

地磁気・地電流データに含まれる電磁場コヒーレントノイズの除去に関する数値実験

#小川 大輝 [1]; 浅森 浩一 [1]; 濱 友紀 [2]
[1] 原子力機構・東濃地科学センター; [2] 日鉄鉱業

Numerical experiment for reduction of coherent noise included in magnetotelluric data

Hiroki Ogawa[1]; Koichi Asamori[1]; Yuki Hama[2]
[1] Tono Geoscience Center, JAEA; [2] NMC

In magnetotelluric (MT) surveys, the remote reference method (Gamble et al., 1979) has been widely utilized to reduce noise included in observed data by calculating the cross-correlation between electromagnetic components at a local site and those at a reference site. However, it is difficult to remove coherent noise, which is correlated between the electromagnetic fields, besides it is hardly distinguishable from the natural MT signal.

This study presents an attempt to reduce the coherent noise from observed MT data. The time-series data were transformed into the time-frequency data by means of continuous wavelet analysis. Following this, frequency-domain independent component analysis (FDICA) was applied to those data. Since the observed data are assumed to be composed of the MT signal, the coherent noise, and the incoherent noise, the time-frequency data were classified into the XY mode and the YX mode so that both input and output of FDICA in each mode would have three components. The input data in each part of FDICA consist of electric and magnetic fields at the local site and magnetic field at the reference site. Of the three output components (the separated signals), the separated signal indicating the MT signal was assumed to show the maximum ratio of cross power spectrum between itself and the reference magnetic component to auto power spectrum, according to Negi et al. (2010). Regarding the remaining two separated signals, we identified the one correlating highly with the local magnetic component as the coherent noise. The median of the absolute values of the signal was calculated, and the value during the noise-generated period was eliminated if it exceeded the median. In the case where two separated signals other than the MT signal correlated highly with the local magnetic component, values of those two signals or the one which had higher correlation coefficient were eliminated so as not to change the ratio of reconstructed local electric to magnetic component drastically. After reconstructing the local electromagnetic components, they were divided into several fine sections along a time axis. The sections which had outliers of the off-diagonal components of the magnetotelluric impedance tensors were eliminated to remove the remaining coherent noise after conducting FDICA. Lastly, apparent resistivity and phase curves were derived from the final magnetotelluric impedance tensor calculated by above procedures and the remote reference method.

In this experiment, the observatory located in Kirishima City, Kagoshima Prefecture, and the Esashi Station of the Geographical Survey Institute of Japan were used as the two sorts of local sites, while that located in Nishiwaga town, Iwate Prefecture, as the reference site. We used 15-hour data sampled at a rate of 15 Hz and acquired at each site in January 2015. Coherent square wave noise was added to all of the horizontal electromagnetic components of the data at the local sites. Each amplitude of the square wave noise was set randomly ranging from 1 to 5 times as large as the median of the amplitude of the corresponding raw time-series component.

As a result of applying the proposed method to the observed data mentioned above, the quality of the magnetotelluric spectra in both two local sites improved so greatly that the trends of their apparent resistivity became clearer. In the frequency band above 0.01 Hz, especially, values of the reconstructed apparent resistivity were much closer to those before contamination. These results verify that the effect of the coherent noise on the observed data was reduced by the proposed method.

Acknowledgement: We thank the Nittetsu Mining Consultants Co. Ltd. for kindly letting us use their continuous MT records in Kagoshima Prefecture along with the reference geomagnetic records in Iwate Prefecture.

自然電磁場を信号源とする MT 法 (Magnetotelluric Method) では、探査領域の測点と遠方の参照点での電磁場成分の相互相関をとることで、測点で観測されたデータに対するノイズの寄与を小さくするリモートリファレンス法 (Gamble et al., 1979) が広く利用される。しかし、電磁場間で相関が高いコヒーレントノイズは自然電磁場による応答との区別がつきにくいだけでなく、リモートリファレンス法を用いても除去が困難であることがよく知られている。

本研究では、MT 法の観測データにおけるコヒーレントノイズを除去し高品質な電磁場スペクトルデータを取得する手法を考案した。本手法は、連続ウェーブレット解析によって時系列を時間・周波数信号に変換した後、それらに周波数領域独立成分分析 (Frequency-Domain Independent Component Analysis: FDICA) を適用するものである。FDICA の際、自然電磁場変動に関連する信号 (シグナル)、コヒーレントノイズ、非コヒーレントノイズの 3 種類の源信号から観測データが構成されると仮定した。そのため、時間・周波数信号を東西の磁場変動に関連する XY モードと南北の磁場変動に関連する YX モードに大別することで、各々のモードの FDICA において入出力信号成分が 3 成分ずつになるようにした。両モードとも入力信号成分は、測点の水平電磁場 2 成分と参照磁場 1 成分から構成される。また、信号におけるノイズの寄与が小さくなるに従い、信号と参照磁場との相互パワースペクトルと、信号の自己パワースペクトルの比が

大きくなる（根木ほか, 2010）. そのため, 3成分からなる出力値（分離信号）のうち, 参照磁場との相互パワースペクトルと自己パワースペクトルの比が最大となる分離信号成分が, シグナルを表しているとした. 残りの2成分については, コヒーレントノイズを受けた測点の水平磁場との相関係数が大きい分離信号成分が, コヒーレントノイズを表しているとした. その分離信号成分の絶対値の中央値を計算し, ノイズ加算時間帯において中央値を超える値を0に置換した. シグナル以外の2つの分離信号成分のいずれも測点の水平磁場と大きい相関係数を示す場合は, 復元させた測点の水平電場と水平磁場の比を急変させないように, 両方または相関係数がより大きい方の分離信号成分のノイズ加算時間帯の値を除去した. こうしてコヒーレントノイズと判断した分離信号成分を処理したデータから, 測点の水平電場と水平磁場を復元した. その後, それらを時間軸上で複数の微小区間に分け, 各々の区間で計算したインピーダンス非対角要素の外れ値をとる区間を判定し, これらを除去した. このようにして, FDICA で検出しきれなかったコヒーレントノイズを除去した上で, 各周波数における電磁場スペクトルデータを算出した. さらにリモートリファレンス法をこれらに適用することで, 最終的な見掛比抵抗・位相曲線を求めた.

本数値実験では, 鹿児島県霧島市及び国土地理院江刺観測場の2測点と, 岩手県西和賀町の参照点を用いた. いずれの時系列も2015年1月に, 15 Hz のサンプリング周波数により15時間分ずつ取得された. また, 2測点各々の時系列の水平電磁場4成分に対して, コヒーレントノイズを想定した矩形波ノイズを加算した. ここで加算した矩形波ノイズの振幅は, 時系列の各々の成分の振幅の中央値の1~5倍の範囲で, ランダムに変化させた.

以上の2測点の観測データに本手法を適用した結果, 電磁場スペクトルデータの品質が改善し, 見掛比抵抗の傾向が明瞭になった. 特に0.01 Hz 以上の周波数帯域では, 矩形波ノイズを加算する前の見掛比抵抗に非常に近い値が得られた. この結果は, 観測データに混入したコヒーレントノイズの影響が本手法の適用により低減されたことを示唆する.

謝辞: 日鉄鉱コンサルタント株式会社所有の鹿児島県・岩手県の常設MT測点のデータを, 測点及び参照点データとして使用させていただきました. 謝意を表します.