

## 高次モードの外部磁場ソースに対する3次元不均質球体電磁誘導モデリング

# 小山 崇夫 [1]; 清水 久芳 [1]  
[1] 東大・地震研

## 3-D EM induction modelling in a spherical heterogeneous Earth by external sources of higher degree modes

# Takao Koyama[1]; Hisayoshi Shimizu[1]  
[1] ERI, University of Tokyo

For aiming to investigate an electrical conductivity structure in the Earth's mantle by the EM induction method, it is essential to properly consider a source distribution in low frequency ranges unlike a common MT method. A simple P10 distribution assumption is valid in a period range over 5 days (e.g. Semenov and Kuvshinov, 2012), and most of conventional global EM induction studies have performed under this assumption (e.g. Kelbert, 2009). Recent studies, however, revealed that it's invalid in a period range between 10,000 sec and 5 days even if well-known Sq field effects are separated and removed (e.g. Shimizu et al., 2011, Semenov and Kuvshinov, 2012). Observed EM field data at the surface in a period range described above are sensitive to the electrical conductivity structure in a lower part of upper mantle and a upper part of mantle transition zone, and thus it is inevitable to analyze the EM field data in those periods to fill in our understanding for a missing region. We've developed a 3-D modelling code of EM global induction mainly by P10 excitation so far (Shimizu et al., 2010, Koyama et al., 2014), and need to modify it further to be able to adapt in a period range mentioned above.

In this study, we'll show how to modify our original code to be able to input source fields of mixed higher degree modes than P10. Our code is based on an integral equation method, and non-ohmic electric current source distributions are required to input as source terms in our code. Now we're just considering the source effects of electric currents in ionosphere and magnetosphere as source terms. These current systems actually include both toroidal and poloidal components, but the effects of poloidal current components are vanished in the air, and thus only toroidal current components are needed for EM soundings in the Earth. So it turns that it is just required to know equivalent source distribution at an arbitrary radius above the surface. In our original code, Green's functions are expressed as spherical harmonic expansions which are core parts of our code. Thus, it is convenient and suitable that external source current densities are also expressed by using spherical harmonic coefficients. Supposing that we've just already known Gauss coefficients of external magnetic field in those periods by geomagnetic data analysis, we can know the input source datasets which are expressed as spherical harmonic coefficients, because a conversion to external Gauss coefficients into spherical harmonic coefficients of equivalent electrical currents are easily derived (e.g. Koch and Kuvshinov, 2015).

In our presentation, details of modification of our original code are discussed and some numerical results of 3-D forward EM induction modelling will be shown due to, for examples, supposed Sq field excitations.

グローバルなマンツルの構造のような深部電気伝導度構造を調べるために電磁探査法を利用する場合、数時間～年単位の長周期帯の電磁場データが必要なのに加え、外部ソースは通常の MT 法のように平面波近似を適用することはできず、ソース形状を正しく考慮する必要がある。従来の磁場観測データ解析の研究から数日周期以上のソース分布に対しては、非常に簡単な P10 分布でよく近似できることが知られており (e.g. Semenov and Kuvshinov, 2012)、これまでのグローバルインダクションの研究のほとんどでは、ソース分布にはこの近似を適用して電気伝導度分布が推定されてきた (e.g. Kelbert et al., 2009)。しかし、一方で周期 10,000 秒～数日の周期帯では Sq 場の影響を取り除いたとしてもこの近似がなりたないことが最近の研究からわかってきた (e.g. Shimizu et al. 2011, Semenov and Kuvshinov, 2012)。上記の周波数帯は、上部マントル～マントル遷移層上部に感度があるため、電気伝導度の深度分布を推定し、さらにマントルテクニクス/ダイナミクスの情報を知る上で、この周期帯の解析が極めて重要である。著者らはこれまで (セミ) グローバルな 3 次元電気伝導度構造推定を従来の P10 ソース近似のもとで進めてきた (e.g. Shimizu et al., 2010, Koyama et al., 2014) が、上記の周期帯ではそのまま適用することはできず修正を施す必要がでてきた。

そこで本研究では、これまでに開発してきた積分方程式法による 3 次元グローバルインダクションのフォワードコードについて (Koyama et al., 2014)、P10 よりも高次の球関数モードを持ち、かつ、複数のモードが重畳するような複雑な外部ソース入力に対しても適用できるよう、コードを改良した。ここでは、電離圏・磁気圏での電磁場変動ソース分布を non Ohmic な電流密度ソースであるとして、積分方程式法の電流密度ソース項に与えることにする。電離圏・磁気圏での電流密度ソース分布にはポロイダル電流場とトロイダル電流場の両方が含まれるが地下の電磁誘導を考える上では、トロイダル電流場ソースだけを考えればよい。つまり、より単純化して、地表より上でのある任意の半径におけるトロイダルな等価電流場分布を求めればよいことになる。従来のコードは積分方程式法で必要となるグリーン関数をそれぞれの球関数モードによる重ね合わせとして表してきたので、本研究ではその方針を踏襲し、外部ソースを球関数モードに展開した各係数で与えることにする。将来的な実データへの適用を視野にいれ、たとえば地磁気データ解析等から外部磁場に対するガウス係数が既知であるものとしてコードに入力することに相応する。なお、既知の外部磁場のガウス係数からトロイダル電流場を球関数展開したときの係数への変換は容易に求まり (e.g. Koch and Kuvshinov, 2015)、本研究のコードへの入力が可能になる。

本発表では、コード改良の詳細とともに、今後の Sq 場解析を想定したフォワード計算結果を示す。