

拡散電磁場データにおける擬似インパルス応答分解による解析

中島 崇裕 [1]; 熊澤 峰夫 [2]; 羽佐田 葉子 [3]
[1] 静岡大・理・客; [2] 名大・環境; [3] 大和探査

Decomposition into pseudo-impulses response from diffusive electromagnetic data in frequency domain

Takahiro Nakajima[1]; Mineo Kumazawa[2]; Yoko Hasada[3]
[1] Shizuoka Univ.; [2] Earth and Environmental Sci., Nagoya Univ.; [3] Daiwa Exploration & Consulting

We report a new method of decomposing the diffusive electromagnetic data in frequency domain for geophysical exploration into pseudo-impulse responses. Each of the pseudo-impulses is related to complex delay corresponded to the particular ray path of EM signal propagation from the ground surface to the reflectors and back, and its amplitude carries the information on reflection coefficients at layer interfaces and also attenuation all along the path. Whereas such interpretation was proposed by Levy et al (1988), it has not been developed further to extract full information on each pseudo-impulse. Our approach is based mainly on the introduction of two factors; (1) time scale conversion of data to account for the dispersion of diffusive field (velocity is proportional to the square root of frequency) and thereby (2) autoregressive model can be used for pseudo-impulse (event) decomposition with high resolution. We have applied this new approach for synthetic and CSAMT data. The original apparent resistivity data is re-sampled with a uniform spacing in square root of frequency, the reflectivity on the surface are calculated, and the event analysis proposed by Hasada et al (2000) is employed. The decompositions into the pseudo-impulses are made successfully. In the case of CSAMT data acquired at Tono Geoscience Center and around (Ogata et al, 1998), the decomposition is made to (a) two reflected events from the reflectors in the earth, and (b) small amplitude events which are thought to be errors in the observation and the analysis. The pseudo-impulses from the subsurface reflectors can be decomposed, and the depth and the impedance change at each reflector can be evaluated. Higher resolution analysis in time domain is made by acquiring the observation data with higher S/N by EM-ACROSS (Nakajima et al, 2004) combined with the newly introduced method of data analysis in this work.

拡散場領域の電磁場探査の周波数領域データから、地下境界面での反射に対応するイベント系列に分離する方法について報告する。周波数領域の電磁場データは、地下構造によって決められる電磁場のモードとして解析するのが一般的である。しかし、Levy et al.(1988)で示されたように、時間領域の現象に変換する方法も少なからず報告されている。この方法の利点は、反射面を求めるために、弾性波の反射法で用いられているマイグレーションなどの手法を利用でき、反射面形状の詳しい地下構造推定が行える可能性があるという点である。本研究では、伝播遅延を求めるための新たな手法を開発し、その適用結果について説明する。

基礎方程式の上では、波動場と拡散場は、時間に関して2回微分を含む双曲形の微分方程式になるか、1回微分を含む放物形になるかの違いである。そのため、ある遅延をもつ波に対するスペクトル上での応答は、波動場では周波数軸で正弦波的に変化するのに対し、拡散場では周波数2乗の軸に対して減衰する正弦波のように変化する。その減衰率は伝播距離や反射/透過率に対応して決まる。拡散場のこの特徴のため、スペクトルとして得られたデータに対して、周波数2乗を新たな軸として導入し、その応答を解析することによって異なる遅延をもつ波に分離する。

単純な水平成層構造に平面電磁拡散波が入射した場合、地表で観測される電磁場は、入力波と地下境界面からの反射波の和で表される。この地下からの反射成分 (reflectivity) と、一般のMTで求める見かけ比抵抗との関係はLevy et al.(1988)が示している。このような観測電磁場に対して、周波数2乗に比例した点に観測データをリサンプリングして reflectivity を求め、存否イベント解析 (Hasada et al, 2000) を用いて異なる遅延の成分に分離する解析を行う。合成データに対してこの解析手法で、層内を多重反射する成分に分離が行えることを確認した。

実データへの適用として、日本原子力研究開発機構(旧核燃料サイクル開発機構)東濃地科学センターで行われた、花崗岩帯上でのCSAMT観測(周波数範囲: 10~100kHz)で得られたデータ(尾方他, 1998)に本解析方法を適用した。その結果、地下からの反射と思われる2つのイベント、およびノイズと解釈できる振幅の小さなイベントに分離ができた。この地下からの反射成分と推定された2つの波素から、地下の物性パラメータを推定した。結果は、CSAMTで得られた比抵抗構造に比べ、層の境界が深く求まる傾向があったものの、ほぼ矛盾のない比抵抗と層の厚さが求まった。

また、地下境界があまり明瞭でない地層のMTの結果に対しては、拡散場よりも減衰の大きな波として求まる傾向があった。これは地下の比抵抗が滑らかに変わる場合には、多数の反射面がある場合に相当し、そのひとつひとつの反射までは分離できなかったため、反射帯としてまとめたイベントが同定されるためと考えられる。

本報告のように、電磁探査において一般的なモード的な観測結果から、地下の層の間での電磁波の往復時間を求めることによって、地下物性パラメータを求められることを示した。この解析の際に問題となるのは、各周波数領域におけるSN比である。十分高いSN比のデータを得るのに、電磁アクロスのような、任意の周波数領域で必要なレベルをもつ信号を作ることのできる観測システムは有効である。今後の課題としては、平面波の場合だけでなく、ダイポールソースなど、人工ソースにも対応した解析を示すことである。