

電離圏電流によって駆動される地磁気誘導電場のシミュレーション

栗栖 一樹 [1]; 海老原 祐輔 [2]; 中村 紗都子 [3]
[1] 京大・生存圏; [2] 京大生存圏; [3] 京大生存研

Simulation of Geomagnetically Induced Electric Field Originating from Ionospheric Current

Kazuki Kurisu[1]; Yusuke Ebihara[2]; Satoko Nakamura[3]
[1] RISH, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.

<http://space.rish.kyoto-u.ac.jp/omura-lab/index.php>

During geomagnetically disturbed conditions, geomagnetic induced currents can cause severe damages on our life. It has become thought that such strong GIC flows at high latitudes. The direct cause of the GIC is the geomagnetically induced electric field on the ground. In order to evaluate the GIE, we need to solve the propagation of electromagnetic fields from the current source that is presumably located in the ionosphere and the magnetosphere. Previously, estimation of GIE has often been made with 1D conductivity models and plane waves because small inhomogeneities of the ground conductivities are thought not to play a significant role. However, the GIE depends largely on the structure of the ground conductivities, known as the coast effect. Japan has complicated structures of the ground conductivities due to volcanos and plate boundaries. The purpose of this study is to understand the effect of the 3D treatment of the ground conductivity on GIE. We simulated the propagation of the electromagnetic fields by using the FDTD method.

Simplified structures of the ground conductivities were tested for qualitative understanding of GIE. For the sake of simplicity, we also assume simplified ionospheric currents as a source current. First, we changed only ionospheric current. When we introduced a pair of two vertical line currents, charge is accumulated in ionosphere, resulting in localized, small GIE on the ground below the line currents. Second, we introduced different ground structures. A uniform sheet current is assumed to flow in the ionosphere. For an island with a bay and an island with a peninsula, GIE was enhanced near the edge of a bay, or peninsula by a factor of two. For an island with a mountain, the current penetrates vertically into the interior of the ridge of the mountain, and GIE has local maxima at foots of the ridge. These maxima are as great as GIE at the coast. For a land with a large conductivity region, such as magma, embedded in the ground, the phase of the electric field is different from ambient. We will discuss the GIE on the ground having complicated structures in terms of current lines and charge distribution.

太陽風による磁気擾乱現象の一つである地磁気誘導電流 (GIC) は停電など、時に私たちの生活に大きな経済的被害を及ぼす。GIC は極域付近で起こる現象だと考えられていたが、近年の観測より GIC は中低緯度でも起こる現象であることが明らかとなっている。GIC は地磁気誘導電界 (GIE) が送電網等の下に発生することにより発生する。従来の GIE の解析としては電流源として平面波を与えた次元のモデルの利用が中心だった。しかし日本のように複雑な海岸線構造やマグマやプレートなどの地下構造を持っている地域では次元モデルで GIE を解析することは難しい。このような地域においては次元モデルで GIE を解析することが求められる。私たちの研究目標としては次元空間での GIE の解析を行い、GIE の振舞いを理解することにある。私たちは今回次元 FDTD(Finite-difference time-domain) 法を用いて GIE のシミュレーションを行った。

シミュレーションのモデルとしては電離圏と大気、地面が存在するモデルを設定した。まず地面が一様な導電率を持つと仮定し、電離圏電流を様々な形状に与えた。電離圏電流として垂直かつ逆方向に二本の電流を与えた場合は、二本の電流間の直下の部分で小さな GIE が発生することが分かった。続いて電流源を電離圏の薄い層で水平方向に一様に流れるようなシート電流を仮定し、地構造を様々なモデルに変えて GIE のシミュレーションを行った。まず湾構造を持つ海に囲まれた島を仮定した場合は、湾の角に電荷が溜まり、他の陸の二倍程の大きさの GIE が集中することが明らかになった。これは半島構造を持つ島を仮定した場合にも同じ現象が起きた。海に囲まれた陸に山が存在するモデルでは、海岸の GIE と同程度の GIE が山の麓部分に発生することが明らかとなった。地中にマグマが存在するモデルでは、マグマの上の領域で他の領域と比べ GIE の位相がずれることが明らかとなった。発表では、電流線と電荷分布の観点で非一様地下構造上の GIE について議論する。