

# 日本における地磁気誘導電流 三次元比抵抗モデルを用いた地磁気誘導電場の数値シミュレーション The Geomagnetically Induced Current in Japan

A Numerical Simulation of the Geomagnetically Induced Electric Field with the Three-Dimensional Resistivity Model

遠藤 新<sup>[1]</sup>, 藤田 茂<sup>[1]</sup>, 藤井郁子<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> 気象大学校 (Meteorological College)

<sup>[2]</sup> 地磁気観測所 (Magnetic Observation)

2014/2/28

## 要旨

本研究では三次元電磁誘導問題を解くプログラムを使用し、日本における地磁気誘導電場の数値シミュレーションを行った。シミュレーションに必要な三次元比抵抗分布は本研究中で推定した。また、赤道面に対して任意の角度を持った環電流を地表誘導電場のソースとして仮定できるようプログラムを改良した。その結果、水深の深い湾に対して垂直に電流が入射するとき、その奥側の地表面で誘導電場が大きくなることがわかった。またこの効果により、ソース電流が東西方向に流れる時には渡島半島から津軽半島の西側に、赤道面に対して角度  $30^\circ$  で流れる時には伊豆半島に、赤道面に対して角度  $60^\circ$  で流れる時には北海道北東部や中部から九州北部の沿岸に高電場の領域が現れた。

## Abstract

The geomagnetically induced electric field(GIE) in Japan is presented by using the three-dimensional electromagnetic induction solver. In this study, we estimated the three-dimensional resistivity model. The source current in the magnetosphere is assumed to flow in a plane around the Earth. The inclination of the plane to the Earth's equatorial plane can be arbitrarily assigned. Thus, we can give the induced current in the Earth with the arbitrary direction. As a result, the induced electric field is enhanced in the throat of a wide and deep bay when the current in the ocean flows parallel to the bay axis. Consequently, the enhanced electric field is observed in Toyama bay and in Suruga bay, when the source current have the direction relevant to these bays. In addition, we observe intensified electric field in the west coast of the Oshima Peninsula and Tsugaru Peninsula, these facts suggest that Japan has potential danger against the GIC disaster compared with the other countries in the mid- and low-latitude countries like China.

## はじめに

地磁気緯度の低い日本では、地磁気誘導電流 (GIC: Geomagnetically Induced Current) が大停電を引き起こす確率が低いと想定されてこなかった。しかし東日本大震災を契機として、想定できる最大規模の現象について評価しておく必要があることが認識された。

地下構造が複雑な日本で GIC を評価するにあたっては、GIC が比抵抗分布の局所性に大きく依存するため、三次元比抵抗分布を考慮して GIC を評価する必要がある。しかし、日本における GIC 研究において三次元比抵抗分布を考慮したものが見当たらず、日本における GIC は未だ正当に評価されていないといえる。

そこで、三次元比抵抗分布を考慮した GIC の評価を目的とした研究を行った。具体的には、全球の三次元比抵抗分布を推定し、それをを用いて日本における地磁気誘導電場の数値シミュレーションを行った。

## シミュレーション手法

本研究では、内部に三次元的な比抵抗分布を持った球体において、外部の磁場変化によって誘導される電磁場を周波数領域で計算するプログラム (Mackie et al., 1994; Uyeshima and Schultz, 2000) を用いて、地表誘導電場を計算した。

このプログラムでシミュレーションを行うにあたって、全球の比抵抗分布を与えることと、外部の磁場変化を境界条件として与えることが必要となる。

ここで全球の比抵抗分布は、堆積層の厚さデータ (Laske and Masters, 1997) および標高のデータ (ETOPO1) から推定して与えた。

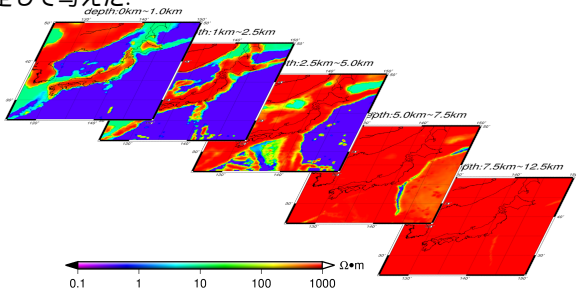


図 1 推定した比抵抗分布 (海水:  $0.333\Omega\cdot\text{m}$ , 堆積層:  $10\Omega\cdot\text{m}$ , 岩石層:  $1000\Omega\cdot\text{m}$ )  
fig. 1 The estimated resistivity model (sea:  $0.333\Omega\cdot\text{m}$ , sediment layer:  $10\Omega\cdot\text{m}$ , rock layer:  $1000\Omega\cdot\text{m}$ )

また外部の磁場変化は、 $r = 10\text{Re}$  で東西方向に流れる電流を仮定し、その電流から発生する磁場を計算して与えた。加えて一般的な磁場変動に対する地磁気誘導電場を考察するため、 $r = 10\text{Re}$  で赤道面から傾けた電流を仮定し、その電流から発生する磁場を計算して与えた。

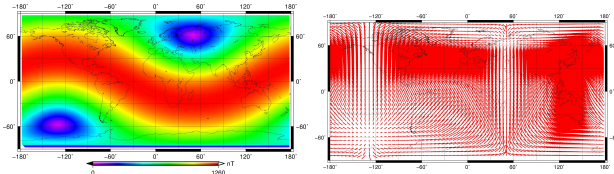


図 2  $r = 10\text{Re}$  で赤道面に対し角度約  $30^\circ$  で流れるソース電流を仮定した時の、 $r = 10\text{Re}$  における磁場の振幅  
fig. 2 The amplitude of magnetic field variation at  $r = 10\text{Re}$  assuming that the electric current at  $r = 10\text{Re}$  flows  $30^\circ$  from the equatorial plane.

図 3 図 2 と同じ仮定した時の、 $r = 10\text{Re}$  における磁場の  $T = 0$  におけるベクトル  
fig. 3 Vectors of magnetic field variation at  $r = 10\text{Re}$  assuming the same as fig. 2.

## 結論

本研究では以下の 2 点が明らかになった。

1. 水深の深い湾に対して垂直に電流が入射するとき、その奥側の地表面で誘導電場が大きくなる。
2. 1 の効果により、ソース電流が  $r = 10\text{Re}$  で東西方向に流れる時には渡島半島から津軽半島の西側に、赤道面に対して角度  $30^\circ$  で流れる時には伊豆半島に、赤道面に対して角度  $60^\circ$  で流れる時には北海道北東部や中部から九州北部の沿岸に高電場の領域が現れた。

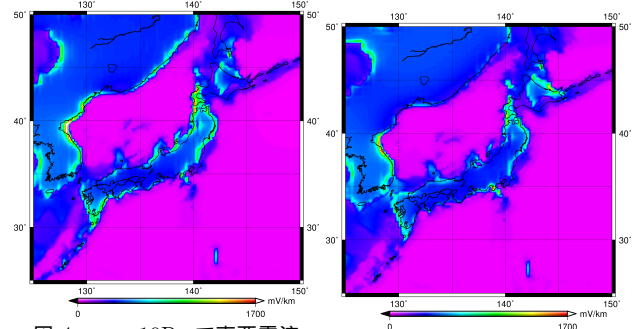


図 4  $r = 10\text{Re}$  で東西電流を仮定した時の地表誘導電場の振幅 (周期 200 秒)  
fig. 4 The amplitude of GIE assuming zonal electrical current at  $r = 10\text{Re}$ . ( $T=200\text{sec.}$ )

図 5 図 2 と同じ仮定をした時の、地表誘導電場の振幅 (周期 200 秒)  
fig. 5 The amplitude of GIE assuming the same as fig. 2. ( $T=200\text{sec.}$ )

## 今後の課題

本研究では以下の 4 点が今後の課題となった。

1. 本研究で推定した地表誘導電場を、観測値と比較する。
2. 送電線インピーダンスの情報を用いて、シミュレーションした地表誘導電場から GIC を推定する。
3. Neteork-MT 法などによる観測値を比抵抗モデルへ反映させる。
4. 観測値、もしくは太陽地球系モデルによる宇宙天気現象の推定値を境界条件へ反映させる。