議論：海陸の 3 次元比抵抗モデリングにおけるメッシュデザインについて

市原 寛（名古屋大学)、多田訓子（海洋研究開発機構）

Discussion: mesh design in 3-D resistivity modeling with marine and land magnetotelluric data

Hiroshi Ichihara (Nagoya Univ.) and Noriko Tada (JAMSTEC)

Abstract

Developments of 3-D inversion method for magnetotelluric impedances in this 10 years enabled convenient estimation of 3-D resistivity distribution in the earth (e.g. WSINV3D by Siripunvaraporn et al., 2005; ModEM by Egbert and Kelbert, 2012). Because these modeling approaches generally approximate the earth into discretized cuboid blocks, definition of the block size and computation region strongly affect the precision of MT impedance especially when model include topography and bathymetry (seawater). Therefore, appropriate block designs should be discussed sufficiently. In particular, following points should be discussed; (1) how far the distribution of seawater needs to be incorporated outside of the observation area, (2) how much block size can be reduced especially in the vicinity of the observation site. In the poster presentation in the 2018 (2017FY) Conductivity Anomaly workshop, we showed a forward modeling results of the simple topography and bathymetry models to discuss above points among the CA community (Fig. 1). We used the forward code of Tada et al. (2012) for the calculations of MT impedances. The code adopted staggered grid finite difference method, which was known as a general calculation method for MT responses of 3-D resistivity structure.

Acknowledgment

We are grateful for the useful discuss with participants of the workshop. Generic Mapping Tools software (Wessel and Smith, 1998) was used to draw figures and graphs.

References

Egbert, G. D., and A. Kelbert (2012), Computational recipes for electromagnetic inverse problems, Geophys J Int, 189(1), 251-267, doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05347.x.

Siripunvaraporn, W., G. Egbert, Y. Lenbury, and M. Uyeshima (2005), Three-dimensional magnetotelluric inversion: data-space method, Phys Earth Planet In, 150(1-3), 3-14.

Tada, N., K. Baba, W. Siripunvaraporn, M. Uyeshima, and H. Utada (2012), Approximate

treatment of seafloor topographic effects in three-dimensional marine magnetotelluric inversion, Earth Planets Space, 64(11), 1005-1021, doi: Doi 10.5047/Eps.2012.04.005.

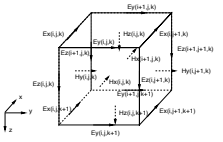
Wessel, P., and W. H. F. Smith (1998), New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Amer. Geophys. U., 79 (47), 579 pp.

はじめに

近年の magnetotelluric 法における 3-D inversion 手法の普及（e.g. Siripunvaraporn et al.,）に伴い、直方体ブロックモデル近似による三次元比抵抗構造の推定が簡便に行われるようになってきた。しかしながら、実際に観測データを扱う場合に、どのようにブロックモデル（グリッド）を定義するべきか議論が少ないのが現状である。特に、MT impedance に影響を及ぼす海水の分布をどこまでモデルに組み込む必要があるのか、（特に地形をモデルに組み込む場合）観測句点近傍のメッシュサイズをどこまで細かくする必要があるのかといった情報は、利用者（開発者を含む）間で共有する必要が高いため、本ポスターをたたき台として議論をおこないたい。

3D Forward code

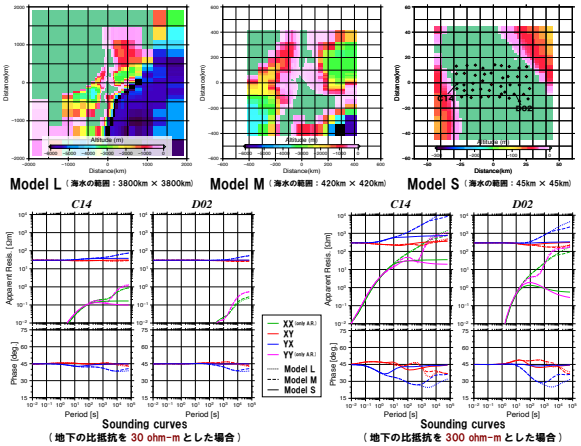
本ポスターでは、CA 研究会コミュニティーにおいて最も普及している 3-D inversion 手法（Siripunvaraporn et al., 2005）のフォワードコードを改良した Tada et al. (2012) の forward コードを利用して議論を実施する。これらのコードは Staggered grid を用いた有限差分法に基づき、要素の辺上における電場を解く（右図）。次に、Faraday' s law ($\nabla \times \mathbf{E} = i\omega\mu\mathbf{H}$) に基づき面上において磁場を求める。そのため、任意の点における MT レスポンスを求めるには電場・磁場共に補間を行う必要がある。



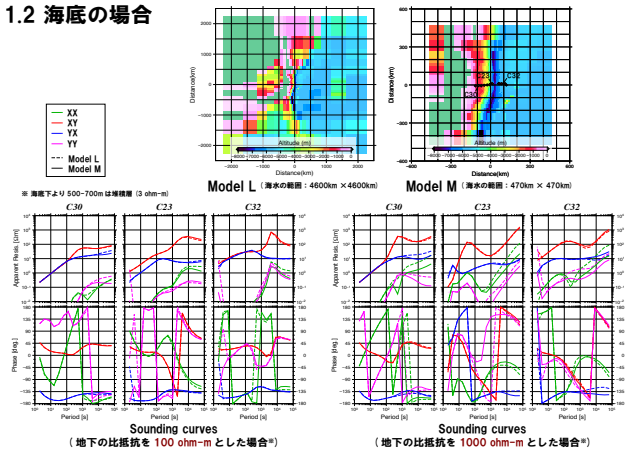
MT 法の三次元 forward 問題（有限差分法）において一般的に用いられる Staggered grid

1. 観測領域外側の海水の MT レスポンスへの影響

1.1 陸上の場合



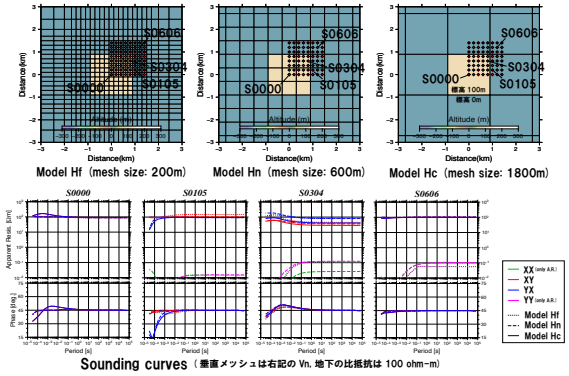
1.2 海底の場合



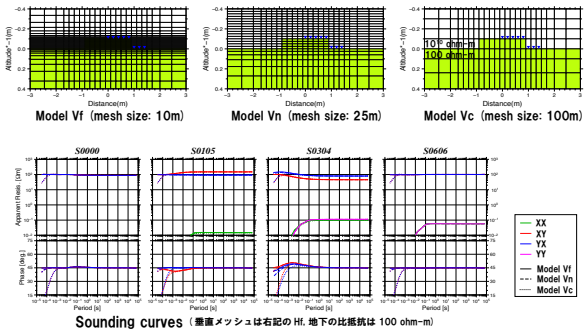
議論のポイント：　どこまで遠方まで海水モデルを組み込むべきか？地下の比抵抗にも依存する。

2. 観測点近傍のメッシュサイズとレスポンスの関係（陸上のみ、丘モデル）

2.1 水平方向のメッシュのサイズによる違い



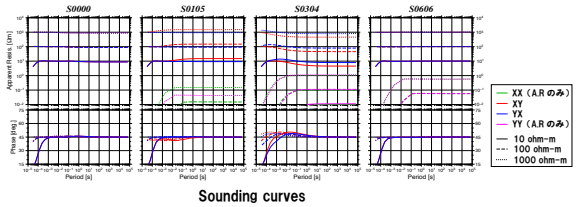
2.2 垂直方向のメッシュのサイズによる違い



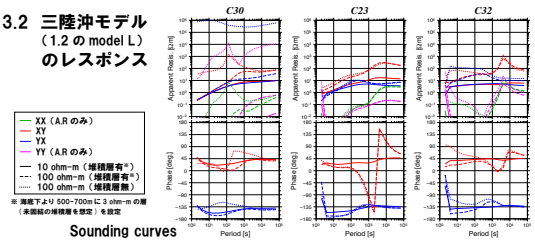
議論のポイント：
（1）Staggered grid で解かれる電磁場の配置に留意し、問題に合わせてメッシュサイズを定義すべき。
（2）観測点下とその隣接するブロック間では高さを変えないようにすべきか、地形の正確な表現を優先すべきか？
（3）直方体要素（モデリングに手間がかからない、高速）VS 四面体要素（正確な地形表現がダイレクトに可能）

3. 地下の比抵抗値の影響

3.1 陸上丘モデル（2 の Hf（水平）, Vn（垂直）モデル）におけるレスポンス



3.2 三陸沖モデル（1.2 の model L）のレスポンス



議論のポイント：　メッシュの細かさは地下の比抵抗も考慮する必要がある。海底では堆積層の有無が特に重要。循環論的だがどう決定すべきか？

Fig. 1　A part of the poster presented in the Conductivity Anomaly workshop