一北岳夫博士、東京大学地震研究所の歌田久司教授、東京大学海洋研究所の藤浩明博士には貴重な助言をしていただきました。ここに記して謝意を表わします。

9 参考文献

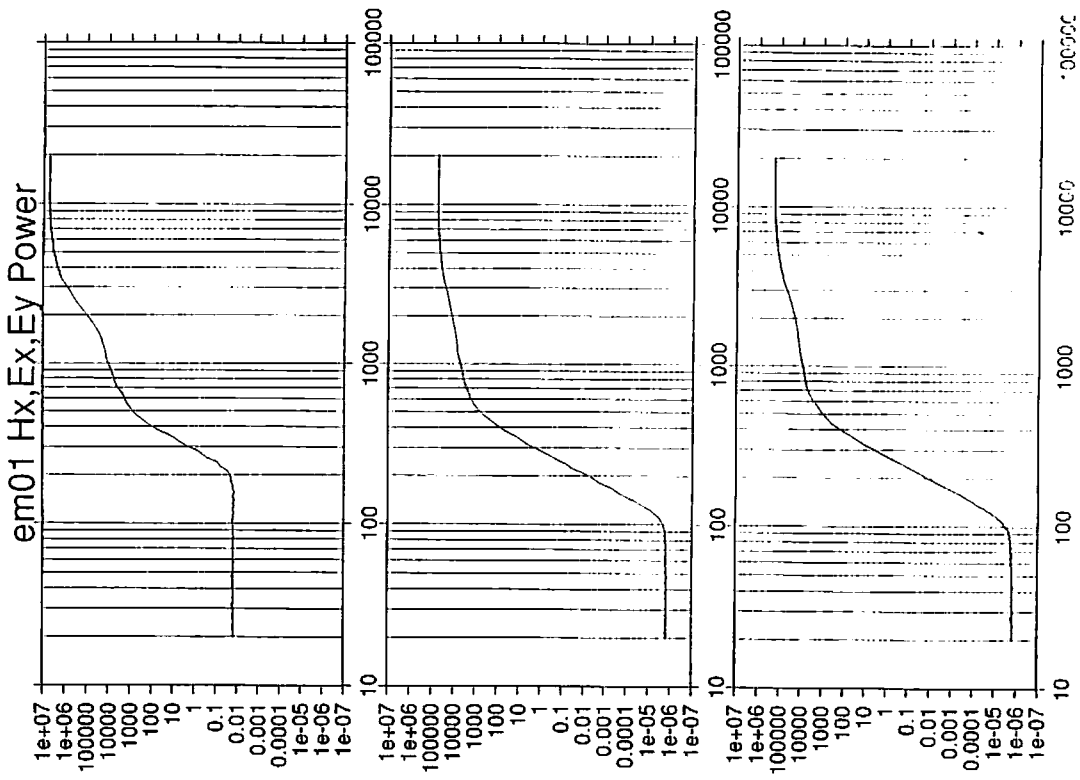
Chave, A. D., D. J. Thomson and M. E. Ander, On the robust estimation of power spectra, coherence and transfer function, J. G. R.,92, B1, 633-648, 1987.

Honkura, Y.,N. Isezaki and K. Yaskawa, Electrical conductivity structure beneath the Northwestern Philippine Sea as Inferred from the Island Effect on Minami-Daito Island, J. Geomag. Geoelectr., 33, 365-377, 1981.

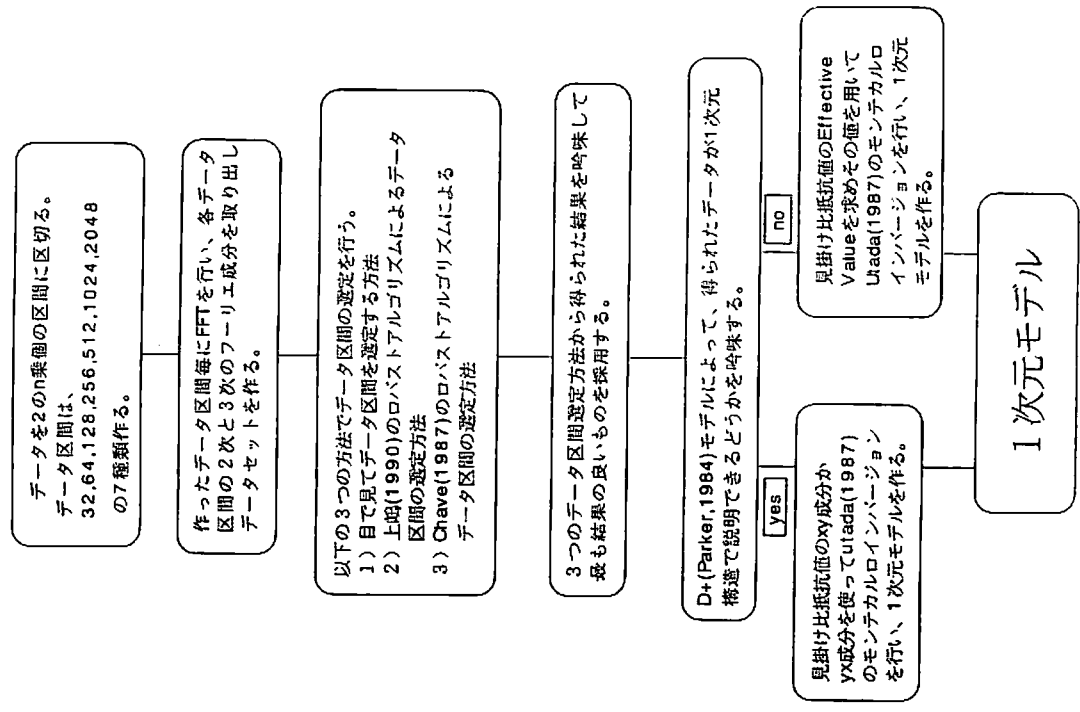
Parker, R. L., The inverse problem of electromagnetic induction:Existence and construction of solutions based on incomplete data, J. G. R., 85, B8, 4421-4428, 1980.

Oldenburg, D. W., K. P. Whittall and R. L. Parker, Inversion of ocean bottom magnetotelluric data revisited, J. G. R., 89, B3, 1829-1833, 1984.

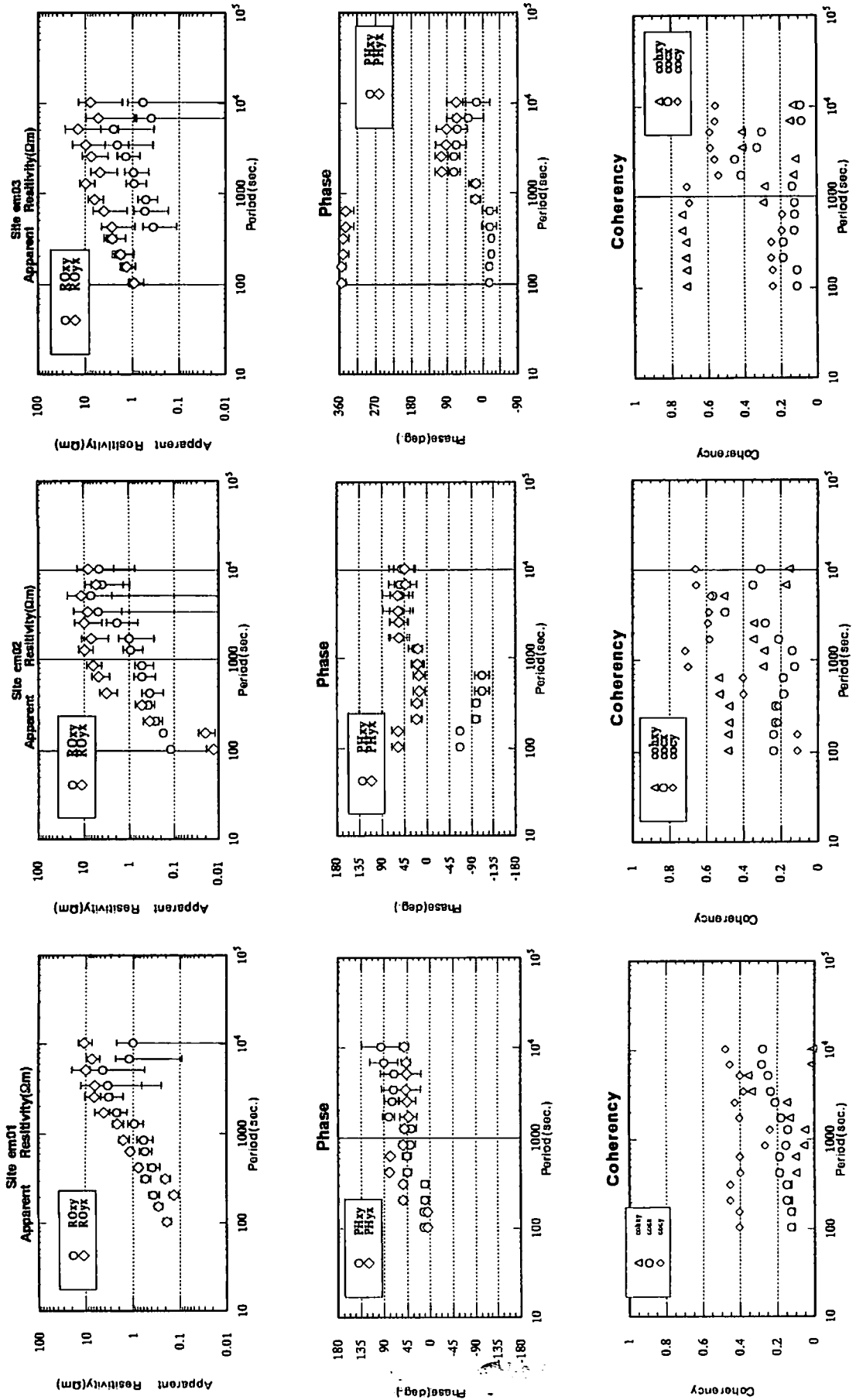
Utada, H., A direct inversion method for two-dimensional modeling in the geomagnetic induction problem, Ph. D. Thesis, Univ. of Tokyo, 1987.



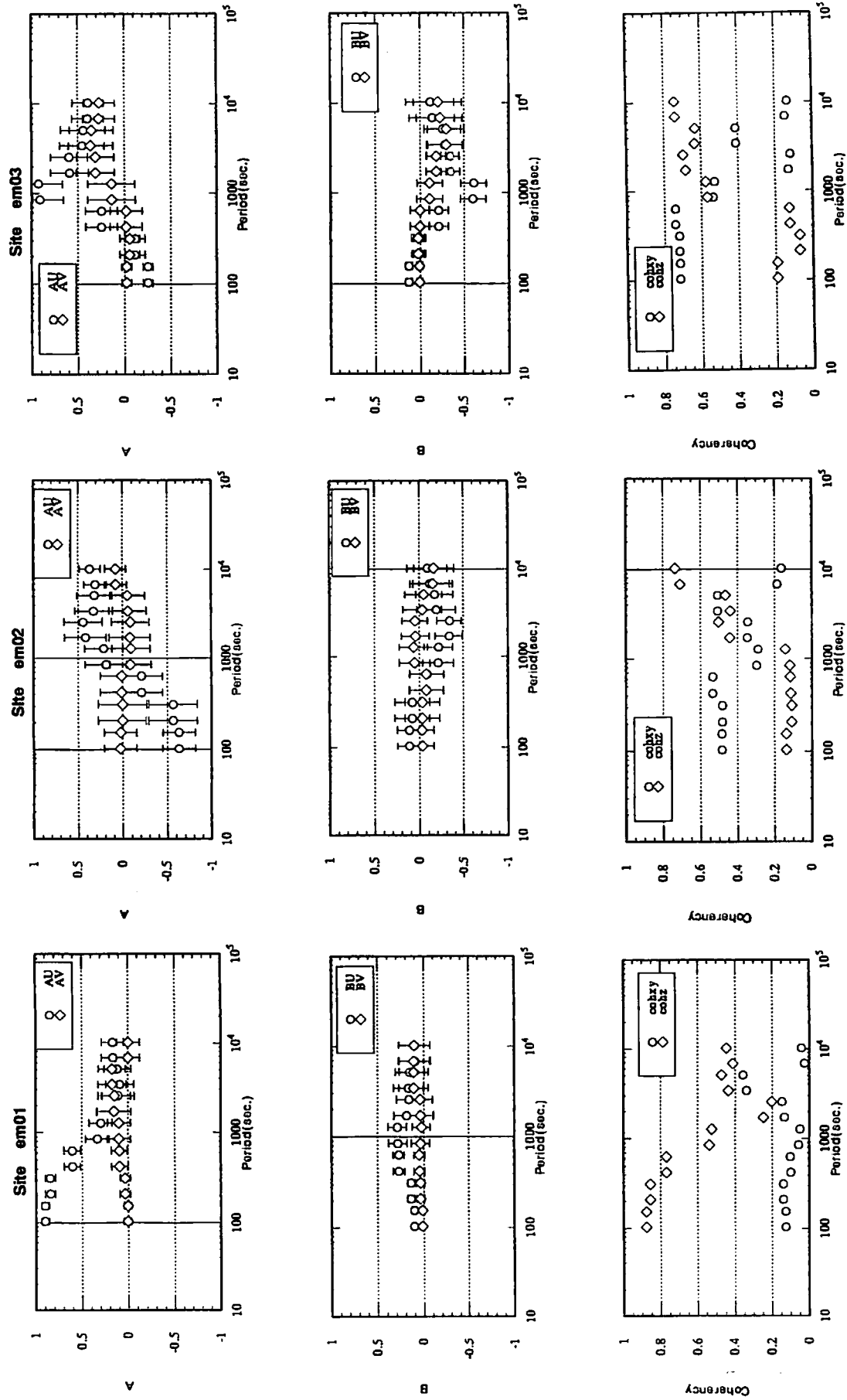
第2図：観測点em9401でのEx, Hx, Hyのパワースペクトル



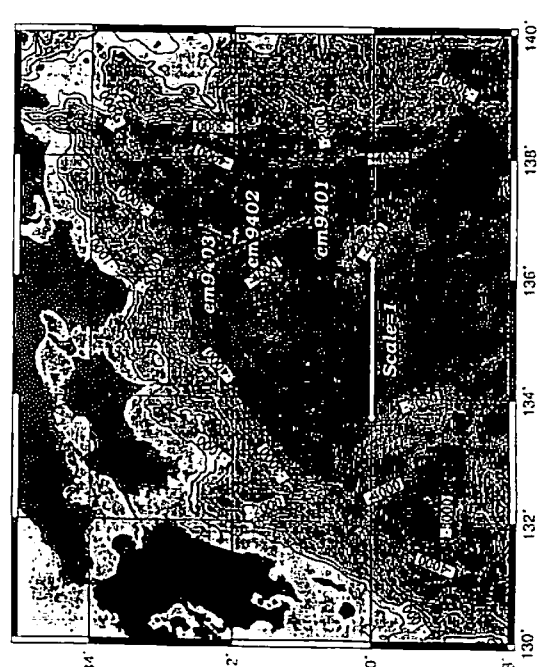
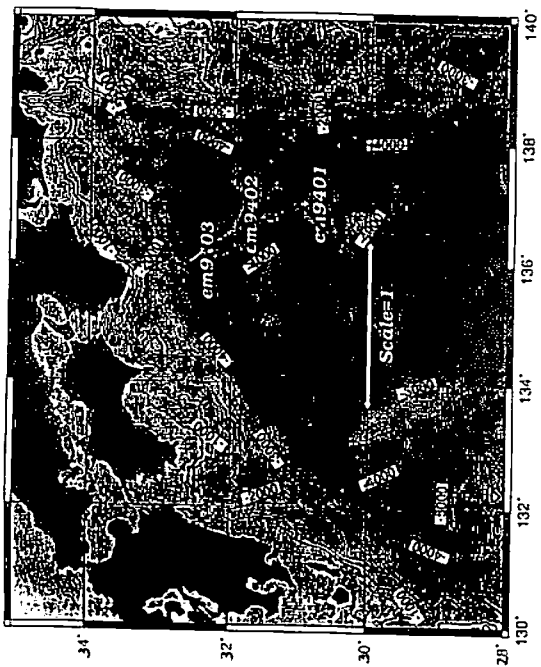
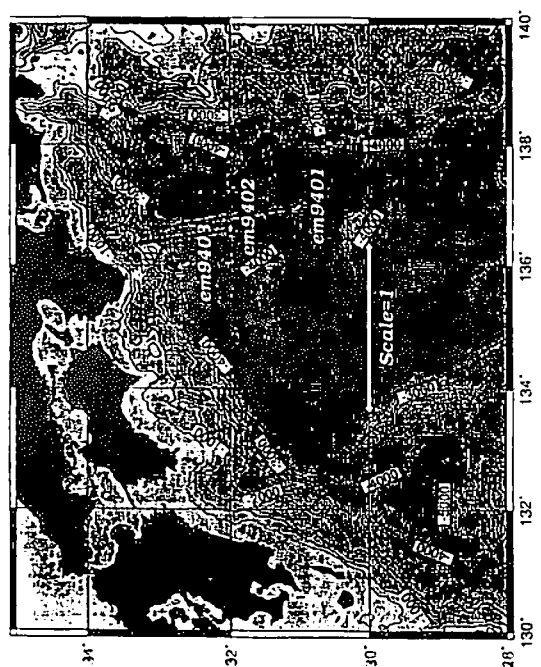
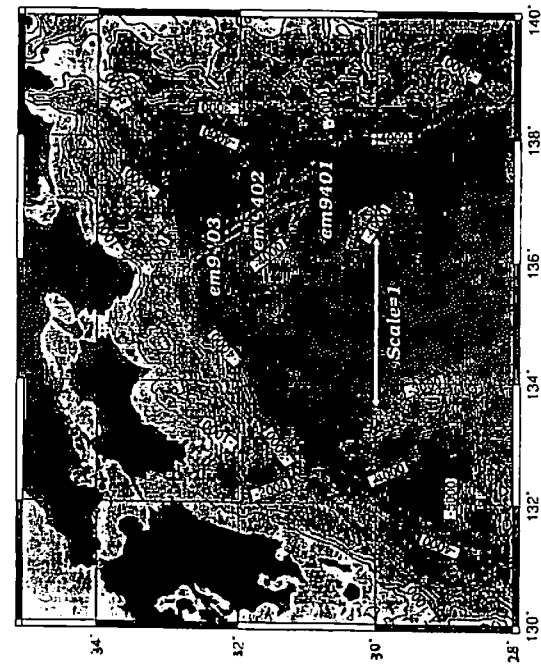
第1図：解析フローチャート



第3図：見掛け比抵抗値・位相・コヒーレンシー



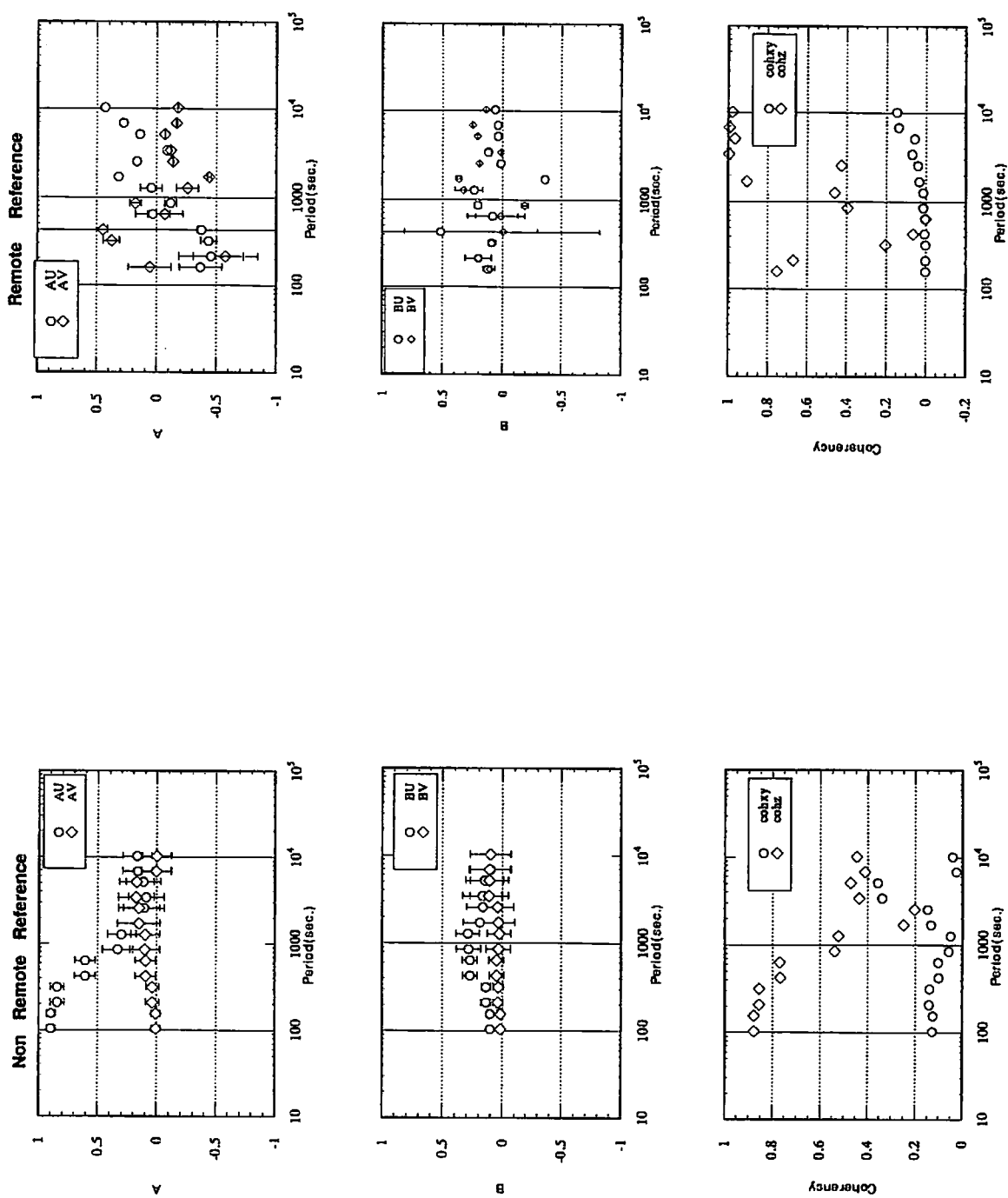
第4図：地磁気変換関数・コヒーレンシー



第5図：インダクションベクトル（黒：実数部，白：虚数部）

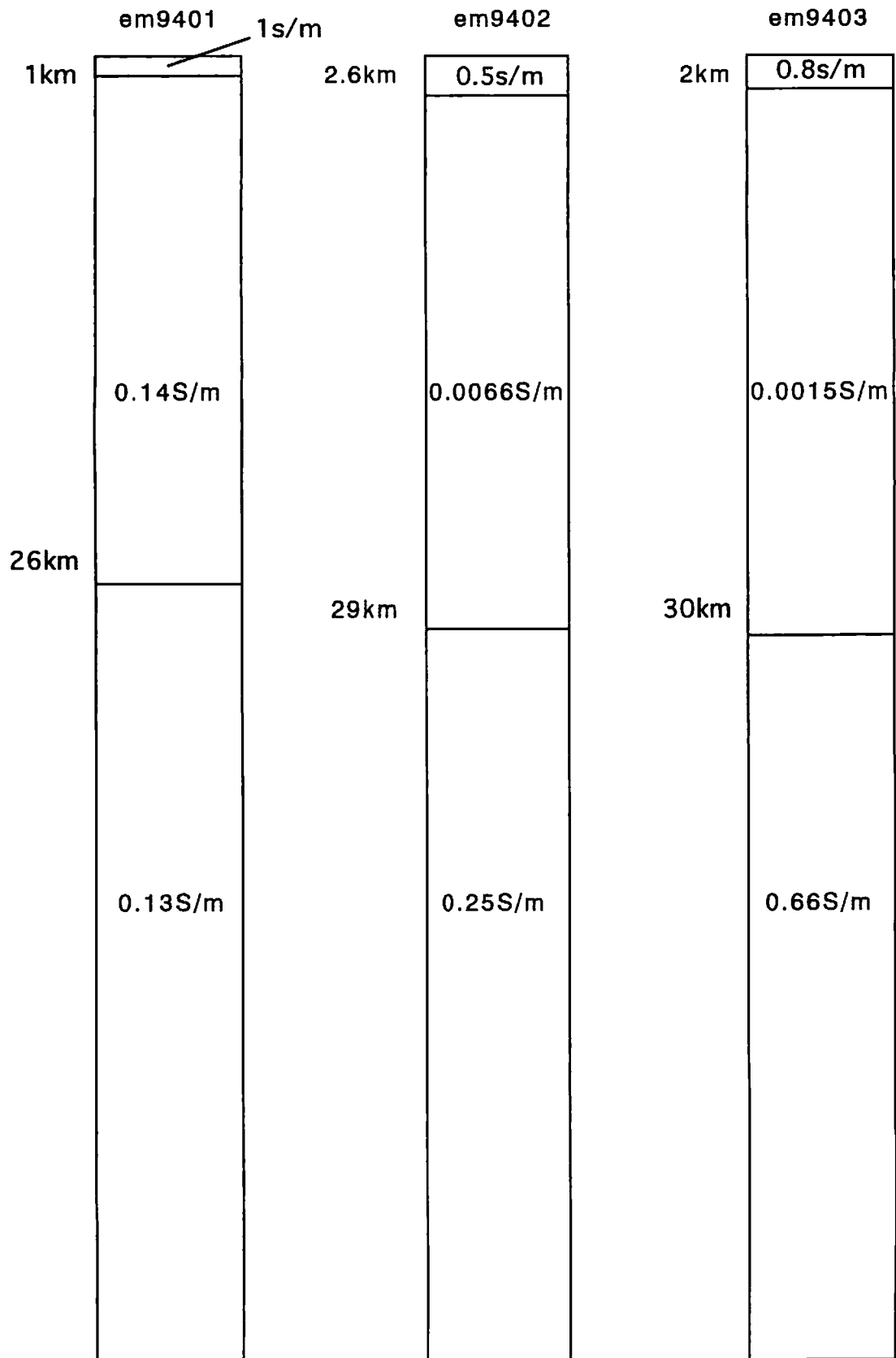
左上：10240秒 右上：2560秒

左下：640秒 右下：320秒



第6図：リモートリファレンス処理無しの結果（左）
 リモートリファレンス処理有りの結果（右）

1-d structure of Philippine Sea Plate



第7図：1次元構造