

薄層球殻による電磁シールド問題の球座標における数値解法

大志万 直人 [1]
[1] 京大・防災研

Electromagnetic Shielding by Conducting Spherical Shell of Infinitesimally Small Thickness

Naoto Oshiman[1]
[1] DPRI, Kyoto Univ.

Since the mid-1990s, several simulators for global EM induction in a 3D sphere have been developed on the basis of the finite difference method (FDM) or the finite element method (FEM or the edge-based FEM) (e.g. Everett and Schultz, 1996; Maritinec, 1999; Uyeshima and Schultz, 2000; Yoshimura and Oshiman, 2002). However, in those simulators, a thin sheet approximation, which is very useful for modeling ocean distribution on the surface of the Earth, is not implemented.

EM induction studies using a thin sheet approximation of conductor have been made since Price(1949). Most of all thin-sheet numerical modeling with finite electrical conductivities for global electromagnetic induction are based on the methods of quasi-analytical solutions after representing the EM fields in terms of toroidal and poloidal potential. Kuvshinov and Pankratov(1994), Koyama and Utada(1998), Kuvshinov et al.(1999), and Sun and Egbert(2012) developed numerical solvers for global EM induction including a surface thin sheet cell structure.

There are very small numbers of numerical approaches to thin sheet modeling based on solving the differential equation in the spherical coordinate systems. Rikitake(1992) proposed numerical methods to solve EM induction problems of axially symmetrical cases of finite electrical conductivity distribution in a thin sheet, such as a spherical shell having a hole, including the potential value at the origin of the spherical coordinates. However, due to the power of the computer, only a few calculation results were shown in Rikitake(1992).

I extended the method proposed by Rikitake(1992) in order to solve problems of full 3D induction modeling of thin sheet spherical shell, namely cases of non-axial and non-uniform distribution of the electrical conductivity of the thin sheet shell. In this presentation, I will show results of electromagnetic shielding by non-axial symmetrical and non-uniform shell of a finitely conducting thin sheet, together with results of axially symmetrical cases.

1990年代半ばごろから、グローバルな3次元電磁誘導のモデリングのための様々な数値シミュレーターが提案されてきた。例えば、Everett and Schultz (1996)、Maritinec (1999)、Uyeshima and Schultz (2000)、Yoshimura and Oshiman (2002)である。これらは電磁誘導の方程式を差分法、有限要素法、辺要素有限要素などの手法を用いて解くものである。しかし、これまでに開発されてきたこれら一連のシミュレーターでは、地球表面の海陸分布などをモデル化するのに威力を発揮する薄層近似を、モデルの中に取り込むことまでは至っていない。

一方、薄層の電磁誘導問題に関しての理論的研究は、Price(1949)の成果にそのルーツをさかのぼることができるが、グローバルな薄層球殻を構造に含む電磁誘導問題の解法としては、求める場をトロイダル成分とポロイダル成分に分離したうえで、積分方程式法を基にして解くというような手法が主として活用されてきた。例えば、Kuvshinov and Pankratov(1994)、小山・歌田 (1998)、Kuvshinov et al.(1999)、また、最近では、Sun and Egbert(2012)などで、モデルの表面上に薄層球殻の電気伝導度構造を設定することが可能である。

Rikitake(1992)は、有限な電気伝導度の軸対称薄層球殻モデルを、差分法を基にして、Price(1949)に示された方程式を、差分法を基礎として数値的に直接解くことを行っている。このモデル解法では、薄層球殻内部は、電磁伝導度構造を持たない真空領域として扱われているものの、グローバルな電磁誘導問題を解くために、微分的手法を基礎とした解法(差分法、有限要素法など)に係わる研究推進のためには、非常に適した課題であると考えられる。そこで筆者は、数年前からこの解法に係わる研究を行ってきた。すでにRikitake(1992)が扱った軸対称問題に関しての解法に係わる問題点とその解決法に関しては、2015年度のCA研究会でもすでに報告したが、今回は、適応範囲をさらに広げた計算プログラムを開発したので、それによる非軸対称薄層モデル、および、非軸対称不均質伝導度薄層モデルに関しての結果を報告する。