

鬼界カルデラ海域における潮汐起因の電磁場応答の研究

#柴田 悠¹⁾, 野々山 達也¹⁾, 島 伸和^{2,3)}, 南 拓人²⁾, 小畑 拓実¹⁾, 松野 哲男³⁾, 杉岡 裕子^{2,3)}, 大塚 宏徳⁴⁾, 羽入 朋子⁴⁾, 山本 揚二郎⁵⁾, 中道 治久⁶⁾

⁽¹⁾ 神戸大・理・惑星, ⁽²⁾ 神戸大理, ⁽³⁾ 神戸大海洋底探査センター, ⁽⁴⁾ KOBEC, ⁽⁵⁾ JAMSTEC, ⁽⁶⁾ 京都大学防災研究所附属火山防災研究センター

Study of Tide-Induced Electromagnetic Field Response in the Kikai Caldera Sea Area

#Yu Shibata¹⁾, Tatsuya Nonoyama¹⁾, Nobukazu Seama^{2,3)}, Takuto Minami²⁾, Takumi Obata¹⁾, Tetsuo Matsuno³⁾, Hiroko Sugioka^{2,3)}, Hironori Otsuka⁴⁾, Tomoko Hanyu⁴⁾, Yojiro Yamamoto⁵⁾, Haruhisa Nakamiti⁶⁾

⁽¹⁾Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, ⁽²⁾Graduate School of Science, Kobe University, ⁽³⁾Kobe Ocean Bottom Exploration Center, Kobe University, ⁽⁴⁾Kobe Ocean-Bottom Exploration Center, ⁽⁵⁾Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁽⁶⁾Research Center for Volcano Hazards Mitigation

When ocean tides are caused by lunar and solar tidal forces, electromagnetic fields are induced by the flow of seawater, a conductive fluid, through the Earth's main magnetic field. Estimation of this induced electromagnetic field from observation data has the potential to reveal ocean tides affected by surrounding topography and subsurface resistivity. In this study, we focus on the area around the Kikai Caldera, which is located on the seafloor about 100 km south of Kagoshima and has complex submarine topography around it. We estimate tidally induced electromagnetic fields based on electromagnetic field data obtained from observation equipment installed on the seafloor and on land around the caldera, and discuss the mechanism of induced electromagnetic field generation.

Observations were conducted by installing an instrument (OBEMP), which is a combination of a seafloor potentiometer (OBEM) and an absolute pressure transducer, on the seafloor in the Kikai Caldera area. In this study, data from three magnetic field components, four potential difference components, and two tilt components from three observation points were used. In addition, magnetometers were installed on Satsuma Iwo Jima and Takeshima Island around the caldera, and the data of 3 components of magnetic field and 2 components of tilt observed were used.

In the data analysis, the first step was to transform the coordinates of the observed data (3 components of the electric field calculated from 3 components of the magnetic field and 4 components of the potential difference) from the instrument coordinate system to the geographic coordinate system. The transformation was performed by tilt correction using the data of the two tilt components and horizontal rotation of the coordinate system by comparing the observed magnetic field with IGRF-13 (Alken et al., 2021). Tidal cycle components were extracted from the three components of the magnetic field and two components of the horizontal electric field using the tidal analysis program Baytap08 (a modified version of Baytap-G (Tamura et al., 1985)) for the transformed observation data. Then, among the results obtained, we focused on the M2-min tidal component. This is because 1) the M2 equinox is a lunar equinox with a period of 12.42 hours, which avoids the influence of daily changes in the magnetic field caused by the sun, and 2) it has the largest amplitude of all the lunar equinoxes, so the magnetic field signal caused by ocean tides is expected to be the largest. The obtained components of the M2 ebb tide were compared with the numerically calculated values of the magnetic field due to ocean tides. Based on the calculated velocity fields of the tides from the ocean tide model NAO.99Jb (Matsumoto et al., 2000) and the seafloor topography, we used TMTGEM (Minami et al., 2017) to calculate the electromagnetic fields originating from the M2-minutes tides in the study area.

As an initial result, we analyzed the data from the three stations and compared the results with tentative numerical calculations (e.g., the subsurface resistivity structure is uniform), and found that the amplitude and phase values at Bx and Bz were similar to the numerical results. On the other hand, in By, the phases were approximately opposite. In addition, a comparison of the local phase of the tide at M2 min with the local phase at the time of the maximum amplitude of the tidally-induced magnetic field shows a phase shift of about 200 degrees. In this presentation, we show the three components of the magnetic field and two components of the horizontal electric field of the M2-minute tide at all stations. By comparing these results with numerical calculations of the electromagnetic field due to the ocean tides of the M2 tidal cycle, the mechanism of the induced electromagnetic field generation will be discussed.

月や太陽の起潮力により海洋潮汐現象が起こる際、導電性流体である海水が地球主磁場中を流れることで電磁場が誘導される。この誘導電磁場を観測データから推定することで、周辺の地形の影響を受けた海洋潮汐や、地下比抵抗を明らかにできる可能性がある。本研究では、鹿児島島の南方約 100km の海底にあり、その周辺に複雑な海底地形を持つ鬼界カルデラの周辺地域を対象とする。カルデラ周辺の海底と陸上に設置した観測機器から得られた電磁場データをもとに潮汐起因の電磁場を推定し、誘導電磁場の発生メカニズムについて考察する。

観測は、海底電位差磁力計 (OBEM) と絶対圧力計を合わせた機器 (OBEMP) を鬼界カルデラ海域の海底に設置して実施した。本研究では、3 点の観測点の磁場 3 成分、電位差 4 成分、傾斜 2 成分のデータを使用している。また、磁力計を

カルデラ周辺の薩摩硫黄島と竹島に設置し、観測された磁場 3 成分、傾斜 2 成分のデータを使用している。

データの解析では、はじめに、観測データ（磁場 3 成分と電位差 4 成分から計算した電場 3 成分）の機器座標系から地理座標系への座標変換を行った。座標変換は、傾斜 2 成分のデータを使用した傾斜補正と、観測磁場と IGRF-13(Alken et al., 2021) の比較による座標系の水平回転により行った。座標変換を行った観測データに対し潮汐解析プログラム Baytap08 (Baytap-G(Tamura et al., 1985) の修正版) を用いて、磁場 3 成分と水平電場 2 成分から潮汐周期の成分を抽出した。そして得られた結果の中で M2 分潮の成分に着目した。理由は、1) M2 分潮は、月に起因する 12.42 時間周期の分潮であるため、太陽による磁場の日変化の影響を回避できることと、2) 月に起因する分潮の中で最も振幅の大きいため、海洋潮汐を起因とする磁場信号が最も大きくなることが期待されるからである。得られた M2 分潮の成分と海洋潮汐に起因する磁場の数値計算値を比較した。海洋潮汐モデル NAO.99Jb(Matsumoto et al., 2000) による潮汐の速度場の計算値と海底地形をもとに、TMTGEM(Minami et al., 2017) を用いて、研究領域での M2 分潮を起源とする電磁場の計算を行った。

初期的な結果として、3 点の観測点のデータを解析し、その結果と暫定的な数値計算値（地下比抵抗構造が一様であるなど）とを比較すると、 B_x, B_z においては数値計算の結果と似たような振幅と位相の値をとっていた。一方、 B_y では位相がおおよそ逆位相となっていた。また M2 分潮の潮汐のローカル位相と潮汐起因磁場の振幅が最大となる時のローカル位相を比較すると、位相がおおよそ 200 度ずれる結果となった。本講演では、すべての観測点での、M2 分潮の磁場 3 成分と水平電場 2 成分を示す。そして、この結果と、M2 分潮の海洋潮汐に起因する電磁場の数値計算値を比較することで、誘導電磁場の発生メカニズムについて考察する。