

R003-03

D会場：11/25 PM1 (13:15-14:45)

13:45~14:00

## 斜め良導柱に伴う異常位相に関する考察

#井上 智裕<sup>1)</sup>, 橋本 武志<sup>2)</sup>

(<sup>1</sup>九州大学・理・地震火山センター, (<sup>2</sup>北大・理・地震火山センター

## Considerations on the anomalous phases associated with an inclined conductive column

#Tomohiro Inoue<sup>1)</sup>, Takeshi Hashimoto<sup>2)</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, (<sup>2</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

Magnetotelluric data are sometimes accompanied by anomalous impedance phases in the off-diagonal components that deviate from the first (0°-90°) or third (-180°-90°) quadrants, particularly in long period-bands. This phenomenon is called phases out-of-quadrant (POQ). Particular 3-D structure with a strong resistivity contrast or the anisotropy of the medium are often introduced in explaining POQ. In other words, POQ can be one of the important guides for model estimation in 3-D resistivity inversion modeling.

Most recently, Inoue and Hashimoto (2024) proposed the model for an inclined conductive column (ICC) generating POQ. They used the ModEM code (Kelbert et al., 2014) to calculate the impedance at each depth and concluded that the induced currents are channeled into the ICC. However, it was practically difficult to calculate the vertical component of the E-field using based on the impedance between horizontal components. Therefore, in this study we re-evaluated the numerical models using the FEMTIC code (Usui, 2015), which can directly output the distribution of electromagnetic fields and current density, including their vertical component.

In the synthetic tests, we introduced an ICC (1 Ω m) within a uniform medium of 1000 Ω m. The model was composed of cubic cells, each with dimensions of 1 × 1 × 1 km. We assumed the conductive column was inclined at 45° toward the -Y (west) direction. We prepared three synthetic model patterns, with the upper end set at the ground surface ( $Z_u=0$  km) and the lower end set at  $Z_l=5, 10$  and 20 km, respectively. We obtained the impedance, the E-field and the current density by frequency.

We confirmed that variations in the length of the conductive column may alter the E-field pattern and lead to the generation of POQ. In the model with a shorter column ( $Z_l=5$  km), the E-field, corresponding to the magnetic field variation in the X (north-south) direction is not significantly affected by the conductor. In contrast, in the models with relatively longer columns ( $Z_l=10$  or 20 km), the E-field tends to concentrate or diverge at the top and bottom ends of the conductor. In addition, on the inclined side (west side) of the conductive column, the electric Y and Z components are reversed compared to the surroundings, and within that region, POQs present in the  $Z_{yx}$  component. Furthermore, the electric current density through the column increases as the column extends deeper. The stronger current may expand the area of the reversed E-field on the surface. This could potentially influence the region where POQ occurs.

マグネトテリック法探査において、インピーダンスの非対角成分の位相が長周期帯で0~90°または-180~-90°の範囲を逸脱する場合がある。こうした現象は phases out-of-quadrant (POQ) と呼ばれており、強い比抵抗コントラストを伴う特異な3次元構造や媒質の異方性で説明されることが多い。そのため、POQは3次元比抵抗インバージョン解析におけるモデル推定に重要な情報の1つである。POQを発現させるモデルに関する研究はいくつか行われており、直近では我々が斜め良導柱モデルを提案している (Inoue and Hashimoto, 2024)。

Inoue and Hashimoto (2024) では、有限差分法を用いた ModEM コード (Kelbert et al., 2014) で深さごとにインピーダンスをフォワード計算し、良導柱の上端と下端で電流の吸い込みと湧きだしが起きているとして結論づけた。しかし、インピーダンスのみでは電場の鉛直成分を計算することは困難であった。そこで本研究は、電磁場や電流密度の分布を直接出力できる FEMTIC コード (Usui, 2015) を用いて数値実験をやり直し、斜め良導柱モデルに伴う POQ に関する考察を行った。

数値実験には、1 km (x) × 1 km (y) × 1 km (z) の六面体メッシュに切った 1000 Ω m の一様な媒質内に傾いた柱状の良導体 (1 Ω m) を組み込んだモデルを作成した。本研究では、-Y (西) 方向に 45° に傾斜させた斜め良導柱を想定し、上端を地表面 ( $Z=0$  km)、下端を  $Z=5, 10, 20$  km にそれぞれ設定した Synthetic モデルの 3 パターンを準備した。そして、それぞれのモデルを用いてフォワード計算を行ってインピーダンス、電場、電流密度を周波数ごとに算出した。

斜め良導柱の長さを変化させると、誘導電流の流れ方も変化し、POQ を発生させることが確認できた。柱の長さが短いモデル ( $Z=5$  km) では、X (南北) 方向の磁場変化に誘導される電場は、深さごとに違いは見られず、斜め良導柱の西側から東側に向いていた。一方で、柱が相対的に長いモデル ( $Z=10, 20$  km) では、Inoue and Hashimoto (2024) と同様に誘導電流は良導柱の下端から上端に集中して流れる傾向であった。また、良導柱の傾斜側 (西側) の地表面で電場の Y 方向と Z 方向の成分が周囲と反転しており、その領域で  $Z_{yx}$  成分に POQ が発生していた。以上の結果に加えて、本研究では、斜め良導柱の長さを伸ばしていくと、良導柱内部の電流密度が増加することを確認できた。吸い込まれる電流が増加することによって、地表面で周囲と反対方向を向く電場の領域が増加し、POQ の発現範囲に影響を及ぼしていると考えられる。