

東日本におけるネットワークMT観測について (1994年度)

上嶋 誠・歌田久司(東大地震研)、三品正明(東北大理)
西谷忠師(秋田大鉦山)、ネットワークMT東日本グループ

Network-MT Observation in Eastern Japan (1994)

M. Uyeshima, H. Utada (ERI, Univ. Tokyo), M. Mishina (Tohoku Univ.),
T. Nishitani (Akita Univ.) and Network-MT group in Eastern Japan

1. はじめに

第7次地震予知計画の一環として、日本全域にわたる大局的な地下電気伝導度分布を明らかにする目的で、全国的規模でのネットワークMT法観測がスタートした。1994年度、東日本においては、宮城県北部から山形県北部に至る帯状地域で観測を行った。ここでは、その観測の概要と、ごく preliminary な解析結果を報告する。

石巻-気仙沼から酒田-鶴岡に至る本年度の観測域は、1981年に行われたCA共同観測における南側の測線にあたり、ULF帯からELF,VLF帯に至る従来のMTデータが蓄積されている¹⁾²⁾。また最近では、科学技術庁による「深部地殻に関する研究」の一環として、従来のMT観測手法を用いた広帯域MT観測が継続している³⁾。さらに、宮城県北部地域においては、東北工大や東北大のグループによって精力的にCA変換関数分布やWenner法による地下比抵抗分布が求められており⁴⁾、1993年には特に宮城県北部地震震源域を中心としてCA共同観測が行われ、従来のULF,ELF,VLF-MT観測から広帯域MT観測、TDEMを含めた詳細な多項目観測が行われた⁵⁾。また、栗駒地域から鬼首カルデラに至る本観測域の中軸部では、地熱開発を目的とした電気探査が多数行われてきた⁶⁾。これらの様々なデータと今回のネットワークMT観測データとの比較、総合を行うことにより、地下浅部から上部マントルに至るまでの島弧横断面モデルが構築出来るものと期待される。

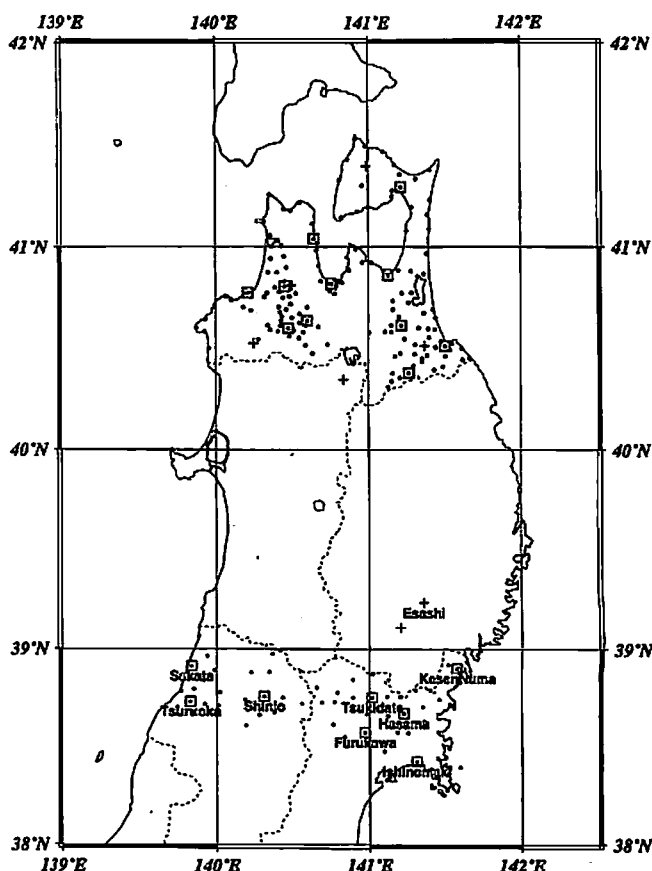
2. 観測の概要

(1) 地電位差測定システムについて

まず、今回の観測計画のために開発を行った、地電位差データロガー転送装置「SES93」の仕様のうち、観測を行う際に重要であると思われる事柄を記しておく。まず、入力チャンネル数は8であり、20bitのシグマデルタ方式によるAD変換の後、毎10秒、あるいは、毎秒サンプリングでメモリに格納する。ここで、AD変換の1LSBは $20\mu\text{V}$ となっているが、入力をショートさせたゼロ検定の結果では実効的なLSBは1-2bit、即ちこの2~4倍程度であった。また、メモリ容量は2Mbyteであり、10秒サンプリング時で約12日12時間、毎秒サンプリング時で約30時間のデータが保持される。メモリが一杯になったときは、古いデータからサイクリックに上書きされていく。次に、サンプリング時計には、 5×10^{-8} の高精度のものが用いられている。時計、及び、メモリ上のデータは、電源が切られるとリセットがかかって情報が失われてしまうが、我々が併用している100VAC無停電電源の「TUPS600J」を用いることによって5時間以上はバックアップされ

ていた。通常、機械が置かれるNTT電話交換室の電源事情を考慮して、十分なバックアップ時間である。

データは、公衆回線を通じてPCを用いた通信によって集められる。最高38.4kbps迄の高速通信が可能であるが、回線の状況やPC側の事情により、通常9600bpsで転送を行っている。この場合、1日毎10秒8チャンネルのデータを取得するのに約5分の時間を要する。最初のうちは、データ集信プログラムにいくつかのバグがあったが、現在ではほぼすべてのバグがフィックスされ、毎日1回自動的にPCから前日の丸1日分のデータを取得するようになっている。また、通信によって遠隔操作で、時計の設定やタイマーのずれの取得、サンプリング間隔の設定等が行える。「SES93」には、このデータ転送のためのRS232Cポートの他に、現場での取得データモニター用のRS232Cポートがついていて、PCを接続することにより、時々刻々の毎秒データがその場で見られるようになっている。



第1図 東北において実施されたネットワークMT法観測点の分布. 今年度観測が行われた地域には、エリア名が記されている。

(2) 1994年度、東日本において実施された観測について

次に、今年度観測を行ったすべての電極点の分布を第1図に示す。第1図には、1990年1-3月にかけて青森県において行われたネットワークMT観測点もあわせて示してある。四角で囲まれた点が、上記の転送装置を設置した各地域の中心電話局であり、磁場観測点を+マークで示している。今回の観測では、国土地理院江刺観測所のフラックスゲート磁力計によって得られた磁場3成分毎秒値を参照データとして用いている。1993年CA共同観測が行われた迫(7電極点)、築館(9点)地域での観測を1994年1-8月にかけて行い、以後、1994年10月-1995年1月に気仙沼(6点)、石巻(8点)、古川(9点)地域、1995年1月から現在(3月)まで新庄(9点)、酒田(8点)、鶴岡(6点)の各地域で観測を行って来た。最初の迫、築館地域では、すべての地点で鉛-塩化鉛自作電極を用いた観測を行ったが、その後の観測では、すべての地点でNTT交換局に敷設された通信用アースを用いている。また、迫-築館、気仙沼-石巻の両中心局間は、前者は市内線を延長することにより、後者はネットワーク回線を利用することにより、結ぶことが可能であった。しかし、それ以外の中心点間は、光ファイバーや無線伝送路しかないことから、測定を行うことが出来なかった。

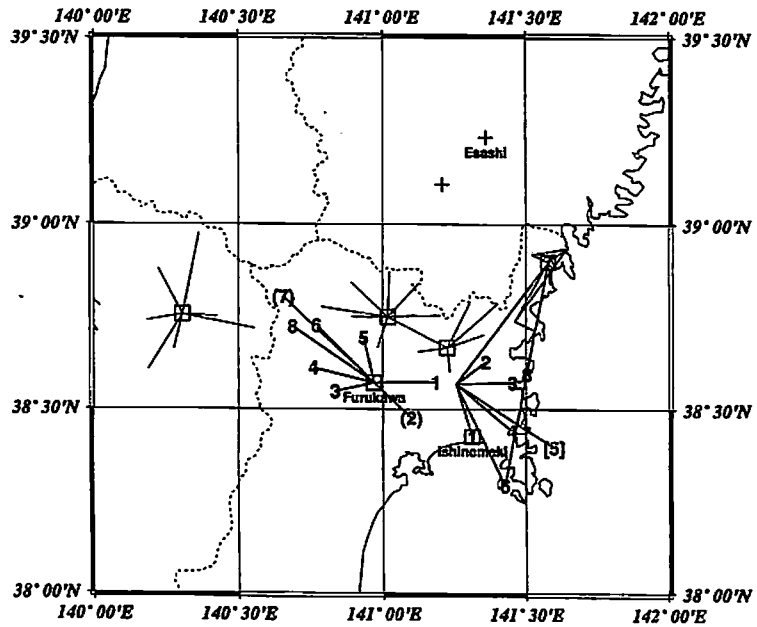
3. preliminaryな解析結果

得られたデータの基本的な性質を示すため、第2図において拡大して示された宮城県北部の古川、石巻両エリアについてデータ解析を行った結果を紹介する。解析は、基本的には上嶋他⁷⁾に従い、江刺の磁場データを参照データとして用い、まず各測線の地電位-磁

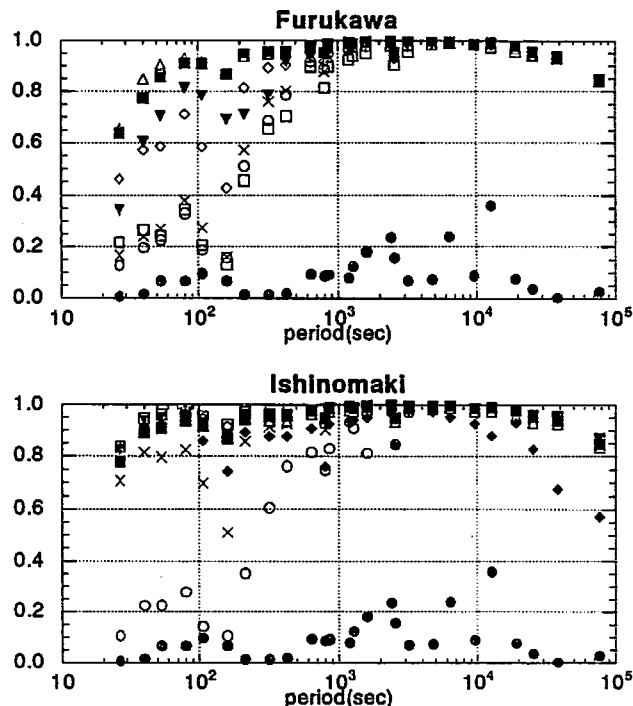
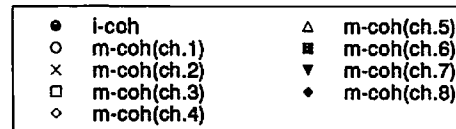
場間の応答関数を求めた。解析には、1994年11月の1ヵ月間のデータを用い、適当な平均操作を行うことによって基本サンプリング間隔、10秒、5分のデータを作成し、2バンドにわけた解析を行った。それぞれのバンドにおいて256データのFFTを行い、スタッキングと周波数方向の平均をとることにより、各バンドにつき13周波数での応答関数を得た。この解析において短、長周期側各バンドのスタック数は、それぞれ、1,011、32となり、27秒から76,800秒に至るかなり広帯域の応答関数が求められた。なお、ここで紹介する解析ではロバスト処理は行われていない。

まず、磁場水平成分同志の入力コヒーレンシー (i-coh) と電位差磁場間のマルチプルコヒーレンシー (m-coh) を、古川、石巻各エリアについて各チャンネル毎に第3図に示す。解析された全チャンネルの全周期にわたってかなり高い入出力相関が認められ、良好なデータを取得できていることがわかる。しかし、古川のチャンネル1、2、3や石巻のチャンネル1については、1,000秒以下の短周期側で相関が急激に悪くなる。これは、仙台と石巻を結ぶ直流電化路線であるJR仙石線の影響によるものと思われる。また、やはり短周期側で、石巻より古川エリアの相関が全体として悪くなっているが、これは、古川エリアが南(仙石線)と北(栗原電鉄)の直流電車の影響を受けているためであろう。また、全体として20,000秒以上の周期で相関が

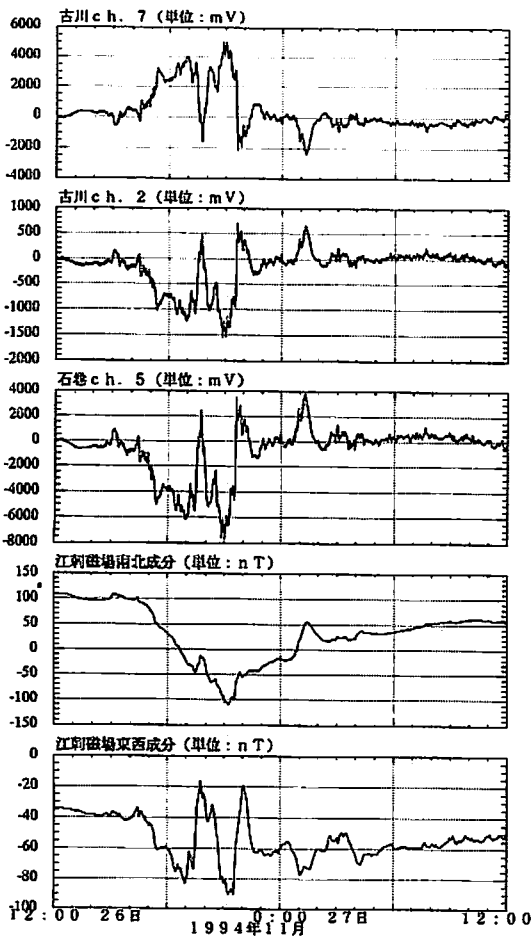
落ちているが、これは、このあたりの周期から潮汐成分が混入してくるためと思われる。そういう目を見たときに、この周期帯の石巻のチャンネル8(大きく海岸線に沿う測線)の相関が唯一大きく落ち込んでいることが注目される。



第2図 宮城県北部における観測ネットワーク分布



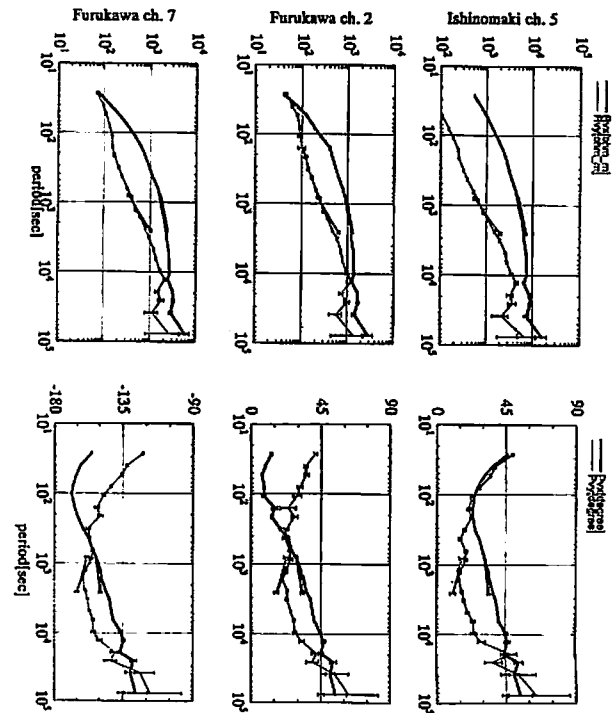
第3図 古川、石巻各エリア各測線についてのコヒーレンシー



第4図 古川チャンネル7, 2、石巻チャンネル5の電位差と江刺観測点における磁場時系列例

について示してあり、ほぼ同じ走向をもち（北西-南東）、古川チャンネル7, 2、石巻チャンネル5の順に内陸部から海岸部へと並べてある。振幅に違いがあるものの、電位差変動の形はここに示した3測線で殆ど差がないように見える。

しかし、電磁場間の応答関数を求めて見ると、その周波数依存性に若干の違いが認められる。第4図で示した各測線の電位差変動について、上で述べた解析法で江刺の磁場変動に対する応答関数を求めた結果を図5に示す。 v_x , v_y はそれぞれ、磁場の南北、東西変動に対する応答であり、振幅比を見かけ比抵抗に換算して上段に示し、位相差を下段に示してある。解析した全周期にわたって比較的滑らかな応答曲線が得られ、よく決定されていることを示唆する。ただ、コヒーレンシーのところでも述べたように、特に古川チャンネル2の短周期側や、全測線の20,000秒より長周期側で応答曲線ががたつきエラーバーが大きくなるのは、前者が直流電車、後者が潮汐成分の影響を受けているためであろう。ここで示した測線は、北西-南東の走向を持つので、非常に荒い近似（この地域の構造が2次元であり、その走向が南北であるという近似）では、 v_x はTMモードインピーダンスの Z_{yx} 、 v_y はTEの Z_{xy} を表わしているものと考えられる。従って、まず振幅を見て、全体として v_x が v_y より大きいのは海岸線効果を見ていることになる。また、 v_x の値の範囲が西から東へ100-3,000、30-1,000、500-10,000 Ωm と変化しているのは、スタティックシフトであろう。これは、VKF,ELF-MT法²⁾やWenner法⁴⁾の結果に調和的であ



第5図 第4図で示された各測線についての応答関数
上段：見かけ比抵抗
下段：位相差

次に、多少逆戻りするようであるが、得られた電位差データの時系列プロットの例を江刺観測点における磁場記録と共に第4図に示す。ここで示しているのは、1994年11月26日12:00から27日12:00迄の1日分のデータであり、顕著な電磁場変動が認められる。電位差記録は第2図において括弧つきの番号で示されたチャンネル

る。次に位相に注目すると、 v_x , v_y 共短周期から長周期にかけて一旦小さくなってまた45度あるいはそれ以上に大きくなるという傾向が見られるが、この位相の低下は沈み込むスラブの高比抵抗、上昇はさらにその下に低比抵抗部分が存在することを示唆する。ここで示した3測線にたいして同様の傾向が見られるが、その極小値や位相が極小値をとる周期は各測線で微妙に異なっていて、その違いが高比抵抗の強度や深さを反映しているものと思われる。

4. おわりに

大局的な3次元地下電気伝導度構造を推定するため、今年度より日本全国的規模でのネットワークMT法観測がスタートした。ここでは、この観測のために開発された電位差測定・転送装置の概要を述べ、今年度、東日本において実施された観測及びそのごく preliminaryな解析結果を報告した。良好なデータが得られており、深部地下構造を反映しているものと思われるインピーダンスが数10秒から20,000秒程度の周波数帯域で求められた。東日本の中での今回解析された太平洋側のデータと日本海側でのデータの比較、あるいは、西日本のデータ⁸⁾との比較を行っていくことに非常に興味をもたれる。

直流電化路線の影響をうけたいくつかの測線では、特に短周期において入出力相関の低下が認められたが、ロバスト解析法を導入することにより、質の向上が見込まれる。こうして短周期のインピーダンスも求められるようになってくると、数10秒から数100秒までの短周期のデータを扱う際や、特に測線が大きなループを作る際に、磁場鉛直成分Hzの変動による誘導効果が無視できなくなるが、国土地理院が一等磁気点において決定した日本全国的規模の磁場変換関数⁹⁾はその誘導効果を見積もる際に有用である。より長周期の結果を得るためには、潮汐成分を考慮しなければならなくなるが、例えばBAYTAP-Gを用いて潮汐成分を分離しつつ解析を行う方法が考えられる。また一方で、電場の潮汐成分自身が内陸部でどういう分布を持ちそれが何を表わしているかを明らかにする事にも興味をもたれる。

謝辞

本観測において多大なご援助を頂いていますN T T関係各位の方々に、この場を借りましてあつく感謝の意を表させていただきます。

参 考 文 献

- 1) Research Group for Crustal Resistivity Structure Japan, Preliminary report on a study of resistivity structure beneath the Northern Honshu of Japan, J. Geomag. Geoelectr., 35, 589-608, 1983.
- 2) 歌田久司他, ELF・VLF - Magnetotelluric法による東北地方の地殻比抵抗構造, 地殻の電気抵抗構造, 21-27, 1982.
- 3) 藤縄幸雄, 地磁気地電流法(MT法)探査による深部地殻に関する研究. 科学技術庁研究開発局, 「深部地殻に関する研究, 平成4年度研究成果報告書」, 23-36, 1994.
- 4) 瀬戸正弘他, 宮城県におけるCA観測, CA研究会1984年論文集, 69-77, 1984.
- 5) 地殻比抵抗研究グループ[三品正明], 宮城県北部地震震源域における地球電磁気共同観測, CA研究会1994年論文集, 1-8, 1994.
- 6) 小川康雄他, MT法による鬼首カルデラの比抵抗構造, CA研究会1984年論文集, 203-212, 1984.
- 7) 上嶋 誠他, ネットワークMT法による地下電気伝導度探査, 月刊地球, 14, 551-558, 1992.

- 8) 山口 覚他, 西日本におけるネットワークMTについて(1994年度), CA研究会
1995年論文集(本号), 1995.
- 9) 藤原 智, 藤 浩明, 一等磁気測量より得られた日本の地磁気変換関数, 論文準備
中.