

地球統計学に基づく MT 応答関数の空間分布の把握とその活用

山下風*, 後藤忠徳*(兵庫県立大), 山口覚**(大阪市立大)

Understanding and utilizing the spatial distribution of MT response functions based on geostatistics

Nagi Yamashita*, Tadanori Goto(Univ of Hyogo), Satoru Yamaguchi (OCU)

Abstract: In the MT method, the underground resistivity structure has been estimated from the characteristics of the MT response function that changes with frequency. Furthermore, in order to reduce the influence of resistivity anomalies near the surface of the earth, analysis using the rotational invariant (Zssq) of impedance is progressing. However, the spatial distribution characteristics of Zssq have not been discussed. In this study, the spatial resistivity and phase spatial distribution of Zssq obtained by numerical calculation using a two-dimensional resistivity model were obtained and the characteristics were quantified. Here, we investigated the spatial correlation of MT response functions using a geostatistic variant. Comparing the range of the variogram and the spatial wavelength in advance, there is a tendency that the range is about 1.5 to 4.5 times the spatial wavelength, and the spatial wavelength can be calculated from the variogram of the MT response function. As a result, a gentle positive correlation was found between the apparent resistivity and the spatial wavelength of the phase. Focusing on the similarity of the spatial distributions of both, we verified whether static shift can be discussed.

*兵庫県立大学生命理学研究科地球科学講座 Earth Science Laboratory, Graduate School of life Science, University of Hyogo 2167 Syosya, Himeji, Hyogo 671-2280, Japan.

**大阪市立大学理学研究科都市地盤構造学研究室 Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi, Osaka 558-5858, Japan.

キーワード: MT 法, 比抵抗, 回転不変量, ヴァリオグラム

Key words : MT method, Resistivity, Rotation invariant, Variogram

1. はじめに

MT 法では、周波数に伴って変化する見掛け比抵抗や位相 (MT 応答関数、MT レスポンス) の特徴に基づいて、地下の比抵抗構造の推定を行ってきた。特に近年では、地表付近の小スケール不均質による影響 (スタティック・ディストーション) を低減するために、インピーダンスの回転不変量 (Zssq) に基づいた地下比抵抗構造の解析が進められつつある。

しかしながら、Zssq の空間分布の特性、特に水平方向の分布特性については、議論されていない。

そこで本研究では、2 次元的な比抵抗構造を仮定して、数値計算によって得られた MT レスポンス (Zssq) の空間的な分布を求め、これらの分布の特徴の定量化を行った。ここでは地球統計学的手法のうちのヴァリオグラムを用いて、MT レスポンスの空間相関性を調査した。またヴァリオグラムモデルから得られる「レンジ」と空間分布の波長を予め比較し、双方の関係を調べた。本研究では合計 4 種類の地下構造モデルを想定し、3 種類の異なる周波

数に対して、それぞれの Zssq の見掛け比抵抗分布や位相分布について空間波長を算出し、比較を試みた。

2. 回転不変量 Zssq

MT 法探査でのデータを解析して得たインピーダンステンソルから、その座標の取り方や、比抵抗構造の異方性を考慮しないインピーダンスの回転不変量、Zssq (Rung-Arunwan et al., 2016, 2017) が存在する。地表付近浅部の不均質構造の影響を軽減するため、Zssq を用いた比抵抗構造の解析行われている。本研究では、MT 応答関数の水平方向の空間分布に注目すべく、座標系などの考慮を省くため、Zssq の MT 応答関数を検証に利用した。

3. MT 応答関数の空間分布特性検証

回転不変量 Zssq の水平方向の空間分布特性を、以下の 4 つの二次元地下比抵抗モデルを用いて調べた。モデルから MT 応答関数を求める Forward 計算には、ABIC 最小化による平滑化拘束付き二次元 MT インバージョンコード

(Uchida, 1993) のを使用した。比抵抗モデルの計算範囲は、水平距離 71.200km、鉛直距離 55.465km である。

ABIC 最小化による平滑化拘束付き二次元 MT インバージョンコード (Uchida, 1993) の Forward 計算で、4 種類の比抵抗モデルの MT 応答関数を求めた。そのうちの 2050Hz、128Hz、8Hz の見掛け比抵抗と位相の水平方向の空間分布を求めた。4 モデルでの 3 周波数の Z_{ssq} 見掛け比抵抗と位相の、全 24 の空間分布に関して地球統計学的手法であるヴァリオグラムを用いて空間相関性の範囲を調べ、MT 応答関数の空間分布特性の議論を試みた。

4. MT 応答関数のヴァリオグラム

地球統計学的手法のヴァリオグラムについて、端的に説明する。ヴァリオグラムはデータの空間的連続性の把握に用いられる。MT 応答関数のヴァリオグラムは、その形状からガウスモデルでの表現が最適であった。

5. 結果

4 モデルの MT 応答関数の空間分布の共通した特徴として、比抵抗異常体の影響は、その異常体の幅よりも広い範囲に影響が及んでいた。また、高周波数の MT 応答関数ほど水平方向の構造の変化がすぐに反映されていることがわかった。4 比抵抗モデルの MT 応答関数の空間分布のヴァリオグラムは、すべてガウスモデルでの表現が最適であった。ガウスモデルでの表現の際に、モデルのシルの値と、ヴァリオグラムのシルの値を一致させるという条件の下で行った。見掛け比抵抗は一般的に常用対数をとった値で議論に用いられる。また、見掛け比抵抗の空間分布のレンジは、真数と対数の場合でも、大きな差異はほとんどなかった。従って本研究では、見掛け比抵抗の対数の値と、位相のレンジの関係を図 5.1 に示した。見掛け比抵抗と位相の空間分布のレンジは、単純な相関性はないが、 $\pm 0.4\text{km}$ の範囲内で双方のレンジが収まることがわかった。

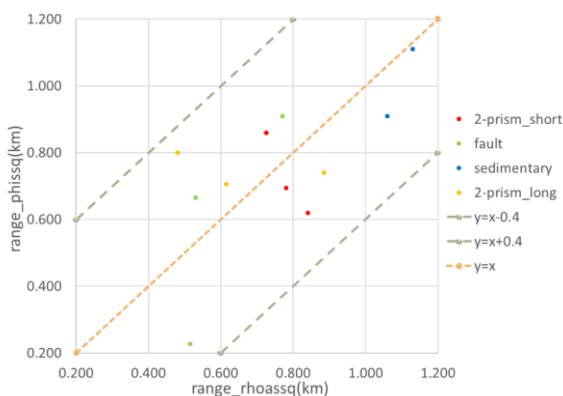


図 5.1 見掛け比抵抗と位相のレンジの関係

6. まとめ

本検証に用いた二次元比抵抗モデルから数値計算で Z_{ssq} の MT 応答関数を求め、その水平方向の空間分布を決定した。水平方向への比抵抗異常体の影響は、異常体の水平幅よりも広い範囲に及んでいた。また、高周波数の MT 応答関数ほど水平方向の構造の変化がすぐに反映されることがわかった。また、 Z_{ssq} の見掛け比抵抗と位相の空間分布のヴァリオグラムは、ともにガウスモデルで表現できることがわかった。図 6.1 の Z_{ssq} の見掛け比抵抗と位相のレンジの関係図から、それらは単純な相関性はないが、位相のレンジは $\pm 0.4\text{km}$ の範囲内で見掛け比抵抗のレンジと一致することがわかった。同じヴァリオグラムのガウスモデルで表現できることから、見掛け比抵抗と位相の空間分布の形は似ており、ある程度のズレはあるものの、空間分布の広がり大きさも相関性があると考えられる。

7. 参考文献

TawatRung-Arunwan, WeerachaiSiripunvaraporn, HisashiUtada, On the Berdichevsky average, 2016, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Volume 253, Pages 1-4

T. Rung - Arunwan, W. Siripunvaraporn and H. Utada ,2017, Use of ssq rotational invariant of magnetotelluric impedances for estimating informative properties for galvanic distortion , al. Earth, Planets and Space 69:80

上嶋誠, 2009, MT 法による電気伝導度構造研究の現状, 地震 第二輯, 61 225-238

Toshihiro Uchida and Yasuo Ogawa, 1993, Development of FORTRAN Code for Two-Dimensional Magnetotelluric Inversion with Smoothness Constraint, 地質調査研究資料集, 1993-205

正路徹也, 小池克明 2007, 「地球統計学」 ヴァリオグラム—データの空間的連続性の解析日本地熱学会誌, 第 29 卷, 第 3 号, 125-140 頁

物理探査学会, 2016, 物理探査ハンドブック 増強改訂版, 物理探査学会