

琵琶湖北部地域におけるMT観測

北九州職業訓練短期大学校 下泉 政志
九州大学 工学部 茂木 透

MT observation in Northern Part of Lake Biwa
Masashi SHIMOIZUMI¹⁾, Tohru MOGI²⁾

- 1) Kitakyushu Polytechnic College
- 2) Faculty of Engineering, Kyushu University

1. はじめに

1991年11月に、琵琶湖西部で行われた電磁気共同観測期間中、我々は11月7日から9日にかけて第1図に示す4地点において、17.4kHz~4.2HzまでのAMT及びULF帯のRMT (Remotereference MT) 観測を行った。

茂木ら¹⁾は北部近畿地方における活断層の分布に注目し、地質学及び地球物理学的探査結果をもとに、この地域が第2図に示すように7つのテクトニック・ブロックに分けることができることを指摘している。そこで、我々はこのブロック間に電氣的構造の差異があるかどうかを調べる事を観測目的の一つとし、第1図の黒丸で示しているように、舞鶴ブロック(MA)に1点(測点4)、琵琶湖ブロック(BI)に2点(測点3, 2)、さらにその東側のブロックに1点(測点1)配置した。観測点間の距離は10数km程度である。

2. 観測

各観測点において、浅部構造を推定する為にオーディオ周波数帯域のうち、17.4kHz (VLF) ~4.2Hzまで測定可能な複素位相検波方式のAMTメータ²⁾を用いた。この機器は、アナログ的にフーリエ変換を行う機能を持ち、高周波から低周波までの自然電磁場変動から、見掛比抵抗値及び位相差を現場で得る事が出来る。又、必要ならば現地で1次元解析まで可能なシステムである。磁場センサーは高周波用(> 1kHz)として空芯の、低周波用として有芯のインダクションを使用し、電場センサーは銅棒を用いている。現在、1地点当たりセンサー設置から測定、撤収までおよそ1.5時間で行っている。従って、1日最大5地点程度の測定が可能である。

さらに、深部構造を推定する為にULF-RMT測定を行った。磁場センサーとしては高精度フラックスゲート磁力計³⁾を、電場センサーとしては、PHEONIX社で使用している電極を参考に九州大学で作成したプaster型のPb-PbCl₂を用い、計測・記録制御には、ラップトップ

コンピュータ (I777社, PC286LE) を用い, アンプ及びコンピュータの電源は車用バッテリー (36AH) を2~3個用いている. この電源容量で2~3日程度の無人観測が可能である.

データは14bit A/D変換ボードで5Hzのオート・サンプルを行い, 移動平均により5成分1秒値に変換した後, 15分間 (900データ/CH) 単位で1MBフロッピー・ディスク2枚に記録している. 従って, このシステムでは数100秒から数秒までの周波数帯域をカバーする. さらに, 我々はTDEM観測で使用している高精度時計 (10^{-8} 秒/日) を用いることにより, 他地点データとの同期をとっているのでRMT処理も可能である. 尚, 時刻同期は現在20分毎に行っているが, これを数時間毎に変更することにより1000秒までの信号処理を行うことも基本的には可能である. RMT処理⁴⁾はSMT (Single station MT) 観測における磁場ノイズによるMTパラメータ推定時のバイアスを低減する為に考案された手法であり, 我々では地質調査所⁵⁾ (PHOENIX社SYSTEM-V) や, NEDO⁶⁾⁷⁾などで採用され成果をあげている.

第3図に得られたULF帯の生データを示しているが, 地点BIW002の磁場 (特に, B_y , B_z 成分) は近くを走る高圧線からの60Hzによる強烈なエイリアシングの為, 解析に使用する事は不可能であり, リファレンス点BIW004の磁場を用いて解析を行った.

3. データ解析

AMTデータに関しては, 現地で得られた各4成分のフーリエ係数がデータセット (周波数により異なるが2~8秒間スタックされたもの) ごとに記録されているので, 現地で計測終了後, 又は, 宿舎などで第4図の流れ図に従って次元解析を行っている. 第5図に東側の観測点 (BIWE01) における解析例を示す. このデータは, 今回の観測点の中では良好なものである. データセット選択基準としては, 「各4成分それぞれのオート・パワーが全データセットでの標準偏差の2倍以内である事」及び, 「3データセットによる平滑化スペクトルを用いて推定された2種類の電場1成分と磁場2成分間の多重関連度関数 γ_{321} , γ_{421} の値が共に0.6以上である事」の2項目を用いている. 前者は, 主に近雷や車によるスパイク状のノイズの除去の為に設定している. 同図の右側にその基準を満たしたパーセンテージを示すが, 0.5, 1kHz以外の周波数については予想以上にこの条件を満足している. 図中の曲線は, Invariant resistivity 及びその位相を用いて1次元解析した結果である.

尚, 1~10kHzまでは, 比抵抗, 位相差ともバラツキが大きい, これは半田ら⁸⁾の観測結果と同様に信号レベルが低いことによるものと考えられる. ただ, 人工源ソースのULF (17.4kHz) を最高周波数として観測するので, この帯域の結果の信頼性チェックもある程度可能である. この帯域の可探深度はせいぜい数100mであり, 今回のようにULF帯域まで取り扱う場合はそれほど大きな影響はないと考えられる.

他の測点においても, 特に位相差にバラツキが大きく, 何らかの対応策が必要である.

ULFデータは, 15分間単位の5成分時系列データ (900データ/CH) を1単位とするので, これを128データづつずらし, 512データを4組作成し, それらのスペクトルを平滑化及びスタックしたものを1データセットとしている. 従って, まる2日間のデータの場合, $48 \times 3 = 144$ デ

ータセットが得られる。SMTの場合は、最大これだけのデータセット数が使用可能であるが、RMTの場合には同時刻データが必要なため、これより少なくなる。今回の場合、4地点同時に使用可能であったのは約38時間(115データセット)であった。

以降の処理は基本的にAMTデータと同じである。

以上のAMT、ULF-MTの結果(周波数17.4kHz~7.8mHzまでの最大20周波数)を用いて一次元解析を行った。一次元インバージョンは、まずポスティック・インバージョンにより初期値を設定し、これを用いて非線形最小自乗法により構造を推定している。

4. 観測結果

第6図に一次元解析結果を示す。これから以下のことがいえよう。

- (1) 表層部(<400m)の比抵抗にはブロック間にそれほど明瞭な差異がない。
- (2) 琵琶湖ブロック(測点2, 3:BIW02,03)の特徴としては、3km程度以深が1000 Ω m程度の高比抵抗である。
- (3) 舞鶴ブロック(測点4:BIW04)は地下3-4kmから数10 Ω mの低比抵抗が深部まで続く。
- (4) 東側のブロック(測点1:BIW01)は1.5km以深は数100 Ω m程度である。
- (5) 以上から、ブロック構造に対応するような比抵抗構造の差異は、数km以深にみられる。
- (6) 測点1, 3, 4の地下約1km以浅において数十 Ω mの低比抵抗な部分がみえる。これが何に対応するのかは不明である。

測点2は、近傍に高圧線があり、AMTのデータ質も良くないので、測点3との表層の結果の食い違いに関してはノイズの影響も考える必要があり、また、測点3の比抵抗は数10Hzまで R_{xy}/R_{yx} 値が大きく、電場の主軸方向も $0^\circ \pm 20^\circ$ (南北)と一定しており、表層近くに断層などの影響がでている可能性もある。

尚、RMT法による成果、及び、ULF帯の B_z に関する解析結果などは次の機会に報告する。

5. おわりに

1ブロック内1~2点の観測点配置でそのブロック全体の特徴を議論することは危険なことであろう。特に、表層部分(<1km)には局地的なものが反映される恐れがある。従って、我々は今回の結果の確認、検証の為にさらに高密度な観測が必要であると思っている。

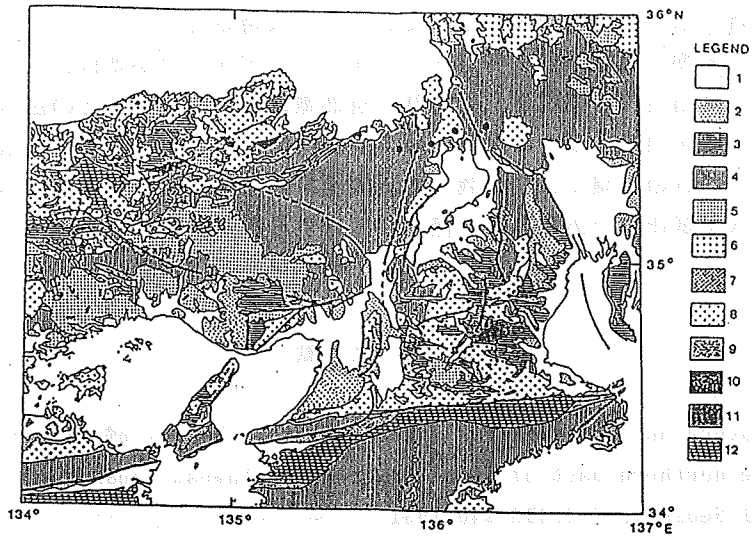
むしろ、3日間という短期間の観測でこの程度のことが推定できるという実例と考えるいただきたい。つまり、自然電磁場観測の場合、特に、数十分から数分以下の周期現象に関しては数日間の観測である程度必要な情報を得る事ができると感じている。勿論、我々の観測

システムには改善・改良の余地が多く残っていることは否定できない。

現在、バッテリー駆動可能な16ビットパーソナル・コンピュータが安価に入手でき、又、センサーや増幅器の高精度化が実現されており、自然電磁場変動を用いての広帯域MT観測も比較的容易に行う事が出来るようになってきている。実時間処理もコプロセッサ搭載可能な32ビット・ノートパソコンの出現により、我々でも実現可能な状況になってきている。現在、この新しいシステムを試作中であり、次の機会に報告する事が出来ればと思っている。

参 考 文 献

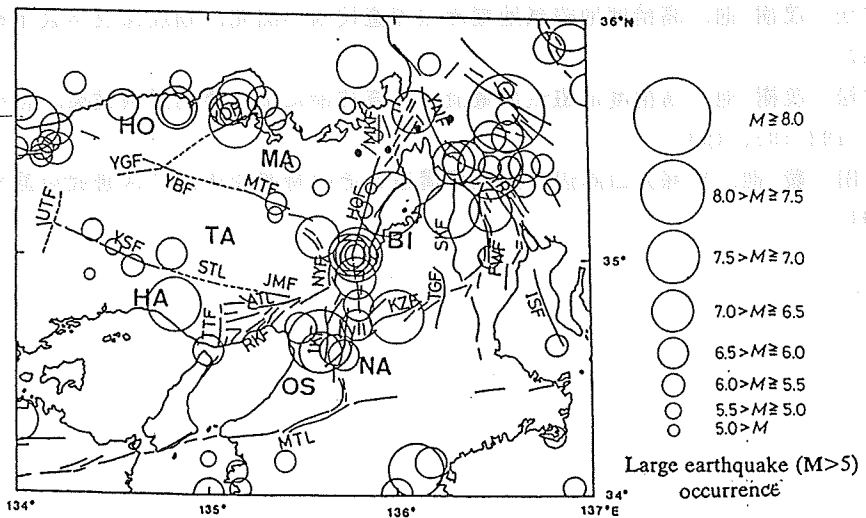
- 1) T.Mogi, I.Katura and S.Nishimura, Magnetotelluric survey of an active fault system in the northern part of Kinki District, southwest Japan, J. Structural Geology, 13, 2, 235-240, 1991
- 2) 茂木 透 他, 複素位相検波方式CSMT探査装置の開発, 物理探査, 43, 164-169, 1990
- 3) 下泉 政志 他, TDEM法用フラックスゲート磁力計の開発, CA研究会論文集, 9-17, 1991
- 4) Gamble T.d. et al, Magnetotellurics with a Remote Reference, Geophysics, 44, 53-68, 1979
- 5) 小川 康雄 他, 広帯域・実時間処理MT法とそれを用いた磐梯山周辺の地殻構造調査, CA研究会論文集, 18-24, 1989
- 6) 村松 茂樹 他, 高精度地磁気地電流法探査技術の開発, 物理探査学会予稿集, 186-191, 1987
- 7) 村松 茂樹 他, 高精度地磁気地電流法探査技術による実地試験結果, 物理探査学会予稿集, 192-197, 1987
- 8) 半田 駿 他, 阿蘇火口周辺の比抵抗構造とその時間変化, CA研究会論文集, 76-85, 1991



第1図 観測点分布と地質構造 (茂木ら 1991, Fig. 6より)

図中、観測点は黒丸(●)で示している。

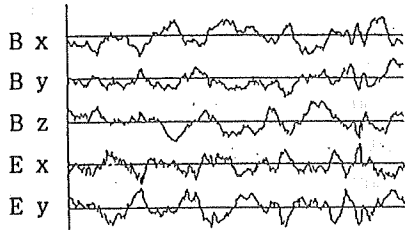
LEGEND 1: Holocene sediments, 2: Pleistocene sedimentary rocks
4: Pre-Neogene sedimentary rocks 8: granitic rocks



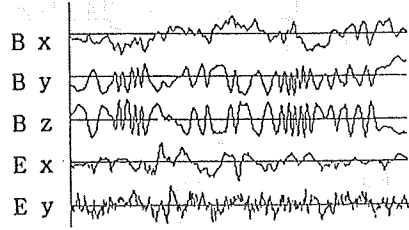
第2図 北部近畿地方のブロック構造 (茂木ら 1991, Fig. 7より)

TA: 丹那ブロック, HO: 北丹ブロック, MA: 舞鶴ブロック, BI: 琵琶湖ブロック
NA: 奈良ブロック, OS: 大阪ブロック, HA: 播磨ブロック
YNF: 柳瀬断層, HOF: 花折断層, MKF: 三方断層
図中、観測点は黒丸(●)で示している。

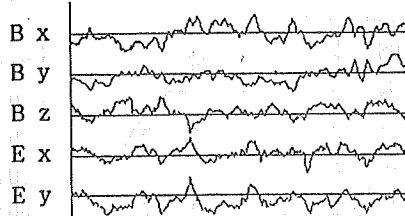
BIW001.058 91/11/08 08:19:40



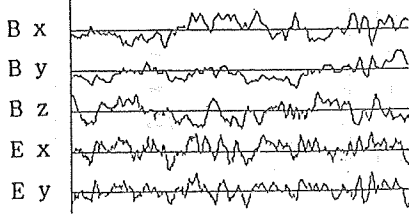
BIW002.054 91/11/08 08:19:40



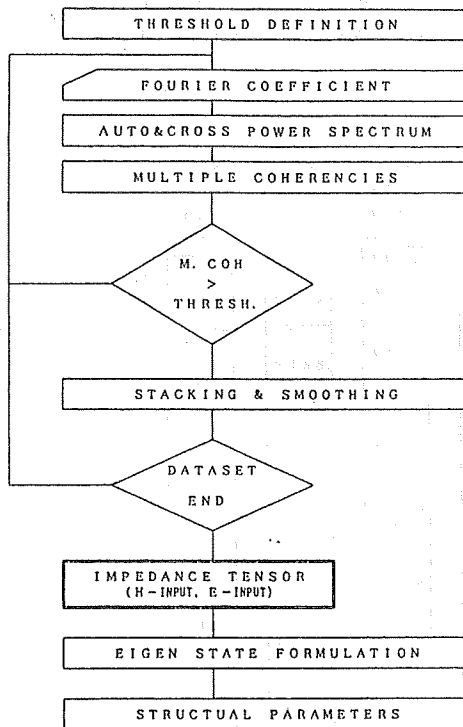
BIW003.050 91/11/08 08:19:40



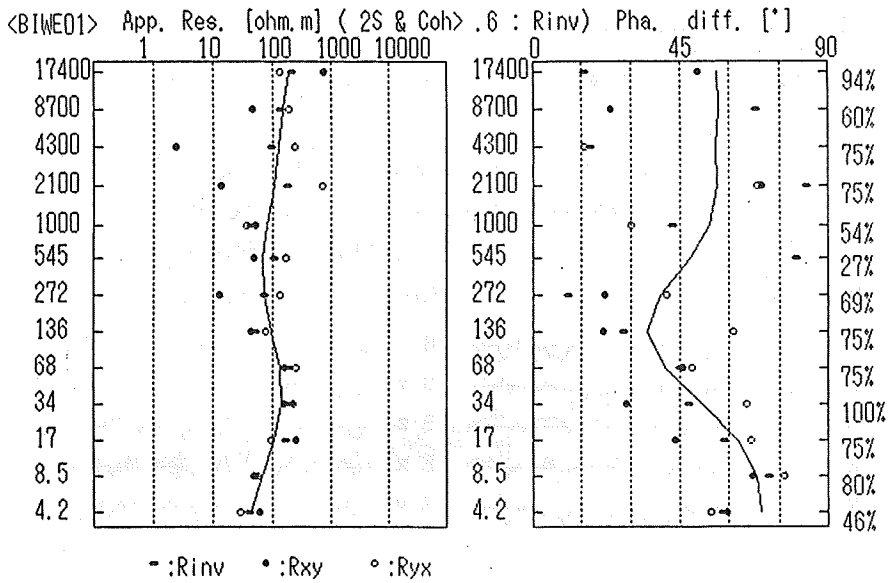
BIW004.046 91/11/08 08:19:40



第3図 U L F - R M T 生データ例 (1991年11月 8日 08:20-08:35)
 X : 南北, Y : 東西, Z : 鉛直方向成分



第4図 MT解析 流れ図

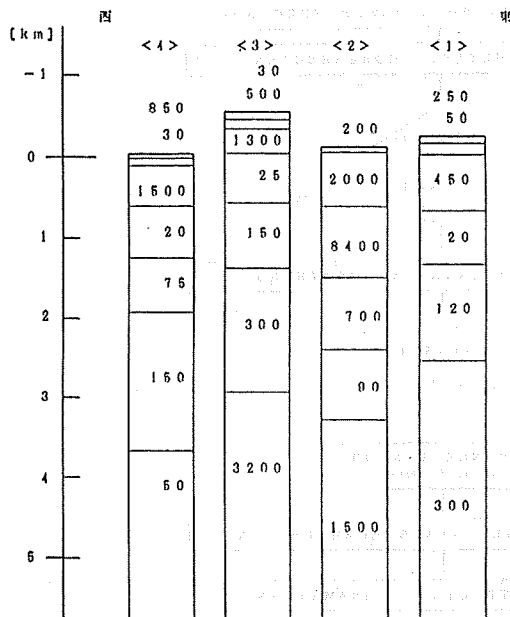


第5図 AM T解析結果例 (BIW001)

$R_{inv} = |Z_{inv}| / \omega \mu_0$: invariant resistivity

$Z_{inv} = Z^+ \times Z^- = Z_{xx} \cdot Z_{yy} - Z_{xy} \cdot Z_{yx}$

$R_{xy} = |Z_{xy}|^2 / \omega \mu_0$, $R_{yx} = |Z_{yx}|^2 / \omega \mu_0$



第6図 1次元解析結果

縦軸は深度 [km] . 柱上図内の数字は比抵抗 [Ω m]