

## AMT観測の安定性 後藤忠徳 (京大防災研)

### 1、序章

AMT法(Audio-frequency Magneto-Telluric method)とは、可聴周波数帯(数kHz~数10Hz)の自然の電磁場変動を用いたMT法である。これは地下数kmよりも浅部の電気伝導度構造を探查する為の物理探査法の一つである。

MT法を用いて地下深部の電気伝導度構造を知る際には、浅部の電気構造の複雑さが深部の情報をゆがめる、いわゆるスタティックシフトが問題である。この問題点を補うためにも、AMT法などを用いて浅部の電気伝導度構造を知ることは重要である。

AMT法は、従来より用いられているCSAMT法に比べて、いくつかの利点がある。CSAMT法とは、人工信号源が作る電磁場変動(可聴周波数帯)を用いたMT法である。AMT法は、CSAMT法に比べ安価に、少人数で行える利点がある。また同時に、直行2成分の電磁場を観測できる事も利点である。さらにCSAMT法では低周波の測定においては、磁場変動の平面波近似が成り立たない為に生ずるニアフィールド効果が問題となることがある。AMT法を用いると、この問題を克服できる可能性がある。以上のようにAMT法にはCSAMT法には無い利点があるのだが、欠点は、その信号源が人工信号源に比べて安定していないことである。可聴周波数帯では、主な信号源は一般に赤道域の雷雲であるというが、しかし日本のような都市雑音の大きい地域では、本当は何が信号源であるか分からない。信号源の変動に対して、AMT法で算出される見かけ比抵抗値が安定しなければ非常に問題である。

本研究では信号強度の変化に対する見かけ比抵抗値の安定性をまず報告する。続いて宮城県北部での地球電磁気合同観測の際に行った、AMT観測とCSAMT観測の結果を比較する。

### 2、AMTシステムについて

本測定装置は千葉電子研究所及び(株)日本地殻調査によって開発された。本測定装置は

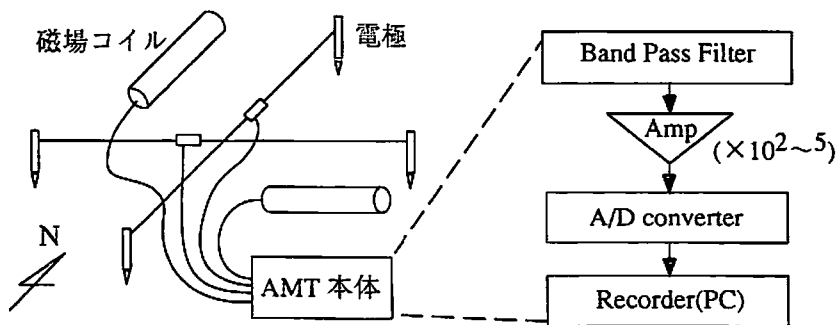


図1. AMT計の構成図

図1の様に、4つの電極、3つの磁場検出コイル、本体及びケーブル類から構成されている。電極は炭素棒、電極間隔は約30mである。本体はアンプ部と記録用パソコン部に分かれる。アンプ部は全11周波数(1280~1.25Hz)バンドパスフィルター、高倍率のアンプ、A/D変換器から成る。

実際の観測では、測定したい周波数に応じてバンドパスフィルターを切り替え、アンプの増幅率を調整し、パソコンを用いて電磁場の時系列データを記録する。同時に、パソコン上で磁場電場4成分について時系列データ512個毎にフーリエ変換を行い、フーリエ級数を記録する。これらのフーリエ級数をすべて積算して、野外で即座に見かけ比抵抗値を算出する事ができる。1つの周波数を観測するのに、4~15分間を要する。全11周波数の測定には、1~2時間を要する。

上記のように、即座に見かけ比抵抗値を算出できるのだが、観測の際には、ノイズが入ることがあり、野外で算出した見かけ比抵抗値は精度良いとは言い難い。そこでS/N比の悪いデータの組のフーリエ級数を除去するため、磁場磁場間及び電場磁場間の相関度をその判断基準とした。本研究では磁場磁場間の相関度が0.5以上または電場磁場間の相関度が0.5以下のフーリエ級数は除外し、それ以外のものを積算し改めてより精度の良い見かけ比抵抗値を算出した。

### 3、AMT観測の安定性について

AMT観測の際の信号強度の変化に対する、見かけ比抵抗値の安定性を調べるため、一カ所で24時間の連続観測を行った。1994年1月16、17日に京大防災研究所峰山観測所(京都府峰山町)にて、AMT観測を3時間おきに計8回行った。1回のAMT観測には約1.5時間を要した。観測時間は合計約12時間である。

まず約12時間のAMT観測で得たフーリエ級数すべてを基に算出した、見かけ比抵抗値を図2に示した。このように長時間観測することで、周波数に対して比較的なめらかに変化する見かけ比抵抗値を得ることができた。東西電場、南北電場それぞれを用いて算出した見かけ比抵抗値に大きな違いがないので、本章では以後、effective value (東西電場、南北電場それぞれから算出した2つの見かけ比抵抗値の相乗平均)を用いて議論を進める。

次に1月16~17日の間の4つの時間帯毎(各約1.5時間)の

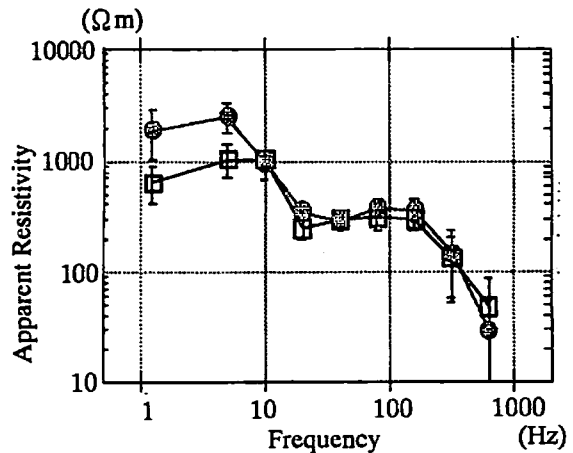


図2. 約12時間のAMT観測から得た見かけ比抵抗値。丸は南北電場と東西磁場から求めた値。四角は東西電場と南北磁場から求めた値。エラーバーは95%の信頼限界を示す。

磁場の平均信号強度を図3に示した。ここでいう磁場の平均信号強度とは、南北磁場と東西磁場のパワースペクトルの和の平方である。図3を見ると、時間帯によって磁場変動の強度は最大で約2.9倍変化している事が分かる。また磁場の比較的卓越している方向も時間により様々に変化した。

最後に各時間帯毎のAMT観測によって得た見かけ比抵抗値を図4に示した。これを見ると、約1.5時間の観測から得られる見かけ比抵抗値と、約12時間のAMT観測から得られる見かけ比抵抗値はエラーの範囲内ではほぼ一致している事が分かる。

以上の図3及び図4から、「時間帯によって磁場の信号強度は変化するが、それにも関わらず見かけ比抵抗値を安定して求めることができる」といえる。

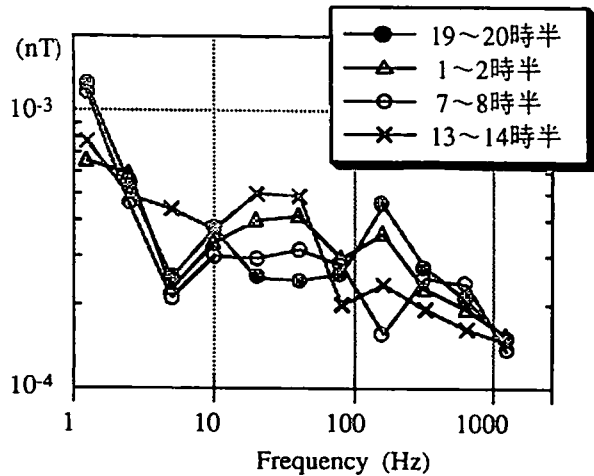


図3. 1月16日19~20時半、17日1~2時半、7~8時半、13~14時半の磁場の平均信号強度。

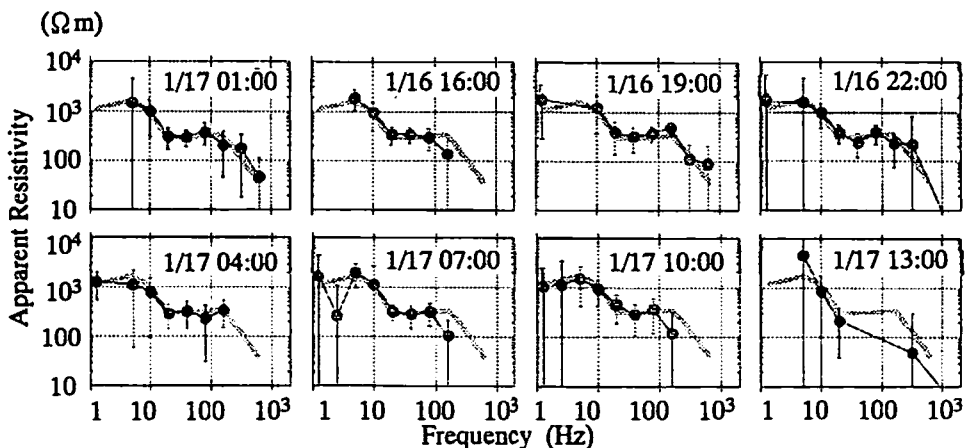


図4. 1月16日~17日の各時間帯毎のAMT観測によって得た見かけ比抵抗値のeffective value (黒丸)。エラーバーは95%の信頼限界を示す。陰線は12時間のAMT観測によって得た見かけ比抵抗値のeffective value。

#### 4、宮城県北部でのAMT観測の結果

1993年11月に電磁気集中観測が宮城県北部地域で行われたが、その際にAMT観測を4カ所で行った。観測地点を図5に示す。目的は、集中観測期間中に同地点で行われるCSAMT観測とAMT観測の結果の比較、及びCSAMT観測ではニアフィールド効果のため観測できない低周波（数十～数Hz）の見かけ比抵抗値の算出である。

観測結果を図6に示す。siteOGTを除く3つの観測点では、CSAMT観測によって得られた見かけ比抵抗値は、16Hz以下では周波数が低くなるにつれ増加している。これはおそらくニアフィールド効果のためと考えられる。

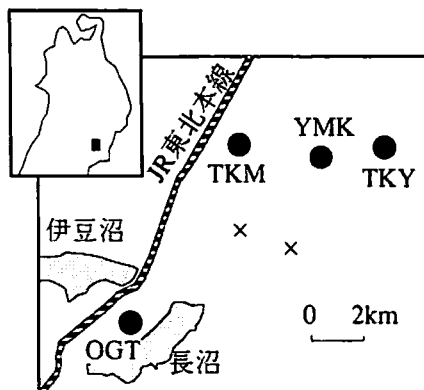


図5. 宮城県北部域でのAMT観測点（黒丸）。×は人工電流源の位置。

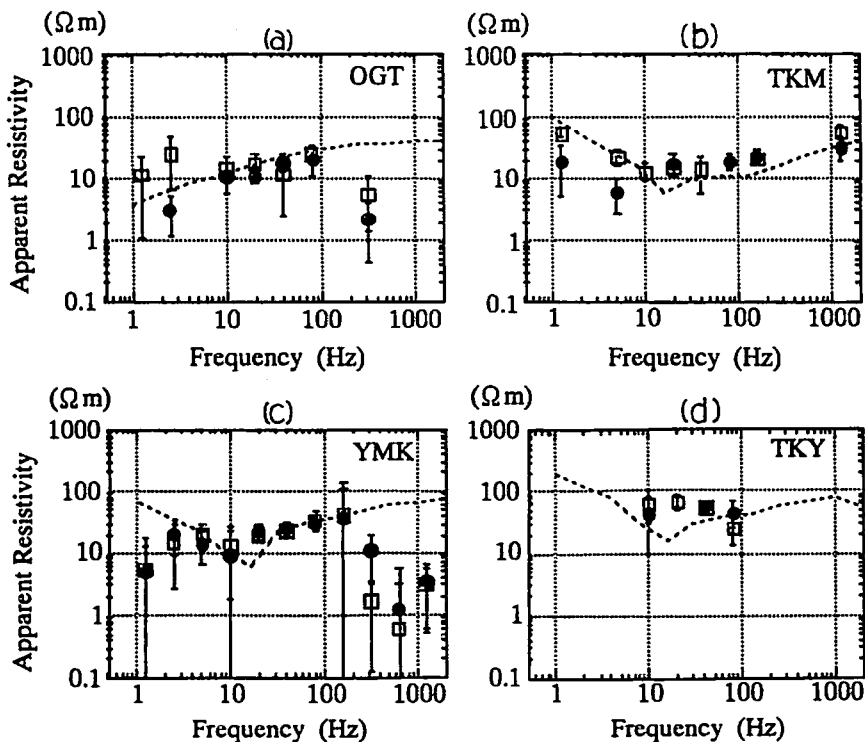


図6. siteOGT、TKM、YMK及びTKYでAMT観測によって得た見かけ比抵抗値。丸と四角の違いは図2を参照。波線はCSAMTによる見かけ比抵抗曲線値。

図6を見ると、数十Hz以上の高周波数では、CSAMT観測とAMT観測による見かけ比抵抗値は、非常に似た傾向を示している事が分かる。

CSAMT観測とAMT観測による結果では、数十Hz以上の高周波数でも若干の違いが生じている（例えばsiteYMK）。その原因は分からないが、2つの観測では測定した電場の方向が違うこと（AMTでは南北及び東西、CSAMTではN60W）、AMT観測の時間が短いため十分S/N比の高い見かけ比抵抗値を得ていないこと等が挙げられる。

このAMT観測中にTDEM用に大きな人工矩形波電流（20A）が流れていた（図5）。AMT観測から得た見かけ比抵抗値は、この人工電流によるニアフィールド効果を受けている可能性がある。図6(c)ではCSAMT観測によって得られた見かけ比抵抗値は（ニアフィールド効果のためと考えられるが）16Hz以下では周波数が低くなるにつれ増加する傾向がある。同観測点（YMK）においてAMT観測によって得た見かけ比抵抗値は、CSAMTとは違い、16Hz以下では周波数が低くなるにつれ減少する傾向を示している。また図6(b)ではCSAMT観測によって得られた見かけ比抵抗値は図6(c)と同様な増加する傾向がある。同じ観測点（TKM）においてAMT観測によって得た見かけ比抵抗値は、10Hz以上でCSAMTと同様な増加傾向を示している。しかしAMT観測によって得た見かけ比抵抗値の増加傾向は、CSAMTによって得られた見かけ比抵抗値の増加傾向よりも、小さいように見える。以上から、宮城県北部域でのAMT観測では、ニアフィールド効果をあまり受けていないか、受けていても小さいようである。この理由は、2章で述べた判断基準を用いたことで、観測地点で磁場磁場間の相関の高い信号を作り出すと思われる人工電流の影響をある程度小さくすることができた為かもしれない。

## 5、まとめ

本研究では、AMT法による見かけ比抵抗値の安定性について論じた。第1に、一カ所で24時間の連続観測を行なった。その結果、磁場の強度は変化しても、見かけ比抵抗値を安定して求める事ができた。第2にCSAMT観測とAMT観測の比較を行った。その結果、算出された見かけ比抵抗値は、従来より用いられて信頼性の高いCSAMT観測から求められた見かけ比抵抗値と概ね相違わなかった。

ただし、AMT法はまだ課題を残している。今回の観測点はいずれも人家から離れた「めぐまれた」地域にあった。同じように時間的あるいは空間的に安定したAMT観測が高圧電線近傍や、より人家の密集した地域でも可能かどうかは不明であり、今後の課題である。また信号源は依然として不明である。複数のAMT計を用いて、離れた2点間の磁場がどの程度一致しているかを確認したり、リモートリファレンスを行うなどでより安定したAMT観測を行えるかもしれない。

## 6、謝辞

京都大学防災研究所住友則彦教授には、色々ご指導いただいた。神戸大学理学部山口覚講師、河合氏、正木氏には峰山町での観測にご協力いただいた。秋田大学鉱山学部からは集中観測の際にレコーダーをお借りした。地磁気観測所山本哲也氏にはCSAMT観測の結果を参照させていただいた。また集中観測の際には多くの方々にご協力をいただいた。