

三宅島火山の地磁気異常と磁気構造

小山薫, 笹原昇, 熊川浩一: 航法測地室

Geomagnetic anomalies and structure of Miyake-jima Volcano

Kaoru KOYAMA, Noboru SASAHARA, Koichi KUMAGAWA: Geodesy and Geophysics Office

1 はじめに

海洋情報部では海域火山活動監視の一環として、三宅島で航空磁気測量を行っている。(第1図)

近年、同島は1940年、1962年、1983年、2000年とほぼ20年周期で噴火活動が繰り返されている。

火山活動状況の把握には山体構造内部の情報が重要であり、たとえば、山体内部の熱分布は火山性物質の動きを示している可能性がある。

熱分布は火山体に含まれる磁性鉱物の熱消磁分布と関係があり、これは火山体の地磁気異常(磁化強度)を測定することにより推定できる。

本稿では2000年噴火前(1999年)と噴火後(2001年と2007年)の地磁気異常データの解析結果について報告する。

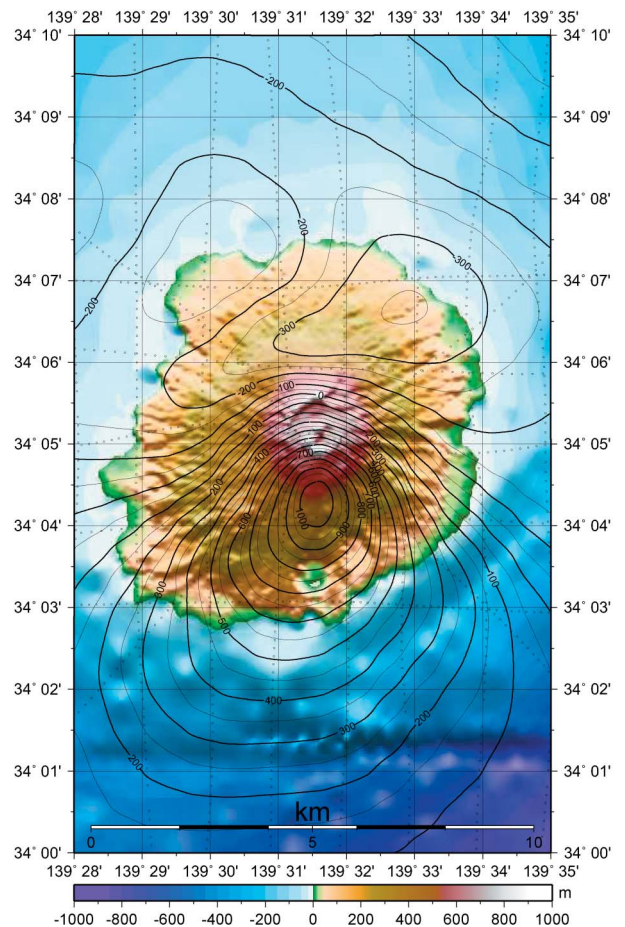


第1図 三宅島の航空磁気測量(2001年2月)
Fig. 1 The airborne geomagnetic surveys of Miyake-jima.

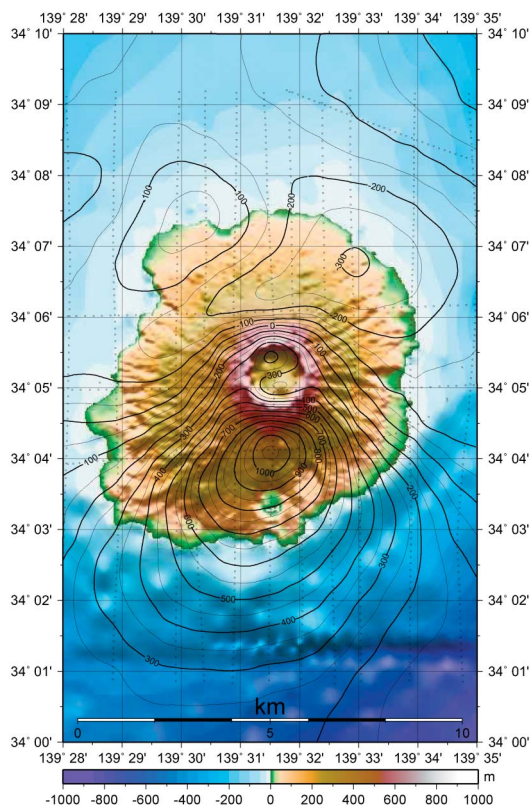
2 地磁気異常データ・地形データ等

・測量用航空機: YS-11 A (LA 701)

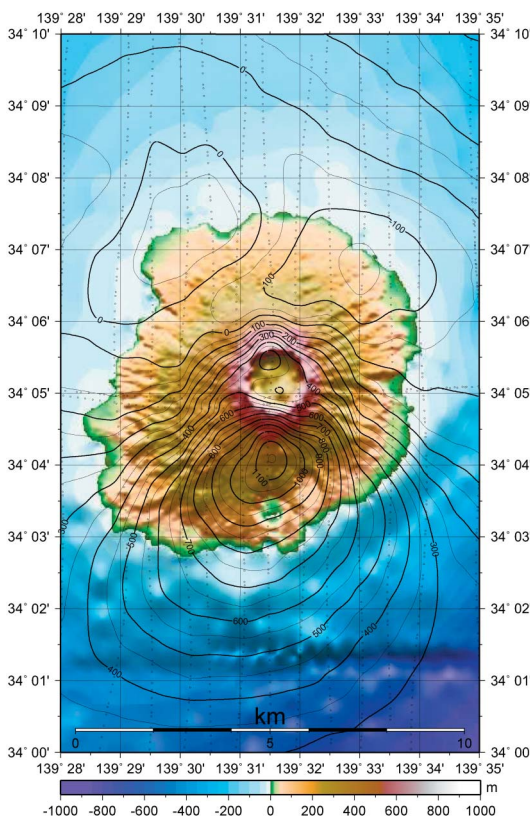
- ・飛行高度: 1160 m (1999年),
1600 m (2001, 2007年)
- ・なお、1999年データを+440 m上方接続し、解析高度を1600 mに統一した。
- ・日変化補正の基準観測所: 八丈水路観測所
- ・標準磁場: 1999年 IGRF 1995,
2001年 IGRF 2000, 2007年 IGRF 2005



第2図 1999年11月 磁気異常(100 nT間隔)
Fig. 2 Observed Magnetic Anomalies in 1999 (contour interval is 100 nT).



第3図 2001年3月 磁気異常 (100 nT間隔)
Fig. 3 Observed Magnetic Anomalies in 2001 (contour interval is 100 nT).



第4図 2007年8月 磁気異常 (100 nT間隔)
Fig. 4 Observed Magnetic Anomalies in 2007 (contour interval is 100 nT).

・地形データ

海域：J-EGG 500

陸域：国土地理院・50 mメッシュ数値地図

各年の航空磁気測量結果による磁気異常図を第2図から第4図に示す。

三宅島の磁気異常は、山体の南側で正 (約1,000 nT)、北側で負 (約-300 nT) の典型的な火山のダイポール型異常を示す。

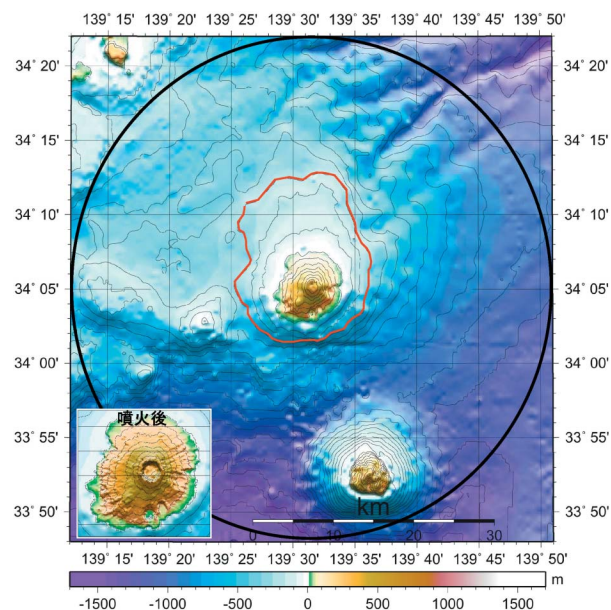
また、島の北西沿岸付近に北東沿岸と比べて相対的に+200 nT程度高い凸状の高まりが見られる。

3 解析方法等

(1) 山体構造モデルについて (第5図)

山体構造モデルは250 mメッシュの地形データによる角柱プリズムモデルで、 $4 \times 4 = 16$ 個 (1 km \times 1 km) のブロックが均一に磁化しているものとした。

水深300 m以浅を山体として磁化強度などを解析するが、計算磁気異常の計算範囲は半径30 kmの円内とし、データ範囲の広さ・形状 (長方形等) によって山体境界付近の解析値に影響を与えないようにした。



第5図 三宅島周辺海域地形図
赤枠：山体モデル範囲 黒円：解析計算範囲
Fig. 5 Topography of Miyake-jima volcano and the adjacent sea.

(2) 磁気構造解析

角柱プリズムモデルの計算は、以下に述べる Battacharya (1964) の方法を用いた。

第6図において、角柱の上面高をhとし、鉛直下方に無限に伸びている四角柱の4隅の頂点の座標を左下隅から時計回りにそれぞれ

$$(\alpha_1, \beta_1, h), (\alpha_1, \beta_2, h), (\alpha_2, \beta_2, h), (\alpha_2, \beta_1, h) \text{ とする。}$$

また、角柱の磁化の大きさをJ、その磁化の方向余弦を(L, M, N)、外部磁場の方向余弦を(l, m, n)とすると、点P(x, y, z)におけるこの各柱による磁気影響値 B(x, y, z) は以下の式となる。

$$B(x, y, z) = +f(\alpha_1 - x, \beta_1 - y, z - h) - f(\alpha_2 - x, \beta_1 - y, z - h) - f(\alpha_1 - x, \beta_2 - y, z - h) + f(\alpha_2 - x, \beta_2 - y, z - h)$$

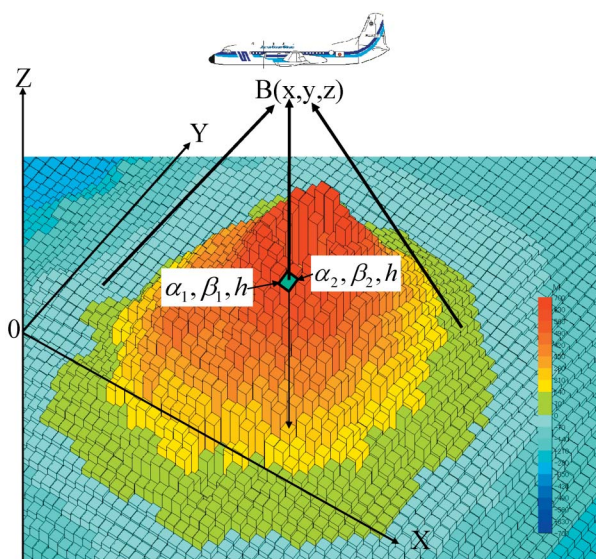
ただし、fは

$$f(\alpha, \beta, \gamma) = J \begin{bmatrix} +(\alpha_{23}/2) \ln\{(r-\alpha)/(r+\alpha)\} \\ +(\alpha_{31}/2) \ln\{(r-\beta)/(r+\beta)\} \\ -\alpha_{12} \ln(r+\gamma) \\ -lL \tan^{-1} \frac{\alpha\beta}{r^2 + r\gamma - \beta^2} \\ -mM \tan^{-1} \frac{\alpha\beta}{r^2 + r\gamma - \alpha^2} \\ +nN \tan^{-1} \frac{\alpha\beta}{r\gamma} \end{bmatrix}$$

$$r = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}$$

$$\alpha_{23} = nM + mN, \alpha_{31} = lN + nL, \alpha_{12} = mL + lM$$

観測点 P_i における観測磁気異常 T_i は以下のよう



第6図 角柱プリズムモデル
Fig. 6 Prismatic model of the volcanic edifice.

な線形式であらわすことができる。

$$T_i = \sum_j B_{ij} \cdot J_j + T_0$$

i = 1 ~ m, j = 1 ~ n m: 観測点数 n: 角柱数

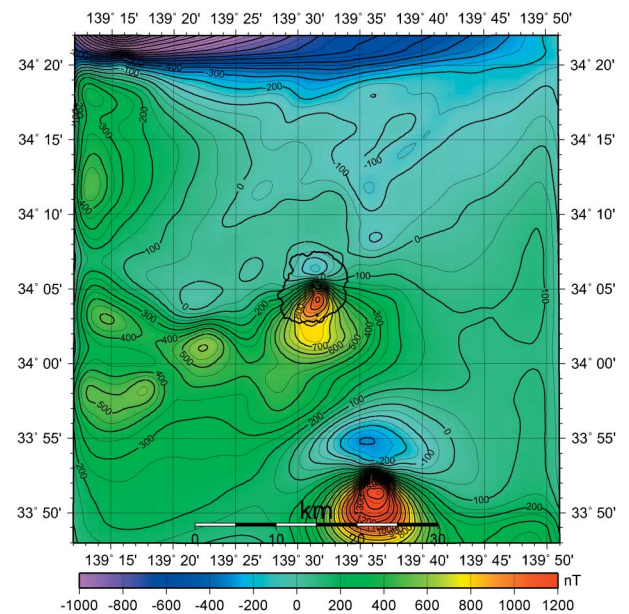
ここで

B_{ij}: P_i における j 番目の角柱の磁気影響値

J_j: j 番目の角柱の磁化強度 (未知)

T₀: 地磁気異常のバイアス項 (未知)

この未知の磁化強度 J_j を比較的安定に解く方法として改良共役勾配法 (CG法: Conjugate gradient method; Bjorck and Elfving, 1979) を使用した。



第7図 2000年噴火以前の計算磁気異常
Fig. 7 Calculated geomagnetic anomalies in 1999.

はじめに、上式において磁化強度を一定として地磁気インバージョン法により山体の平均磁化強度 10.4 A/m を求めた。

次にこの平均磁化強度と偏角を 0 度、伏角を 46.5 度として計算磁気異常 (第7図) を求め、これから観測磁気異常を差し引き残差異常とした。

さらに上式において観測磁気異常を残差異常に置き換えインバージョン法により、各角柱ブロックの磁化強度 (1 km × 1 km) の残差を求め、これに平均磁化強度加え磁化強度分布を算出した。

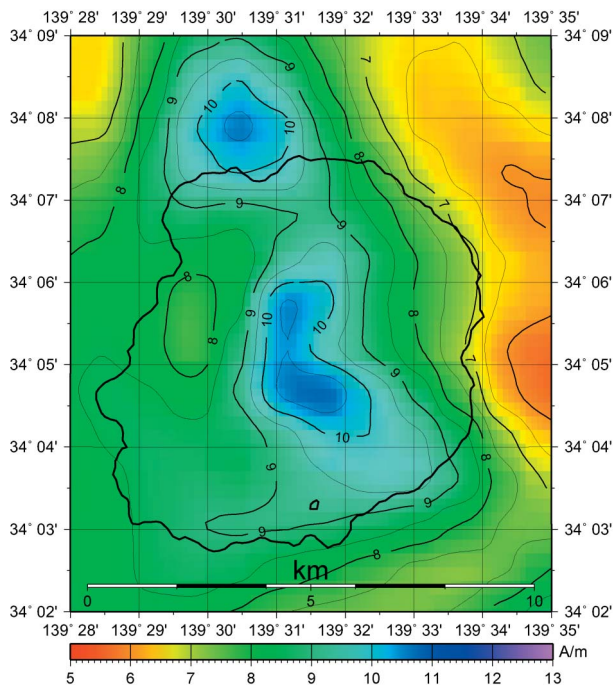
4 解析結果等

得られた各年の磁化強度分布は第8図、第9図、第10図に、およびそれらの差分布を、第11図、第12

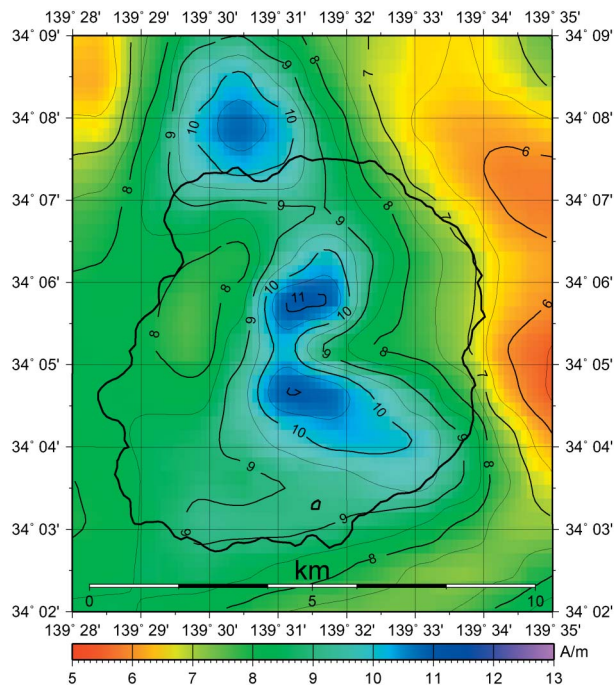
図に示す。

磁化強度分布を見ると各年とも北北西－南南東方向の共通な磁気構造がみられ、噴火前の1999年と噴火後の2001年・2007年では火口付近のコンターの形

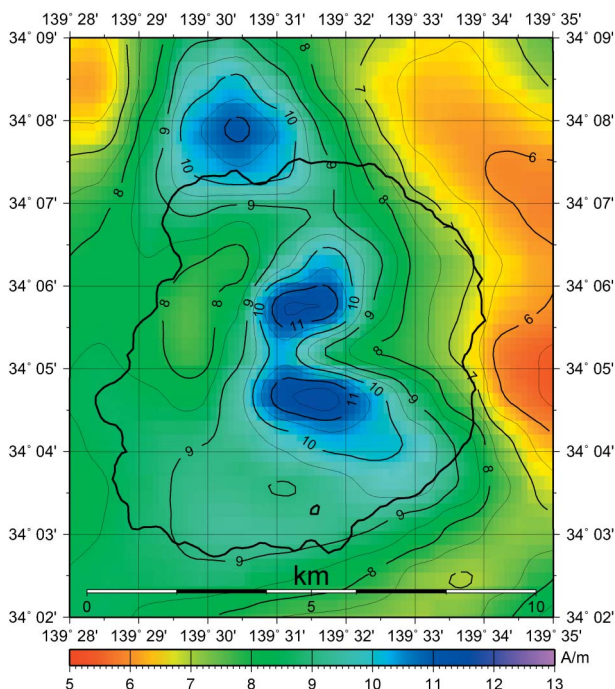
状が異なっている。噴火前後の2001年と1999年の差分分布（第11図）を見ると、火口が噴火によって大きく陥没した地形の影響による1 A/m程度の磁化強度の低下が認められる。



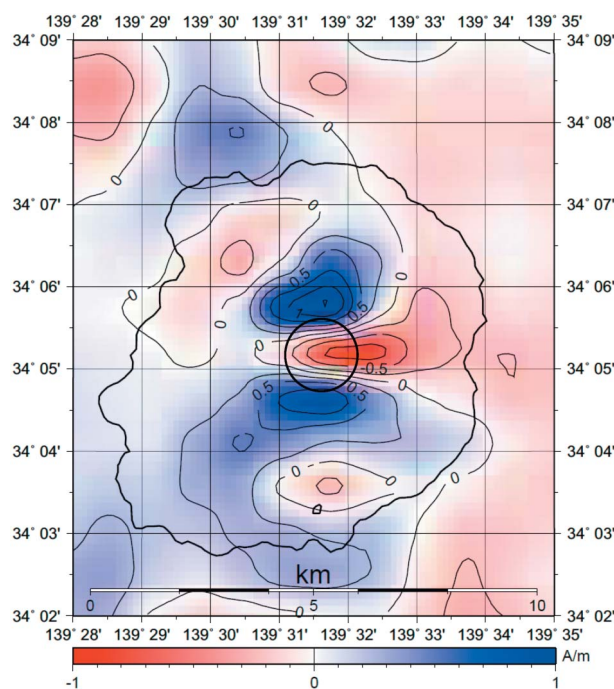
第8図 1999年 磁化強度分布 (0.5 A/m間隔)
Fig. 8 Magnetization intensity in 1999
(contour interval is 0.5 A/m).



第10図 2007年 磁化強度分布 (0.5 A/m間隔)
Fig. 10 Magnetization intensity in 2007
(contour interval is 0.5 A/m).



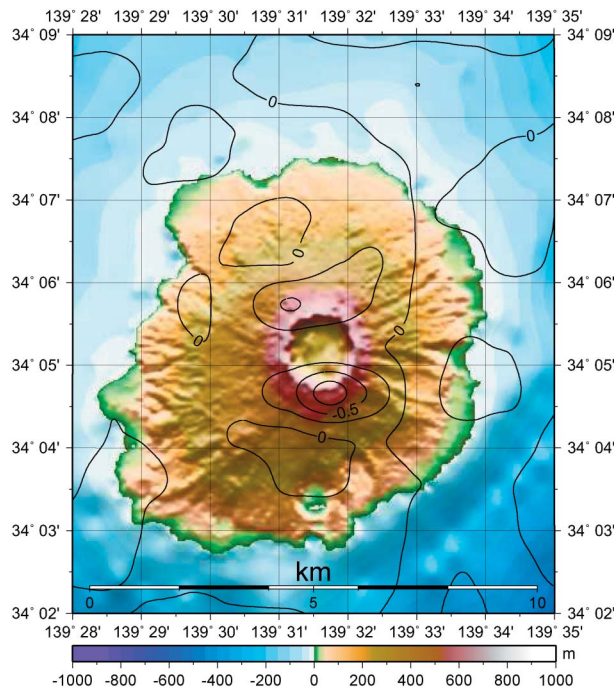
第9図 2001年 磁化強度分布 (0.5 A/m間隔)
Fig. 9 Magnetization intensity in 2001
(contour interval is 0.5 A/m).



第11図 2001－1999年差分
Fig. 11 Variation magnetization intensity
2001-1999 (contour interval is 0.25 A/m).

一方、火口を挟んで北側および南側では、磁化強度が0.5 A/mほど増加しており、熱消磁が回復過程にあることが思慮される。

噴火後、2007年と2001年の差分布（第12図）では、火口の南側において磁化強度が減少しているのが認められる。この減少が有意かどうかは、今後さらに精密磁気測量を実施し検討していく必要がある。



第12図 2007—2001年差分
Fig. 12 Variation magnetization intensity
2007-2001 (contour interval is 0.25 A/m).

5 おわりに

磁気異常から磁化強度を求めるインバージョン法は、仮定した山体モデルの形状、範囲、使用する観測データの精度等によって収束条件が変わる。

今回、三宅島の場合は計算磁気異常の範囲を島を中心に半径30 Kmとし、収束条件を観測値の標準偏差27 nTにとった。

磁化強度分布の変化を検出するためには、これらの基準となるモデルのパラメーターを精密に決定する必要がある。

それには、今後も航空磁気測量を繰り返し実施しモデルの精密化を図らなければならない。

参 考 文 献

Bhattacharyya, B. K. (1964), Magnetic anomalies due to prism-shaped bodies with arbitrary polarization, *Geophysics*, **29**, 517-531.
A. Bjorck and T. Elfving (1979), Accelerated projection methods for computing pseudo inverse solutions of systems of linear equations, *BIT*, **19**, 145-163.