

広帯域MT法による千屋断層深部比抵抗構造(序報)

1998年電磁気共同観測MTデータ整理委員会
小川康雄(地質調査所)後藤忠徳(愛教大)三品正明(東北大)
上嶋誠(東大地震研)笠谷貴史・市來雅啓・大志万直人(京大防災研)
坂中伸也(京大阿蘇)高橋幸恵・西谷忠師(秋田大)
高橋優志・本蔵義守(東工大)佐藤秀幸(北大)村上英記(高知大)

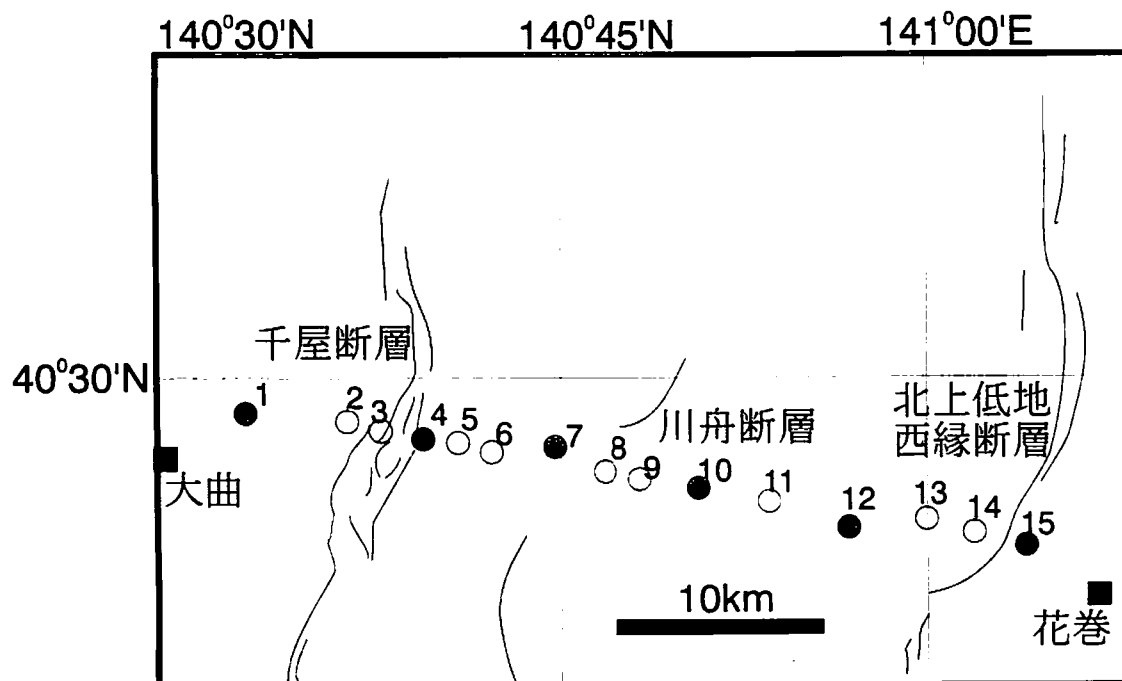
Preliminary Report on the Deep Resistivity Structure of the Senya Fault Using Wideband Magnetotelluric Method

MT Data Working Group (CA-MTWG)

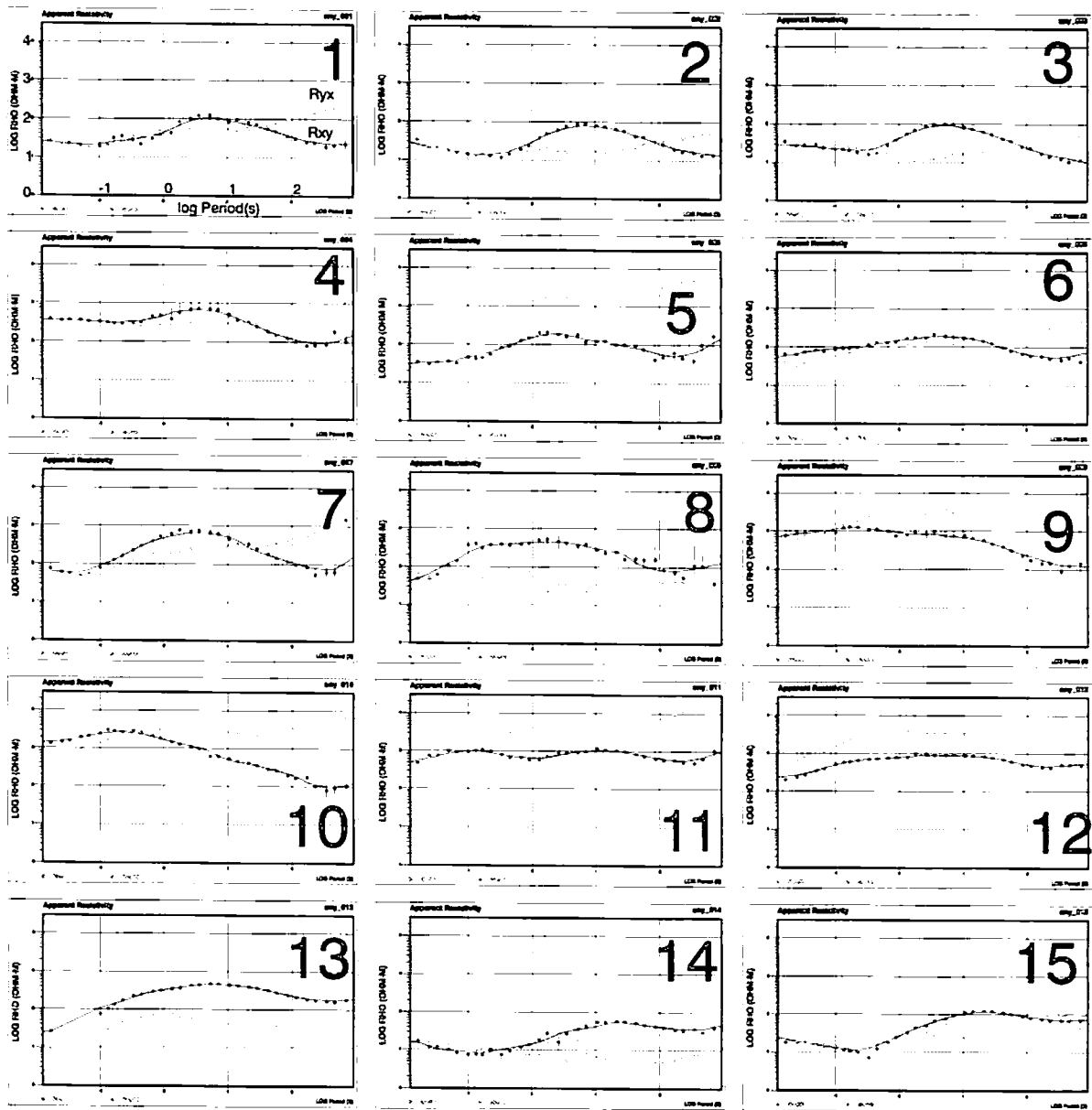
(Manuscript prepared by Yasuo Ogawa)

はじめに

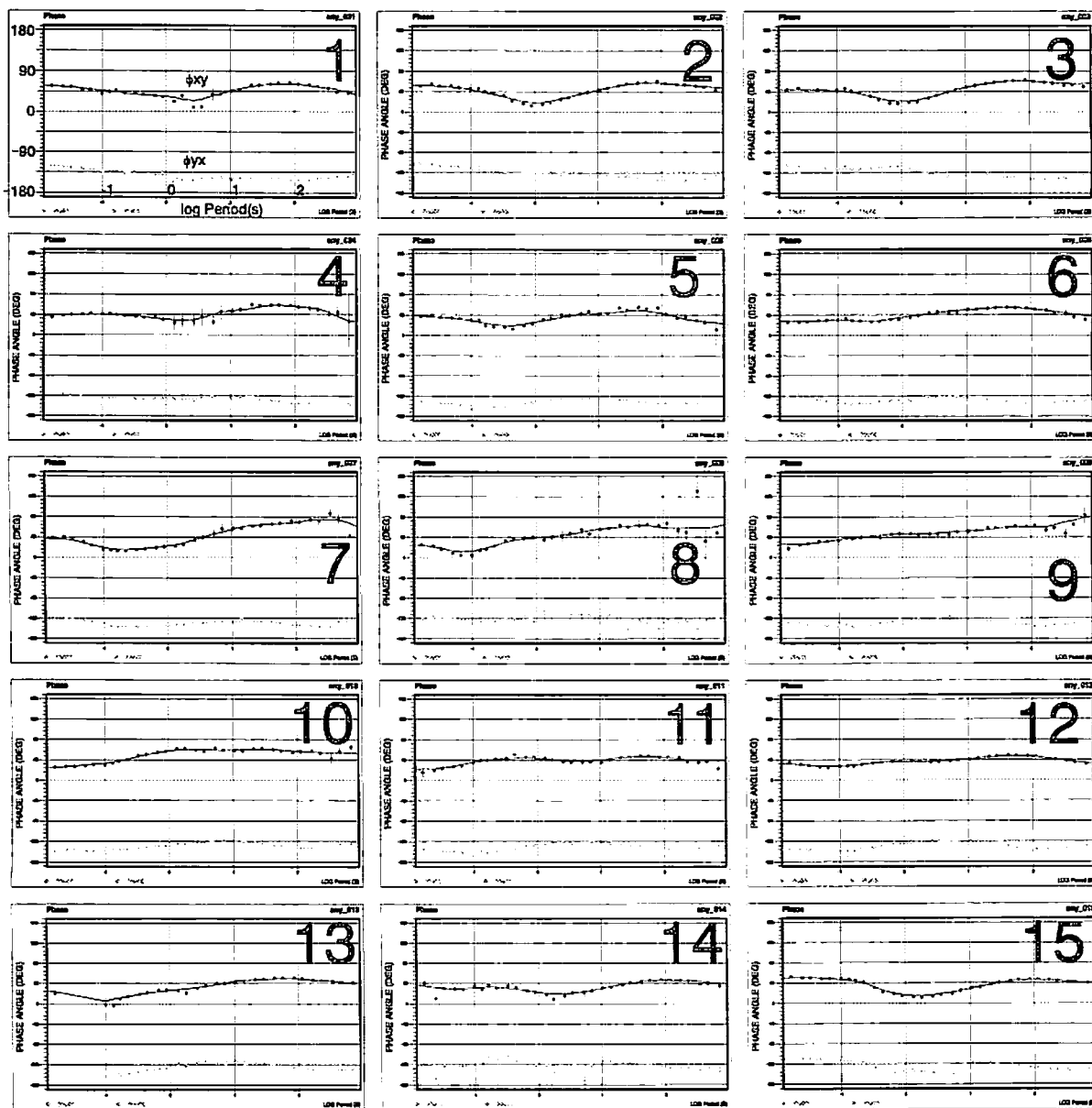
第7次地震予知計画の一環として、1998年9月21日から10月5日にわたり、東北日本脊梁山地を横断する電磁気共同観測が実施された。本地域では、大学グループにより、自然地震観測、屈折法地震探査、反射法地震探査などが精力的に行われており、千屋断層の深部構造、脊梁両翼部の逆断層による造構運動と脊梁部の隆起との関係が明らかにされつつある。広帯域(周期0.01-1000秒)MT法から得られる比抵抗構造は、地震学的な構造とは独立な情報であり、かつ地殻深部の流体の分布を反映するもので、造構運動を理解する上で大変に有益である。本研究の背景や概要については、本論文集の三品ほか(1999)を参照されたい。ここでは得られたデータとその速報的な解析結果について示す。



第1図 MT法測点と主な活断層の位置。黒丸は電磁5成分の測点で、白丸は電場2成分の測点を表す。番号は測点番号を表す。



第2図 南北方向に主軸を回転した場合の見掛比抵抗曲線



第3図 南北方向に主軸を回転した場合の位相曲線

データの取得

測線は、東西方向に45kmで、横手盆地から脊梁山地を横断し、花巻にいたる(第1図)。測点はほぼ均等に15測点配置した。測定には、GPSで同期した10台の広帯域MT法測定装置をもちいた。これらのうち5台は、磁場3成分電場2成分を測定するユニット(Phoenix V5+MTU-CL 4台とPhoenix MTU5 1台)である。残り5台は電場2成分のみ測定するユニット(Phoenix MTU2E)である。これらは周期0.03秒から1800秒までをカバーする。

測定は約2週間にわたって行われた。電磁場5成分を取得したサイト同士では、相互にリモートレファレンス処理が行われた。また、電場のみの測定点では、磁場データとしては、最も近い地点の5成分観測点の磁場を使用し、さらに遠方の磁場データを用いることによって、リモートレファレンス処理をした。各観測点において、数日間のデータが得られているが、それらを足し合わせたうえで、さらにデータを編集した。

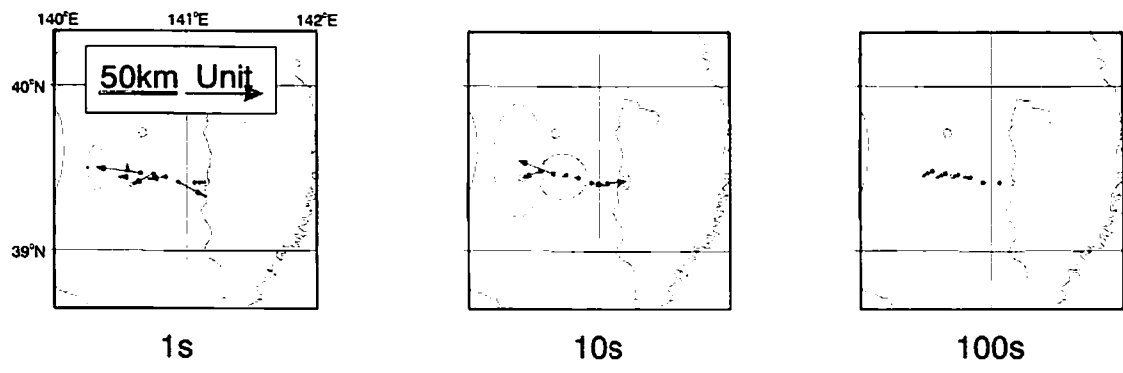
主軸(x軸)を南北方向に回転させた場合の見掛比抵抗および位相を、各館測点ごとにそれぞれ、第2図、第3図に示した。データの品質は、ほとんどの測点で周期0.01~1000秒までの範囲で良好である。

測点8のデータが周期1秒以上でややエラーバーが大きい。また測点7,8では、長周期になると、一方のモードの位相が90度を超え、distortionが効いていると思われる。

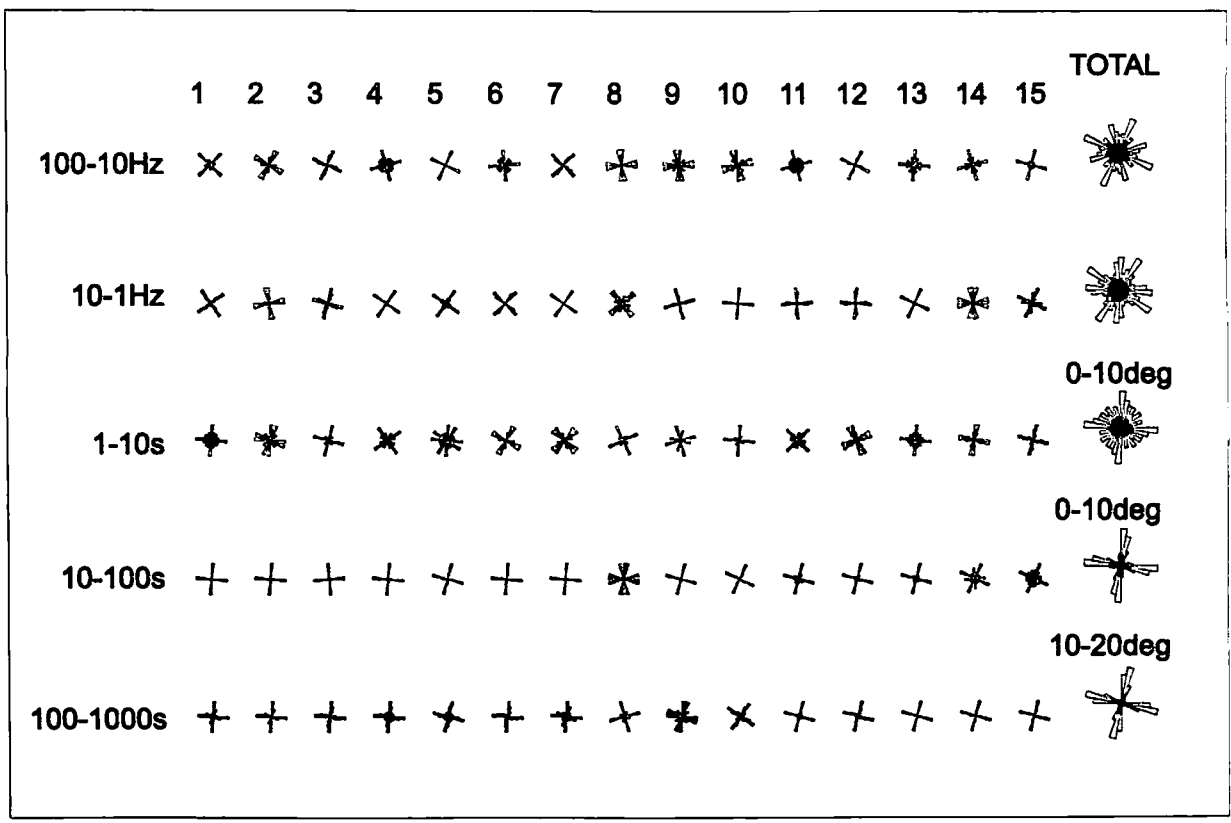
2次元性の検討

取得されたデータを解析する前に、データが2次元構造の仮定を許すかどうか、検討した。第4図は、インダクション・ベクトルの実部を3つの周期について、図化したものである。(磁場を測定している地点は5カ所に限られることに注意。)インダクション・ベクトルは、周期1秒付近で最も大きく、その向きはそれぞれ測線中央から離れるように分布している。測線の外側にある横手盆地(測線の西端)と北上低地(測線の東端)の比抵抗の低い堆積層が影響していると考えられる。周期100秒では、インダクション・ベクトルの大きさがほとんどゼロとなる。東北地方の北部で津軽海峡の影響で北向き成分が大きくなる傾向(Ogawa, 1987)はここまでは及んでいない。これらのインダクション・ベクトルは、ほぼ南北走向の2次元構造を示唆する。

次に、インピーダンスから走向を検討するために、Groom-Bailey(1989)のテンソル分解を、各測点ごと、各周期ごとに行った。第5図に各観測点(測点1から15)ごと、各周期帯ごとにヒストグラムを作成したものを示す。周期10秒よりも長い周期で、広域的に走向方向がそろってくる。第5図の右端のコラムには、全15サイトのヒストグラムの和を示してあるが、周期10秒以上では、2次元走向はN0-20°Eに推定される。



第4図 周期1,10,100秒のインダクション・ベクトル(実部)。楕円は誤差を表す。

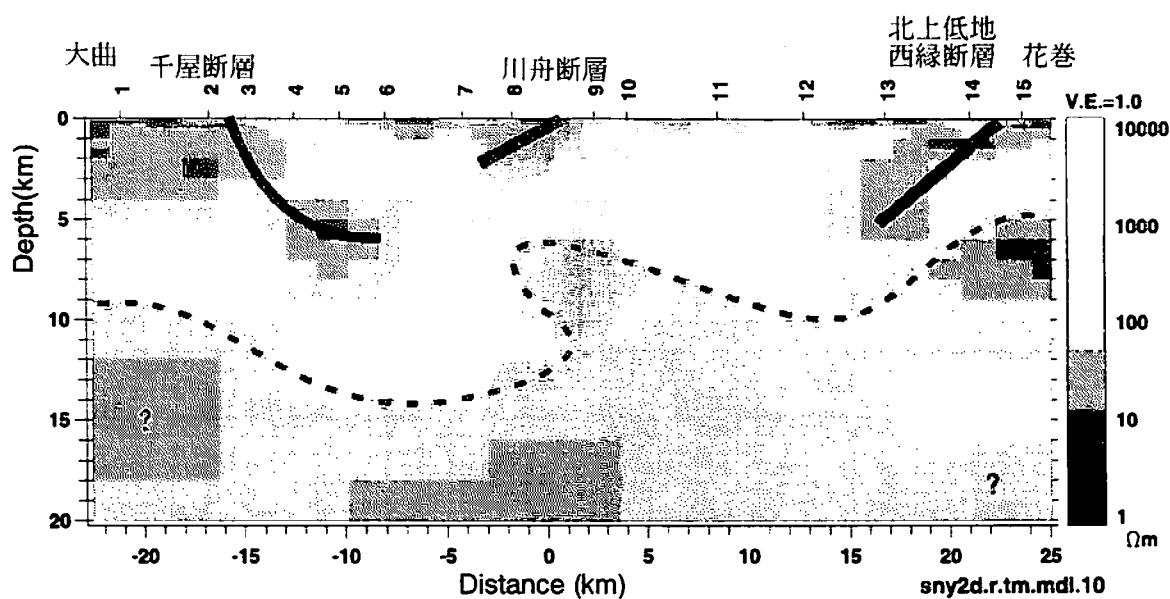


第5図 テンソル分解によって推定された2次元走向のヒストグラム。推定された走向方向は90度の不定性があるので敢えてすべての不定性を示した。1から15はそれぞれ測点番号である。Totalのコラムには、全測点のヒストグラムの和を示した。

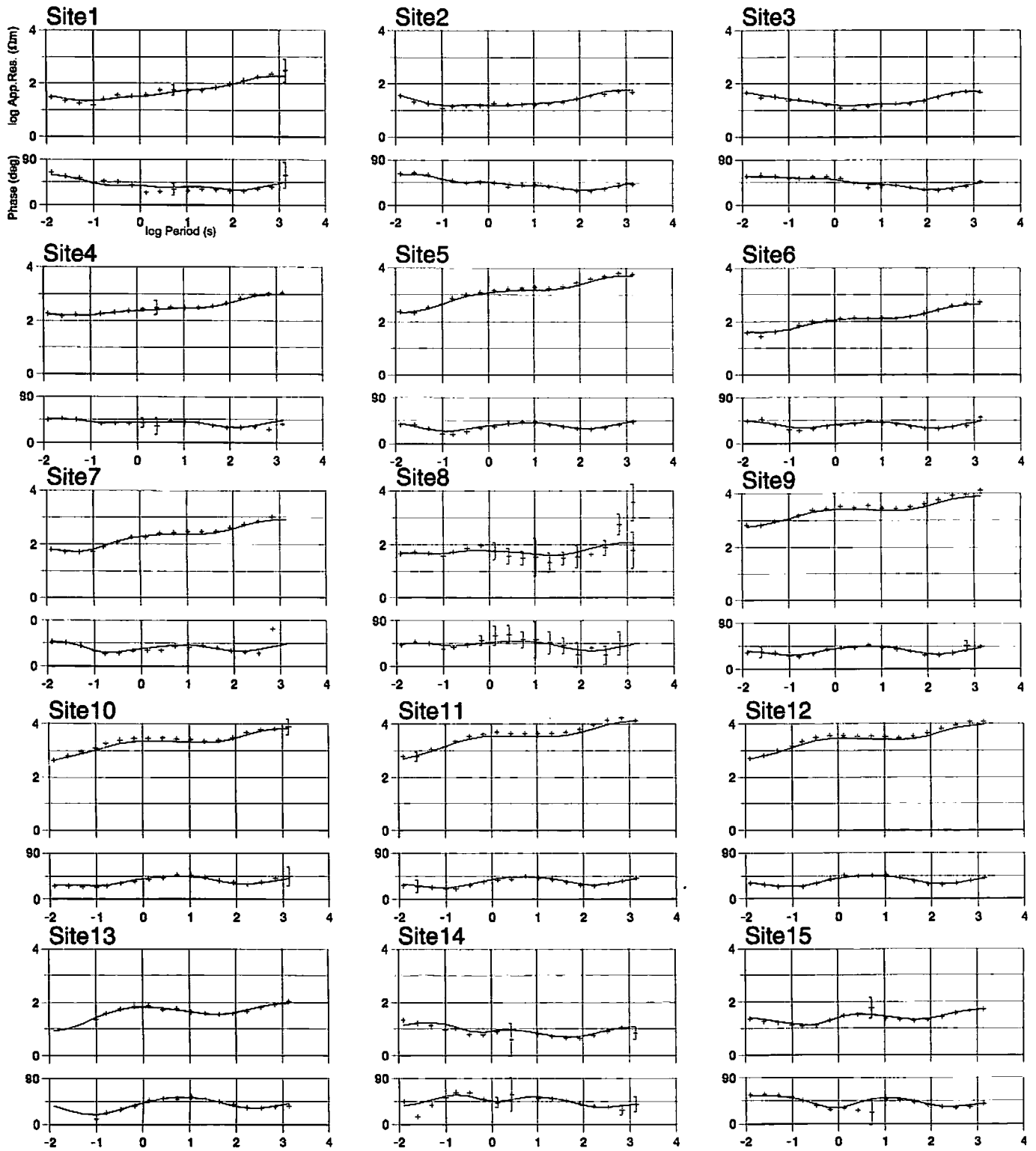
2次元解析

以上のように、インダクション・ベクトルおよびインピーダンス・テンソルはともに、周期1秒以上ではほぼ南北走向の2次元性を示唆している。プレリナリーな解析をするために、南北方向に走向をとり、インピーダンステンソルを回転させた。2次元解析には、Ogawa and Uchida(1996)の方法を用い、2次元構造とスタティックシフトを同時に解析した。

ここでは、とりあえず、TMモードの見掛比抵抗と位相とを観測データとして、インバージョンを行った。インバージョンでは、 $100\Omega\text{m}$ の一様大地を初期モデルとし、構造が最も単純になるような制約条件を付けている。極端に誤差の小さなデータによって解析結果が歪まないようにするため、また計算誤差を考慮するため、見掛比抵抗のerror floorとして10%を仮定した。すなわち10%以下の誤差を持つデータは、強制的に10%の誤差を持つものとした。位相のerror floorも見掛比抵抗の誤差と等価なものを仮定した。10回の反復計算の後、rms errorが1.5まで減少した。見掛比抵抗のerror floorが10%であるから、見掛比抵抗に換算して15%以内でモデル計算値が観測値を説明できていることになる。得られたモデルを第6図に示し、フィットを第7図に示す。



第6図 TMモードの2次元解析結果。点線は、深部低比抵抗層の上面。図中の太線は、断層破碎帯と解釈される低比抵抗層の分布を表す。。



第7図 第6図の比抵抗モデルによる計算値と観測値との比較(TMモード)。実線は計算値，シンボルは観測値を表す。

考察

モデルの5km以浅の比抵抗分布は、屈折法地震探査結果と調和的で、横手盆地や北上低地の堆積層が低比抵抗として現れている。注目すべきことは、千屋断層の深部延長が深度7-8kmまで低比抵抗異常として見られることである。これは断層破碎帯であると思われる。また、北上低地西縁断層についても深度5-6kmまで傾斜する低比抵抗異常がみられる。このような断層の深部に至る低比抵抗異常は、少なくとも日本では初めて見いだされた。より深部の構造は、プレリナリーではあるが、測線中央部で低比抵抗層が盛り上がっている。これは、下部地殻がdelaminationを起こし、めくれあがっている構造を示しているのかもしれない。この構造の延長に、千屋断層があり、地殻深部の構造と地表の活断層との関連を示すものと考えられ、興味深い。

終わりに

galvanic distortionを取り除いた場合に、データは周期が長くなるにつれ、2次元的な様相を示すことがわかった。今後、TEモードも含めた解析を行う。ただし、その際には測線を取り巻く広域的場に由来する電磁誘導や、galvanic distortionに対する配慮が必要である。また、断層破碎帯の地殻深部への延長に関しては、測点8付近のデータが重要であるが、必ずしも十分な品質ではないので、再測定や追加測定を行う必要がある。

謝辞

観測では、カナダ国フェニックス社から、MTU-CL, MTU2E, MTU5を貸与させていただいた。

引用文献

Groom, R.W.and R.C. Bailey, Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local three dimensional galvanic distortions, *J.Geophys.Res.*, 94, 1913-1925,1989.

三品正明・地殻比抵抗研究グループ,1998年電磁気共同観測の概要,CA研究会1999年論文集, 本論文集, 1999.

Ogawa, Y., Preliminary interpretation on detailed magnetovariational profilings in the northern Tohoku district, *J.Geomag.Geolectr.*, 39, 559-569, 1987.

Ogawa, Y. and T. Uchida, A two-dimensional magnetotelluric inversion assuming Gaussian static shift, *Geophy.J.Int.*, 126, 69-76, 1996.