

AUV 深海地磁気観測によるマリアナトラフ熱水噴出活動域の磁化異常解析

2004 年 9 月 環境学専攻自然環境コース

36776 野田裕美子

指導教官 教授 玉木賢策

キーワード ; 熱水噴出活動、地磁気、AUV (= Autonomous Underwater Vehicle)

1. はじめに

海底では、海底下に浸透した海水がマグマに熱されて再び海底上に噴出する熱水噴出現象が見られる。この熱水循環系で供給/除去される各種元素は莫大な量である。その影響を知ることは海洋と地球環境の関わりを知る上で重要であり、その為には熱水システムの理解は必要不可欠である。本研究では海底至近での観測が可能な AUV を用いて地磁気データを取得、今後の熱水活動探査に広く使われるようになるであろう AUV による地磁気探査に適した処理方法とマリアナ熱水噴出活動域の磁化異常の解明を目的として解析を進めた。

2. 研究手法

2004 年 5 月 26 日～6 月 3 日の R/V 白鳳丸によるマリアナ航海 (KH04-2) で得られた海底地形および地磁気データを使用する。本研究での調査海域は北緯 $14^{\circ}20'$ - $14^{\circ}50'$ / 東経 $144^{\circ}30'$ - $145^{\circ}00'$ とした。海底地形図は、同航海中 Sea Beam で得られたデータを元に GMT で作成する。地磁気データは、海上曳航式プロトン磁力計による全磁力データと AUV による潜航観測で得られた地磁気三成分データを用いる。AUV には r2D4 を用いた。

海上曳航式プロトン磁力計によるデータ

母船の影響を避けるため、プロトンセンサーは船尾より約 300 m 離して曳航し観測した。データのサンプリングレートは 30 秒である。これにより得られた全磁力値から IGRF を差し引いて全磁力異常値を算出し、地殻磁化強度分布を知るために Parker and Huestis [1974] の手法を用いて磁場のインバージョン解析を行った。

r2D4 によるデータ

AUV 船体による船体誘導磁化係数を求め補正した後、サンプリングレートと AUV の動揺補正を行った。まず AUV の動揺パターンからノイズを大まかに除き、続いて 1 秒 (8Hz) のメディアンフィルターと 1 分のコサインフィルターを施した。また、地磁気三成分と AUV のロール方向の動揺を比較し、ロール角が絶対値 1° より大きい箇所のデータは除去した。次にデータを南北/東西方向の測線毎に切り出し、船速変化に伴うノイズを多く含む航路変針点と、200m に満たない短い測線のデータは省いた。これを Guspi[1987]の手法で上方接続して高度補正を行い、上記と同様のインバージョン解析を行って磁場強度を算出した。

地磁気および地形データは海上プロトンデータ、AUV データ共に 30m グリッドに揃えた。磁化層の厚さは 1km と仮定し、テイラー展開の次数は 6 次までとった。また、解収束のために適用したバンドパスフィルターは、海上プロトン: 1 km - 3 km / 25 km - 30 km ,

AUV : 0.3 km - 0.5 km / 2.5km - 3 km である。

3. 結果と考察

熱水噴出孔とその周辺の磁化異常

プロトン磁力計による全磁力データから、ロタ海山山頂部を中心に南側に正、北側にまとまった負の領域を確認した。これは海山周辺の典型的な地磁気異常分布図であり、ロタ海山が現在と同じ磁化方向の正帯磁の玄武岩できていることを証明する。図1の磁化強度分布図を見ると、頂部へ向かうほど高磁化な傾向にある。これは海山全体としては山頂へ向かうほど新しい玄武岩であることを表す。またこの山頂部の熱水噴出地域周辺で磁化が5A/m程度低くなっていることが読み取れ、熱水による磁気的影響をよく反映している。

特にr2D4によるデータから144°46′35″ / 14°36′25″に存在する熱水噴出孔の周囲に明らかに熱水活動の結果と考えられる半径100m程度の低磁化域を検出した(図2)。しかしもう一方の144°46′20″ / 14°36′に存在する熱水噴出孔周辺では磁化強度に変化は見られなかった。現場型化学分析装置によるMn濃度分布と比較すると前者では顕著な熱水活動が確認されるのに対し、後者ではその活動度が低いことがわかる。熱水噴出孔による磁化強度の差は、熱水活動度の差を示唆するのかもしれない。

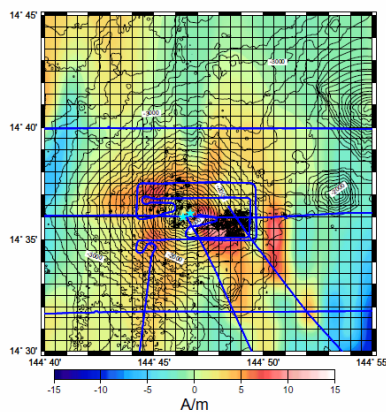
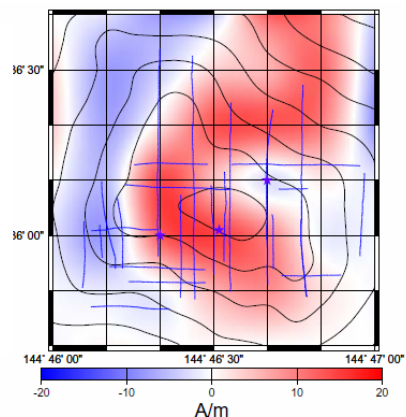


図1(左):プロトン磁力計による磁化強度分布図。青線は白鳳丸による航線。★印は熱水噴出箇所を表す。

図2(右):r2D4によるz成分の磁化強度分布図。青線はr2D4の航線を表す。



4. 結論

- 1) マリアナ海域ロタ海山熱水噴出地域において、世界では2例目となるAUVを用いた高精度の地磁気探査を実施し、データの取得に成功した。
- 2) 得られたデータに対しAUV船体磁化補正、船体動揺補正、高度補正等を行い、さらにインバージョン解析を行うことによって高精度の磁化強度分布図を算出した。その結果144°46′35″ / 14°36′25″で熱水噴出孔周辺の局所的な低磁化域を検出する一方、144°46′20″ / 14°36′の熱水噴出孔周辺では磁化強度に変化が見られなかった。
- 3) 従来、玄武岩質の地殻での熱水活動域では磁化は落ちるとされてきたが、熱水活動度の差によっては磁化の落ちる度合いに大きな地域差があることが明らかになった。このような差を生じる主な原因として、熱水温度による熱水噴出孔直下の酸化・還元環境の違いが考えられる。
- 4) AUVに搭載した三成分磁力計により高精度の海底磁化探査を実施できることを実証した。またAUVによる地磁気探査が熱水噴出地域の観測に有効であることを示した。

Magnetic intensity analyses at the Mariana Trough by the AUV deep-sea geomagnetic measurements

Sep. 2004, Institute of Environmental Studies,

Course of Natural Environmental Studies,

36776 Yumiko Noda

Supervisor ; Professor, Kenku TAMAKI

Keywords ; hydrothermal activity, geomagnetism, AUV (= Autonomous Underwater Vehicle)

1. Introduction

At seafloors, the hydrothermal venting phenomenon is observed where the seawater which infiltrates beneath the seafloor is heated in the magma and gush on the seafloors again. The amount of various elements provided/removed in this hot water circulation system is enormous. It is significant for the understanding of the relationships between ocean circulation and global environment to study the hydrothermal system and to know its effect. In this study, terrestrial magnetic data were obtained at Mariana hydrothermal venting activity area by using AUV that can operate near seafloors and analyses are conducted, to establish the processing method suitable for terrestrial magnetism obtained by AUV which will be used widely in hydrothermal activity search in the clarification of magnetic anomaly.

2. Research method

I obtained bathymetric and geomagnetic data by Mariana Cruise of Hakuho-maru (KH04-2) in May, 26th through June, 3rd, 2004. Investigation area of this study is 14°20' - 14°50' N / 144°30' - 145°00' E. The bathymetric data are acquired by Sea Beam and processed by GMT. For the geomagnetic data, I use total geomagnetic data obtained by towing type proton magnetometer and three component of geomagnetic data obtained by the submergence observation by r2D4 that is an AUV we used in the survey.

Data by proton magnetometer

Observation was done with the proton sensor towed from the stern by about 300 m because of avoiding the magnetic influence of the mother ship. Sampling rate of data is 30 seconds. I calculated all magnetic anomalies value by subtracting IGRF from total magnetic value obtained by this observation. And I applied inversion analysis of the magnetic field by using the technique of Parker and Huestis [1974] to calculate the magnetization intensity distribution in the crusts.

Data by r2D4

After data had been corrected for the permanent magnetic field vector of the AUV, I corrected the data to remove the motion effect of AUV. I applied a median filter for one second (8Hz) and the cosine filter for one minute after excluding the noise from the motion pattern of AUV roughly. Then, I compared three component vector data of terrestrial magnetism with the motion of the direction where AUV rolled, and I removed data whose roll angle is larger than the absolute value of 1°. Then I omitted the data of the course-change point that contained a lot of noises caused by the vessel speed change and short track lines that less than 200m. I corrected the difference of altitude by upward continuation with the technique of Guspì [1987] and operated inversion analysis same as the above-mentioned and calculated magnetic field strength.

I arranged terrestrial magnetic and the geographical features data in the grid for one second as well as the proton magnetometer data and the AUV data. I assumed the thickness of a magnetic layer to be 1km, and adopted 6 order the Taylor expansion. And the band-pass filter applied for the smoothing the data is for the proton magnetometer : 1 km-3 km/25 km-30 km, and for AUV: 0.3 km-0.5 km/2.5km-3 km.

3. Results and discussion

Magnetization anomaly around hydrothermal vents

I found large positive anomaly region in south of Rota seamount and that of negative anomaly in north of it. This typical geomagnetic anomaly distribution suggests that Rota seamount is composed of basalt with positive magnetization which has the orientation same with the present one. In Fig.1, magnetization tends to be high toward the summit of the sea-mountain. It suggests that the basalt is young of the summit of the sea-mountain. Moreover, near the hydrothermal vents at the summit, the magnetization is lower, about 5 A/m. This low magnetization correlates with hydrothermal vent.

Especially strong negative magnetic anomaly with a circle of about 100 m diameter centering on this vent is observed near the hydrothermal vent at 144°46'40" / 14°36'10" (Fig.2). On the other hand, I cannot observe the change around 144°46'20" / 14°36'25". Mn density distribution by Geochemical Anomaly Monitoring System indicates the remarkable activity in the former one, but not in the latter one. The difference of the activity level may suggest the difference of strength of each hydrothermal vent.

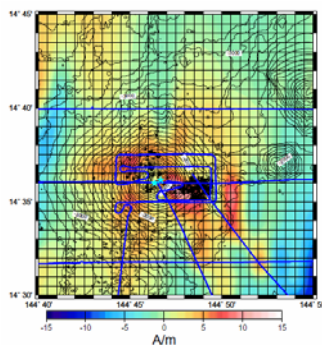
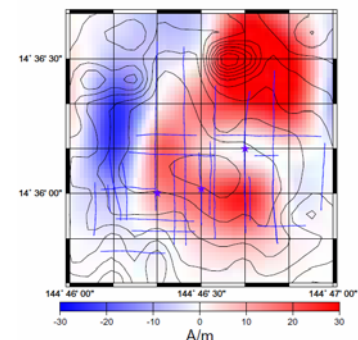


Fig.1 Magnetization chart by proton magnetometer. Blue line is track line (Hakuho-maru). ★ is hydrothermal activity points.

Fig.2 Magnetization chart of z-component by proton magnetometer. Blue line is track line (r2D4).



4. Conclusions

- 1) In this study, I conducted the magnetic survey of high accuracy by using AUV for the second time in the world, and succeeded in the acquisition of the data.
- 2) After correction of the acquired data, I calculated the magnetization intensity distribution by inversion analysis. As a result, strong negative magnetic anomaly is observed around the hydrothermal vent at 144°46'40" / 14°36'10". On the other hand, no magnetic anomaly is observed at the another hydrothermal site around 144°46'20" / 14°36'25".
- 3) It has been considered that the magnetization of the hydrothermal activity area with the basaltic crusts lowers. However I found clarified that there is a big regional difference in the level to which the magnetization lowered depending on the difference of the activity.
- 4) This study proved that the sea-floor magnetization intensity of high accuracy can be done by three-component magnetometer with the AUV. And it was shown that the inquiry in terrestrial magnetic survey by the AUV was effective for the observation of the hydrothermal activity area.