

多目的関数最適化アルゴリズムにもとづく MT 一次元異方性比抵抗構造インバージョン

松野 哲男 [1]; 馬場 聖至 [2]
[1] 神戸大・理; [2] 東大・地震研

A magnetotelluric 1D anisotropic inversion through a multi-objective optimization algorithm

Tetsuo Matsuno[1]; Kiyoshi Baba[2]
[1] Grad. Sch. Sci., Kobe Univ.; [2] ERI, Univ. of Tokyo

One-dimensional depth-profile of horizontal anisotropic electrical resistivity is investigated through a multi-objective optimization algorithm. Multi-objective optimization algorithms have been applied to a variety of problems to seek optimal solutions in which multiple objective functions are needed to be reduced, but cannot simultaneously (so-called Pareto efficiency). Optimal solutions are found out by the repeat of ranking stochastic solutions based on smallness of objective function values and diversity of solutions in the objective function space, and of producing new solutions from highly ranked ones by evolutionary operations. Regularized magnetotelluric (MT) 1D anisotropic inversion may be a problem which can be handled with multi-objective optimization algorithms. A steady-state multi-objective evolutionary algorithm of Deb et al. (2003) was adopted after modifications for the problem investigated. The MT forward modeling code for 1D anisotropic layered media of Pek and Santos (2002) was incorporated into the multi-objective evolutionary algorithm. One-dimensional electrical resistivity structure is supposed to have horizontal anisotropy with layers of fixed thickness in the present study. Parameters investigated in the inversion are two principal resistivities and one azimuth of resistivity in each layer. Vertical anisotropy is not considered because the EM field over the 1D structure is not influenced by resistivity in the vertical direction. Objective functions for the MT 1D anisotropic inversion considered are three (i.e. RMS misfit, smoothness constraint on model/closeness to a preferable isotropic model, and closeness in two principle resistivities) or two (i.e. RMS misfit, and closeness to a preferable isotropic model).

Synthetic tests were carried out using a few layers model resembling an oceanic crust and upper mantle (or lithosphere and asthenosphere). First, the test was performed for an isotropic model. An inversion with the same number and the same size of layers as the true model recovered precisely the synthetic model. Inversion with many layers and using the objective function of smoothness constraint on model gave consistent results with that through the Occam inversion (Constable et al., 1987). Next, the test was performed for an anisotropic model. Anisotropy was given with a conductor at depth of upper part of oceanic asthenosphere. An inversion with the same model setting as the true model recovered precisely the resistivity and azimuth given. Anisotropic inversion with many layers showed well the synthetic anisotropic feature as well as the synthetic isotropic structure. The anisotropic inversions were carried out using both three and two objective functions, and those with two objective functions could yield more stable results with less computation time than those with three objective functions.

The anisotropic inversion code was applied to MT data set at the West Philippine Basin (Baba, 2009), where seismic shear-wave anisotropy was observed to be associated with the past and present plate motion and mantle flow (Isse et al., 2010) and electrical anisotropy is expected as well (Baba, 2009). Detailed results of the application will be discussed in the presentation.

多目的関数最適化アルゴリズムにもとづいて、一次元の水平方向の異方性比抵抗構造を探索した。多目的関数最適化アルゴリズムは、複数の多目的関数の値を小さくしたいが同時には小さくできない(パレート効率性)問題の最適解を得るために広く用いられている。多目的関数最適化アルゴリズムでの最適解の探索は、ランダムに生成される多数の解を、多目的関数の値の小ささと多目的関数空間での解のばらつき具合にもとづいて選択し、選んだ解から進化的な操作によって、より最適な解を生成することを繰り返して行う。正規化したマグネトテルリック(MT)インバージョンは、多目的関数最適化で扱うことのできる問題だろう。本研究では、Deb et al. (2003)の多目的関数進化アルゴリズムを、取り扱う問題に合うように修正したものをを用いる。一次元異方性比抵抗構造のMTフォワード計算には、Pek and Santos (2002)のプログラムを用いる。一次元比抵抗構造の層の厚さは固定し、異方性は水平方向にのみあると想定する。そのため、インバージョンで探索するパラメータは、各層での、互いに直交する軸での二つの主比抵抗値と、その軸の方向である。鉛直方向の異方性は、一次元構造のときの観測電場・磁場データにはその信号が現れないため、扱わない。インバージョンで用いる最適化関数は、RMSミスフィット、モデルの平滑化(または、望ましい一次元等方性比抵抗構造との差)、各層での二つの主比抵抗値の差、の三つ、RMSミスフィットと望ましい一次元等方性比抵抗構造との差、の二つである。

海洋地殻・マントル(または、海洋リソスフェア・アセノスフェア)を再現する、少数の層からなる比抵抗構造をつくり、テストを行った。はじめに、等方的な比抵抗構造を真の構造とする場合でテストした。真の構造と同じ層を用いてインバージョンを行うと、得られた解のうち適切に選んだ解は真の構造と同じであった。より多くの層を用い、構造の平滑化を最適化関数としてインバージョンした場合、Occamインバージョン(Constable et al., 1987)と同じような比抵抗構造を得た。次に異方的な比抵抗構造を真の構造とする場合でテストした。比抵抗の異方性は、海洋アセノスフェアの上部での低比抵抗値として与えた。真の構造と同じ層を用いてインバージョンを行った場合、得られた解のうち適切に選んだ解は真の構造と同じであった。より多くの層を用いてインバージョンした場合、与えた異方性の特徴も含め、真の構造をよく再現した。最適化関数が二つの場合と三つの場合で異方性インバージョンを行ったが、二つの場合の方

がより短い計算時間でより安定した解を得ることができた。

異方性インバージョンを、西フィリピン海盆で得られた MT データ (馬場, 2009) の解析に用いた。データが得られた場所では、現在や過去のプレート運動やマントル対流に関係すると解釈される S 波異方性が観測されており (Isse et al., 2010)、また、比抵抗構造でも異方性が観測される可能性がある (馬場, 2009)。この実観測データへの応用の結果の詳細は、本発表中で述べる。