

桜島火山における空中磁気探査と岩石磁気測定 High-resolution Aeromagnetic Survey and Rock Magnetic Measurements in Sakurajima Volcano.

大久保綾子 (産総研)・田中良和 (京大・理)・神田径 (京大・防災研)
 ・石原和弘 (京大・防災研)・味喜大介 (京大・防災研)・
 宇津木充 (京大・理)・高山鉄朗 (京大・防災研)・福嶋麻沙代 (京大・防災研)
Ayako OKUBO (AIST, GSJ), Yoshikazu TANAKA (Kyoto Univ), Wataru KANDA (DPRI, Kyoto Univ), Kazuhiro ISHIIHARA (DPRI, Kyoto Univ), Daisuke MIKI (DPRI, Kyoto Univ), Mitsuru UTSUGI (Kyoto Univ), Tetsuro TAKAYAMA (DPRI, Kyoto Univ) and Masayo FUKUSHIMA (DPRI, Kyoto Univ) .

1. はじめに

桜島火山において、火山活動と関連する熱構造・地質情報を明らかにするため、ヘリコプターを用いた空中磁気探査を2005年11月に行った。

調査は、Fig. 1で示されるように、桜島火山の概ね南北7km×東西7kmの範囲を対象として、南北の主測線(間隔250m)と東西の交差測線(間隔500m)上を対地高度平均約170m(南北測線)と約270m(東西測線)でバード方式により行った。このとき、Geometrics社G858セシウム磁力計のセンサー2つをバードの上下に配置し、0.1秒間隔で全磁力を測定した。なお、機体磁気の影響を避けるために第1センサーは機体から40m下に、また第2センサーを45m下に吊り下げた。また、バードの正確な位置は、地上とバード内に設置されたGPS(Leica SR520)を用いたディファレンシャル処理により求めた。磁力計の時刻は、フライト前後にGPS時計で管理された外部磁場信号によって校正している。

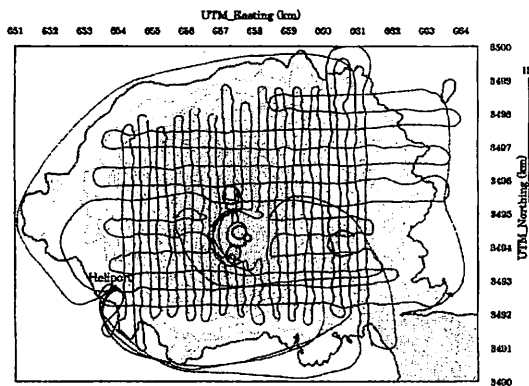


Fig.1. Topographic map of Sakurajima volcano. Contour intervals are 50 m. Dotted lines indicate track-line paths of the aeromagnetic survey carried out in this study. Thick lines indicate craters or rims of Kita-dake, Minami-dake, and Nabe-Yama.

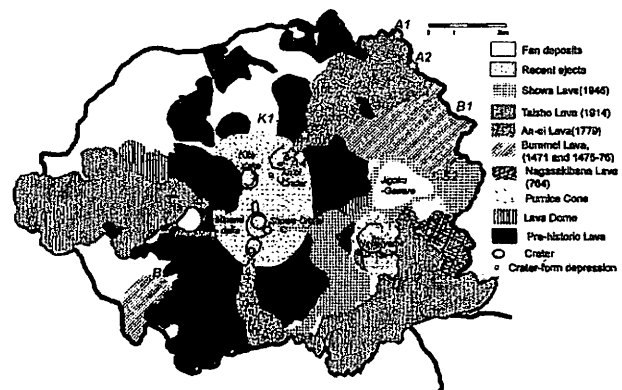


Fig.2. Simplified geological map of Sakurajima Volcano from Kobayashi (1988) and Fukuyama and Ono (1981). Symbols with labels (A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, T1, S1, S2, and K1) indicate volcanic units.

2. データ解析

両センサーのデータを用いて磁化強度マッピング解析を行った。まず、各観測点における日変化補正および IGRF2005 残差処理を行った。

次に、この IGRF 残差磁気異常から地形起伏が与える磁気異常の効果を差し引いた。この時、Grauch (1987)による相関法を用いて観測領域の平均磁化を計算したところ、3.6 A/mであった。観測面の下方に等価磁気異常を仮定する方法(牧野・他, 1993; Nakatsuka and Okuma, 2006)に基づいて、対地高度 600mの面上の IGRF 残差 (Fig. 2) および地形補正異常 (Fig. 3) を求めた。最後に、この Fig. 3 の地形補正異常を入力として、インバージョンにより磁化強度マッピングを行った。ここで仮定した磁気構造は、上面が地表面で下面が海面下 2,500m 一定の地形モデルである。Fig. 4 は、インバージョンにより得られた分布に、地形補正の際に影響を除いた平均磁化 3.6 A/m を加えた磁化強度分布図である。Fig. 1 のモデルから計算された磁気異常と、入力とした地形補正異常との残差の RMS は 4.3 nT であった。

また、特に磁化の強く得られた安永溶岩 (北) の火口周辺において、火山岩を採取し (K1, A3, and A4 in Fig. 2), 岩石の残留磁化および帯磁率を測定し、岩石の全磁化を計算した。これらの結果と味喜氏の未公開データ (S1, S2, T1, A1, A2, A5, B1 and B2 in Fig. 2) を併せて、磁化強度図で得られた磁化値と岩石の全磁化の相関図を Fig. 5 に示す。

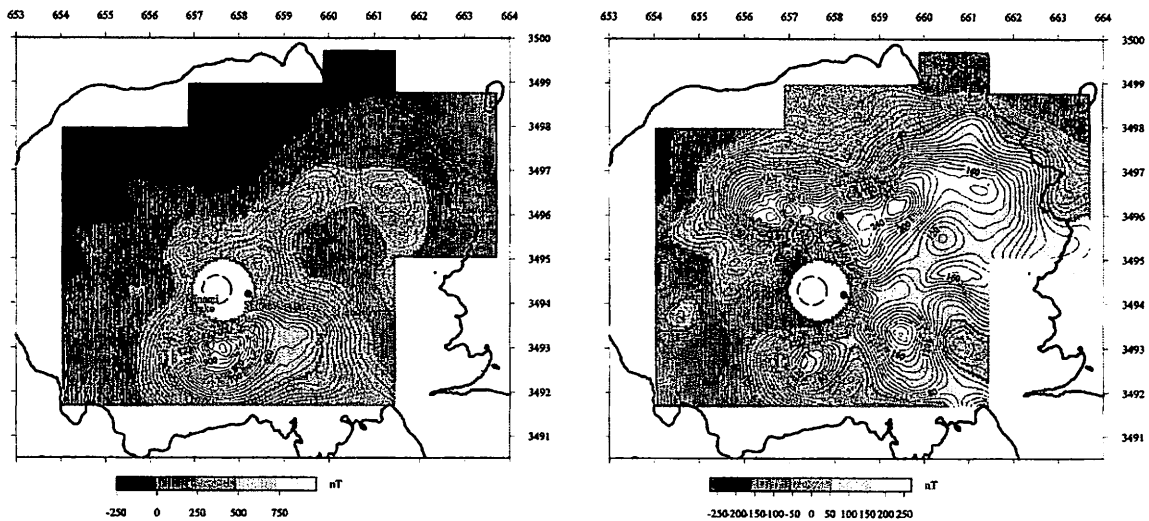


Fig.3. (a) Total magnetic intensity anomalies (IGRF residuals) of Sakurajima volcano, reduced onto a smoothed surface of 600 m above the terrain. Contour interval is 25 nT. Rims of Minami-dake, Kita-dake, and Nabe-yama as well as craters of Showa and An'ei north are illustrated by broken lines and circles. Those are also shown in Fig.3 (b), Fig.4, and Fig.5.(b) Terrain-corrected magnetic anomalies. The reduction surface is the same as that of Fig.3(a). Contour interval is 10 nT.

3. 磁化強度分布の特徴

磁化強度マッピングで得られた磁化値は、一般的に表層の地質や磁化層の厚さに対応が見られる場合が多い。例えば、火山岩の種類にもよるが、地熱変質を受けた地域では、岩石中の磁

性鉱物が失われることで、磁化が弱くなる。また扇状地地形では、溶岩と比較して相対的に弱磁化である土石流などが集積するため、低磁化域となる傾向がある。

桜島火山における磁化強度マッピングの結果、概して、桜島の東部地域では磁化強度が高いのに対し、西部地域は相対的に低い値を示すことが明らかとなった。

顕著な高磁化強度域 (> 5.0 A/m) は、安永溶岩 (北) の火口周辺と北岳山頂の東側に分布する。これは、安永溶岩および有史以前の北岳溶岩に対応し、岩石磁気の全磁化も強い結果を示す。そのさらに東側では、強磁化域 (約 4.5 A/m) が広がっており、主に文明溶岩に対応する。この文明溶岩に関しては、桜島の東側と西側でかなり異なる値を示すが、岩石磁気の全磁化の結果から説明できる。鍋山の北側と南側の領域にも 4.0-5.5 A/m の高磁化域が見られ、その地表に分布する、昭和溶岩や大正溶岩の地質との対応が見られる。一方、鍋山の北側の一部では、相対的に磁化の弱い領域が広がっており、地獄河原と呼ばれる扇状地と対応している。また南岳山頂の南側で強磁化域 (> 4.0 A/m) が存在する。これは、安永溶岩 (南) の火口周辺の強く磁化した溶岩によって引き起こされていると考えられる。

最も顕著な低磁化域 (0.5-2.0 A/m) として、南岳の活動火口の北側および昭和火口周辺に分布し、地下浅部の高温部や活発な熱水活動が存在していることが示唆される。また北岳の北西に、約 2.5 A/m の低磁化域が分布し、地表の扇状地形との対応が見られる。

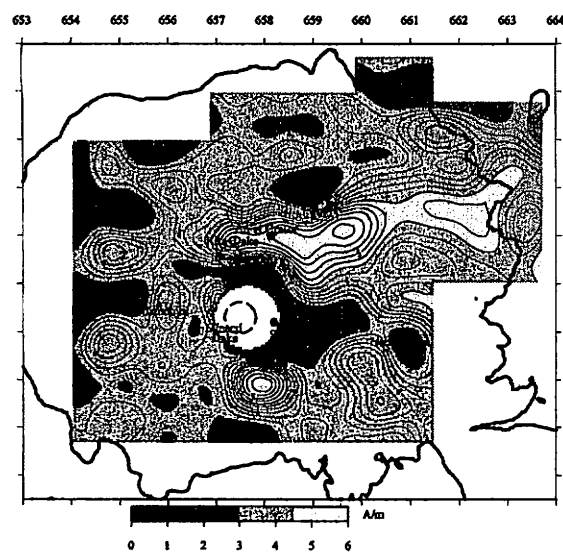


Fig.4. Apparent magnetization intensity map of Sakurajima volcano inferred from terrain-corrected anomalies (Fig. 3b). The average magnetization of 3.6 A/m statistically calculated at the terrain correction was added to the result. Contour interval is 0.5 A/m.

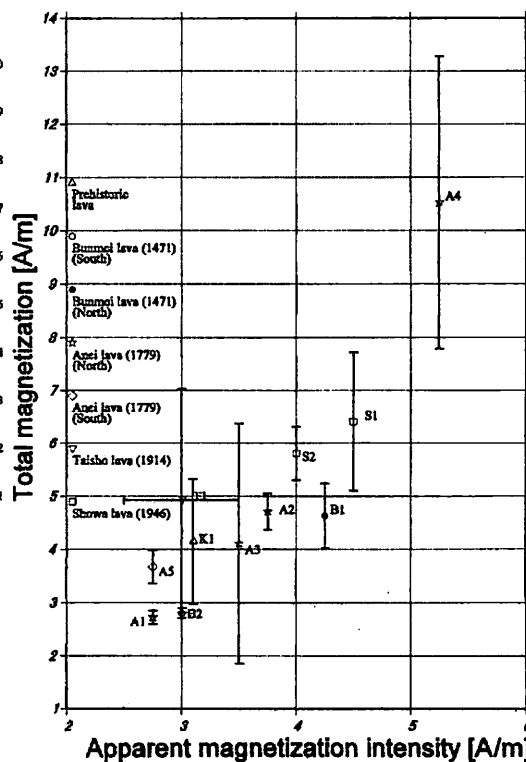


Fig.5. Correlation diagram between total magnetizations of rock samples and apparent magnetization intensities inferred from the aeromagnetic data (Fig. 4).

謝辞

観測を行うにあたり、鹿児島市には鹿児島市野尻町の野尻ヘリポートの使用を許可していただき、京都大学防災研究所火山活動研究センターのスタッフには、様々なご協力を頂きました。中塚正博士（産総研）には、IGRF 計算コードを使用させていただきました。これらの方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- Fukuyama, H. and K. Ono, Geological map of Sakurajima Volcano, 1:25.000. *Geol. Surv. Japan*, 1981.
- Grauch, V. J. S., A new variable-magnetization terrain correction method for aeromagnetic data, *Geophysics.*, **52**, 94-107,1987.
- Kobayashi, T., Geological Map of Sakurajima Volcano. A Guide Book for Sakurajima Volcano, 1988.
- 牧野雅彦・中塚 正・森尻理恵・大久保泰邦・本蔵義守・大熊茂雄, 相異なる高さにおいて観測された磁力値から磁気異常の三次元分布を求めること. *物理探査学会第 88 回学術講演会講演論文集*, 502-507, 1993.
- Nakatsuka, T., and S. Okuma, Reduction of geomagnetic anomaly observations from helicopter surveys at varying elevations. *Explor. Geophys. (Butsuri-Tansa)*, **37**, 121-128, 2006.