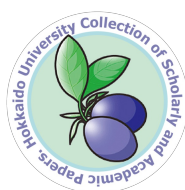




Title	有珠山西山火口群での全磁力測量
Author(s)	小池, 哲司; 長谷川, 浩; 藤井, 郁子 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 72, 117-124
Issue Date	2009-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.72.117
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38148
Type	departmental bulletin paper
File Information	08_Koike.pdf



有珠山西山火口群での全磁力測量

小池 哲司*・長谷川 浩*

気象庁地磁気観測所

藤井 郁子

気象庁地磁気観測所

橋本 武志

北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

(2009 年 1 月 6 日受理)

Magnetic survey at the 2000 eruption area of Usu volcano

Tetsuji KOIKE*, Hiroshi HASEGAWA*

Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency

Ikuko FUJII

Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency

and

Takeshi HASHIMOTO

Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received January 6, 2009)

We conducted a total field magnetic survey in the 2000 eruption area of Mt Usu. A distinct negative magnetic anomaly was found in the geothermal field in the NW part of the survey area. Meanwhile, no clear magnetic anomaly was found around N-B crater, where active fumaroles were seen. Regarding the negative anomaly in the geothermal field, we performed a 3-D inversion of demagnetized prism model. As a result it has been suggested that the magnetic anomaly is due to the demagnetization at a small depth less than 70 m from the ground surface.

* 現所属：気象庁地震火山課

* Present affiliation: Seismological and Volcanological Department, Japan Meteorological Agency

I. はじめに

2000 年 3 月 31 日に始まった西山山麓および金比羅山周囲の有珠山 2000 年噴火は 2000 年末に噴火活動は収まったが、N-B 火口や地熱地帯などの西山火口群周囲では今なお噴火活動が継続している。2000 年噴火後この地域では、大熊・他 (2002a) による空中磁気探査や、大熊・他 (2002b, 2005)、高倉・他 (2004) による地熱地帯での数本の測線による地上磁気探査が行われているが、地上からの西山火口群周辺での広範囲の磁気探査はまだ実施されていない。

そこで 2006 年度有珠山集中総合観測の一環として、2000 年噴火後もまだ地熱活動が続いている N-B 火口やその北西にある地熱地帯西山火口群周辺の全磁力測量を実施した。

II. 観 測

全磁力測量には、Geometrix 社の携帯型プロトン磁力計 G-856AX を使用した。G-856AX は分解能 0.1 nT で磁場傾度 5000 nT/m 以下で測定可能である。その G-856AX の磁場検出部をアルミニウム製の円柱ポールの先に取り付け固定した。G-856 磁場検出器の地表からの高さは 2.45 m である。円柱には気泡管式水平器を取り付け、測定の際に円柱ポールの鉛直度を確認した (Fig. 1)。観測は 2006 年 7 月 5 日から 6 日の 2 日間で行った。西山火口群には既に見学用の遊歩道が設置され、磁気擾乱源となる鉄製の手すりや枕木の留金が敷設されている。また噴火前に既にあった家屋や砂防などの構造物が地下に埋まっている箇所もある。そのために周囲に磁気擾乱が無い場所を選び、104 の測点で全磁力測量を行った。全磁力測量測点配置図を Fig. 2 に示す。地熱地帯で噴気が盛んな場所などでは磁場傾度が大きく信号不良で計測できない箇所があったが、その他の場所では概ね良好に観測できた。

III. 観測結果

地磁気には主として電離層や磁気圏を起源とする変化があり、同じ観測点でも時間が異なれば全磁力値も異なってくる。全磁力測量期間中に全磁力測量の領域の近くで火山性の影響が無いと思われる地点で全磁力連続観測を行い、その値を参照値として全磁力測量観測値から差をとると電離層や磁気圏を起源とする変化がうち消されて、測量点での全磁力磁気異常値を求めることができる。全磁力参照点として西山火口群の北西約 1.5 km の地点に GEM 社のオーバーハウザー磁力計 GSM-19 を設置し、その 5 秒サンプリングデータを元に各観測点での磁気異常値を求めた。

北西側地熱地帯の磁気異常の様子を見やすいように、No.3 観測点の磁気異常値が 0 になるようにオフセットをかけた磁気異常分布図を Fig. 3 に示す。この磁気異常分布のコンターは GMT (Wessel & Smith, 1991) の surface コマンドを利用して等グリッド間隔データを推定して図示した。



Fig. 1. Measurement of total magnetic field with a proton magnetometer in the western geothermal area.

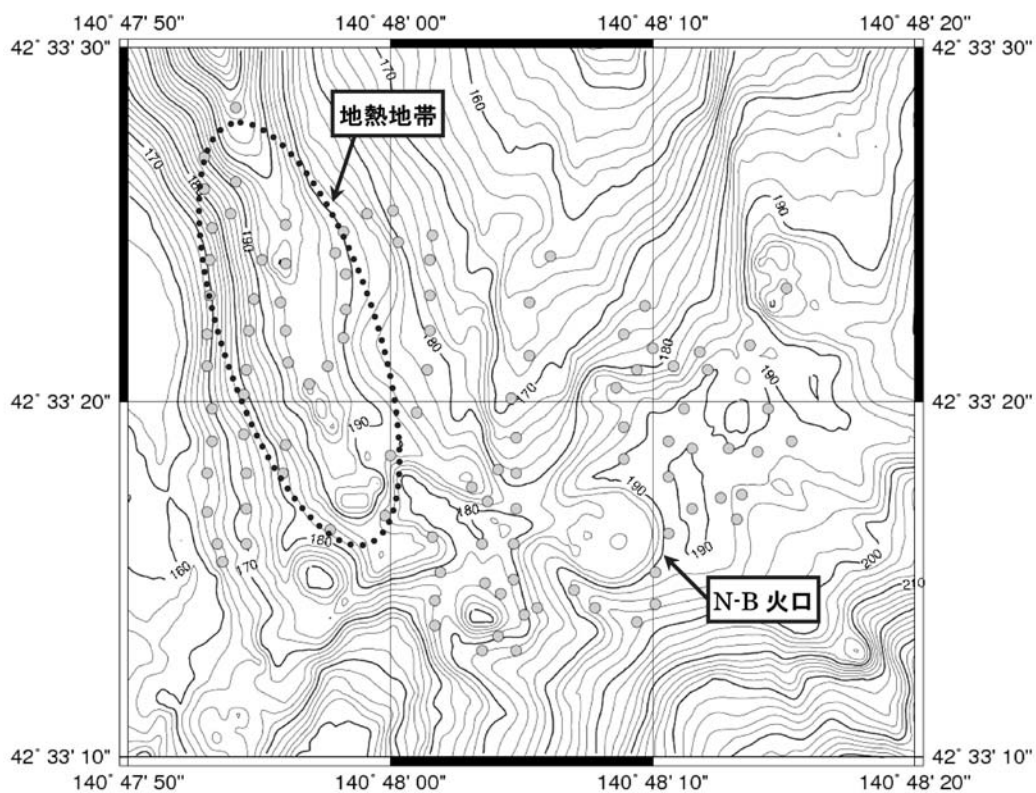


Fig. 2. Measurement points of TMF in the West Nishiyama crater area. Interval of topography contour is 2 m.

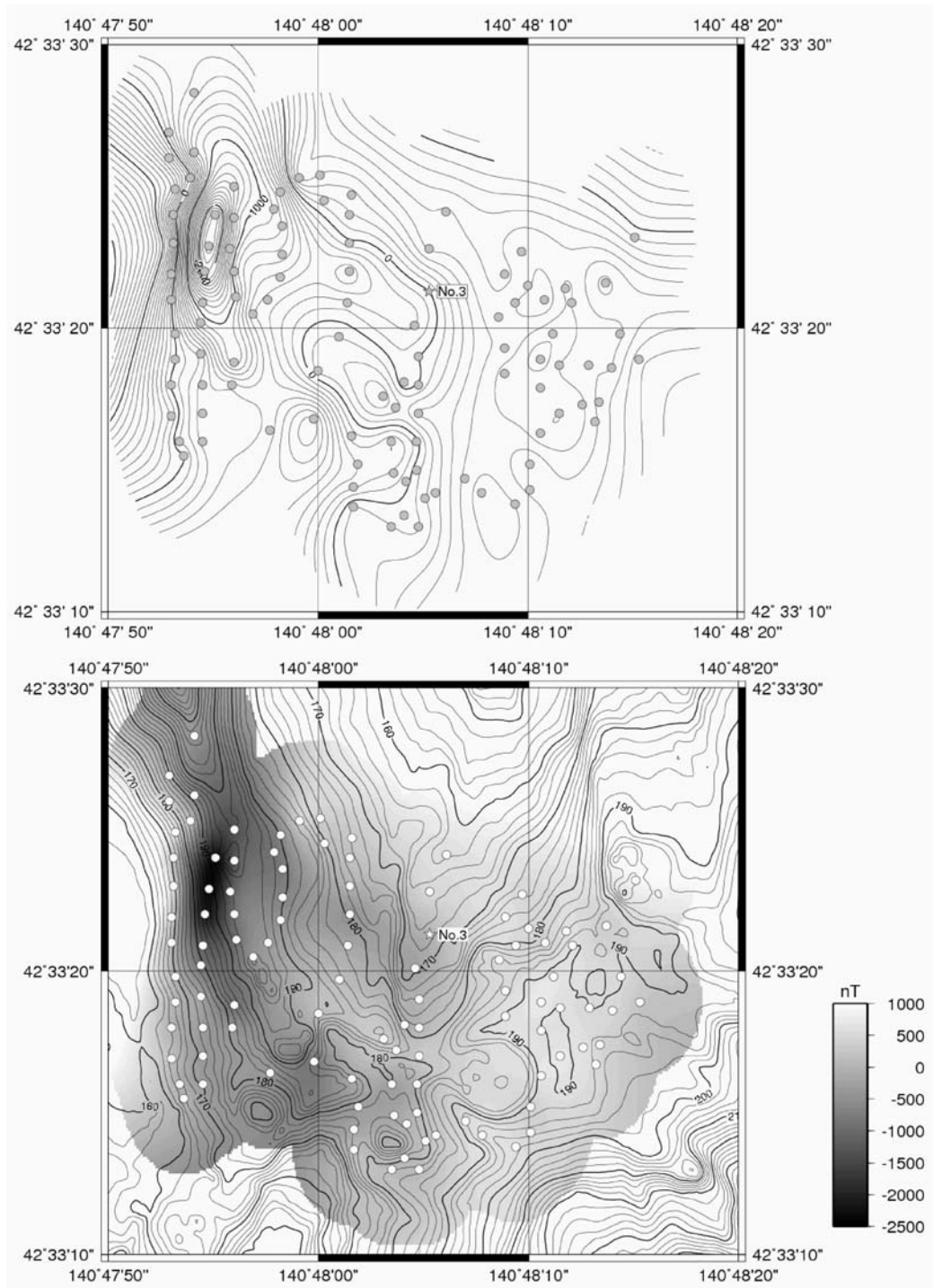


Fig. 3. Magnetic anomaly in West Nishiyama crater area. Upper panel shows the magnetic contour with an interval of 100 nT. Lower panel displays the magnetic field by gray scale which is overlaid on the topography map.

磁気異常分布図から、地熱地帯西側に約 2000 nT の局所的な負の磁気異常があることがわかる。また、地熱地帯の東側にかけて、地形と相関の無い負の磁気異常が広がっている。N-B 火口の西側には、地形と何らかの相関のある正および負の磁気異常が存在する。なお、観測を実施した当時もなお噴気活動が活発であった N-B 火口周囲には、特段の磁気異常は見られないことが判った。

この地熱地帯での局所的な負の磁気異常は、大熊・他 (2002b, 2005)、高倉・他 (2004) によっても報告されている。今回の観測によって、この負の磁気異常は東側に向かって緩やかに広がっていることが判った。地熱地帯には、噴気が強い場所でも進入は出来たが、北側では G-856AX の測定可能範囲の磁場傾度 (5,000 nT/m) を超えるため測定できず、観測点数が少ない。

地磁気の異常を引き起こす原因として、岩石がキュリー点温度を超えると磁化を失うことが考えられる。北海道大学による全磁力繰り返し観測の報告 (Hashimoto et al., 2008) では、地熱地帯および N-B 火口西側を推定帯磁源とする全磁力変化が報告されており、これは今回の観測の地熱地帯西側および N-B 火口西側の負の磁気異常に相当するものだと考えられる。また、今回我々が観測した負の磁気異常は地下の熱によるもので、その熱活動が低下しているために繰り返し観測では冷却帯磁の傾向を示していると推定される。活発な噴気活動を示している N-B 火口付近で磁気異常が見られない理由は不明である。

また、高倉・他 (2004) の報告によれば、地熱地帯での比抵抗観測の結果から、地下での蒸気だまりおよびその下部での熱水の存在が示唆されている。蒸気だまりの温度がキュリー点温度を超えると岩石は磁化を失うが、キュリー点は約 500 度の高温であり蒸気だまりでその温度以上の高温を再現するにはかなりの圧力が必要である。また、熱だけではなく熱水の浸入や蒸気による岩石の間隙の増大により、岩石の単位体積あたりの磁化が減少した影響も考えられる。

IV. 解 析

全磁力測量で得られた、西山火口群北西の地熱地帯にある顕著な局所的磁気異常を説明するため、地熱地帯の地下の異常磁化構造の 3 次元インバージョンモデリングを行った。地熱地帯の地下を層状に並んだ直方体のブロックに分割し、各ブロックの磁化は地球磁場の方向と同じで同様とする。各ブロックが任意の点に作る磁場は中塚 (1998) の方法によって計算した。地表の観測データから GMT の surface コマンドで作成した磁気異常分布を再現するように、初期値からイタレーションにより最小二乗解を探索していく Levenberg - Marquardt の方法を適用した。

解析範囲は、北緯 42°33'19"~42°33'27"、東経 140°47'53"~140°47'57"、メートル換算では南北 240 m、東西 90 m の南北に長い領域とした。各ブロックの南北・東西方向の幅は 0.5" であり、深さ方向には地下 10~25 m、25~40 m、40~55 m、55~70 m、70~100 m の 5 層からなる。ただし、各ブロックの水平面の中心位置の標高からの距離を深さとした。地表での標高は、国土地理院の 10 m 数値地図から計算した。

空中磁気探査での 3 次元インバージョン解析では、各ブロックに正の磁化のみを与えて解析

することが多い。しかし、今回の地上磁気探査の場合ではモデルブロックと観測した場所での距離が非常に近いために、解析領域の端で地下に敷き詰めたブロックの形状の影響を受けやすい。そのために各ブロックが負の磁化のみを取るという消磁モデルにより解析を行うことにした。消磁していないブロックは磁化を持っているために、地表の形状により地表での磁気異常値が異なってくる懸念されるが、磁気異常が無い N-B 火口周囲の状況から鑑みてその量は高々 ± 100 nT 程度であり、今回の解析では影響が小さいと判断した。

3 次元インバージョンモデルによる磁気異常分布の再現図を Fig. 4 に示す。ブロックの大きさや地表標高の差により隣り合うブロックで標高が異なるなどの影響はあるが、概ね観測された磁気異常分布がよく再現されている。

Fig.5 に 3 次元インバージョン解析で得られた各層での消磁分布構造を示す。地下 70~100 m の層では消磁化域はほとんど無いので、中央の局所的な負の磁気異常を生成している消磁は高々地下 70 m までの浅い領域で起きていることが推定される。もし消磁源がもう少し深いのであれば、もう少し磁気異常が長波長になることが 3 次元フォワード解析の傾向からわかっている。観測値を見てみると地熱地帯の一番西側の端にある観測点はほぼ同じ磁気異常値を示しており、このことから消磁源はそれほど深くないことが支持される。

モデル計算によれば地下 40 m 以深の南東隅で強い消磁域が推定されているが、この影響を強

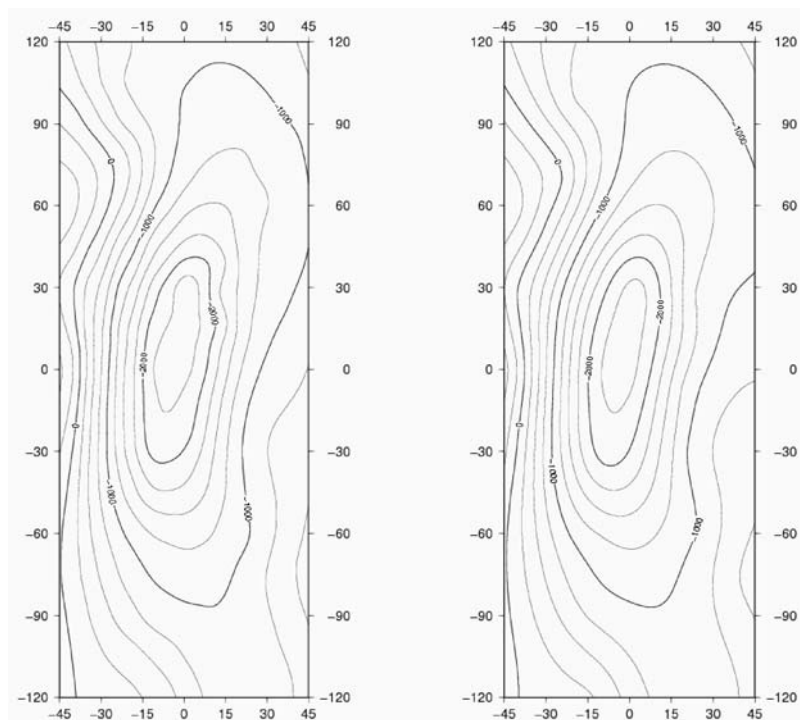


Fig. 4. Observed (right) and modeled (left) total field magnetic anomalies. Contour interval is 250 nT. Axis units are in meters.

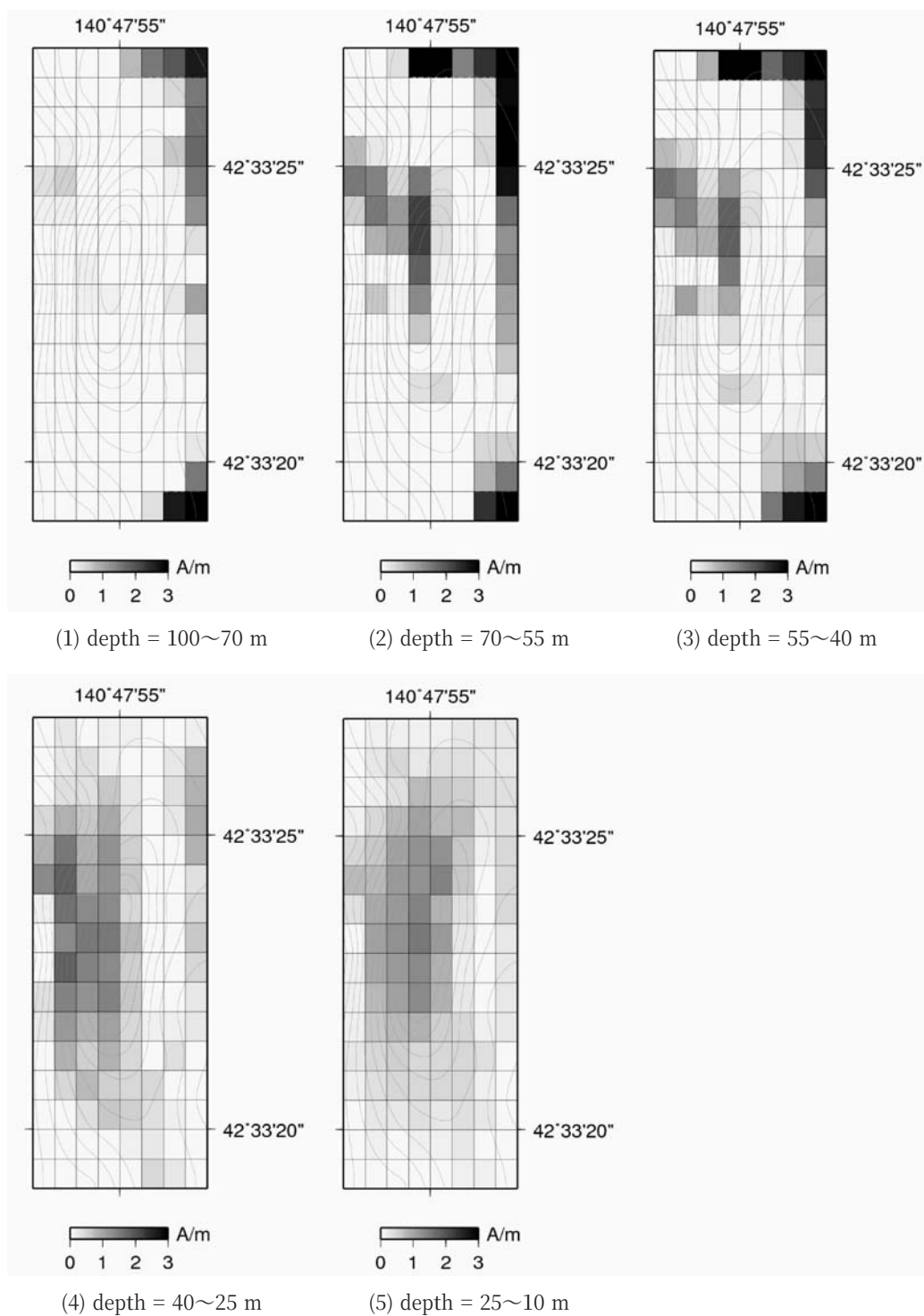


Fig. 5. Distribution of demagnetized blocks obtained from the 3-D inversion. Size of each block is 0.5" by 0.5".

く受ける観測点は 1 点のみであり、さほど強い拘束ではない。また、北東側の端のブロックに強い消磁域が出ているが、この領域は観測値がほとんど無いところであり、磁化モデルに対する拘束力はあまりない。

約 2000 nT もの負の磁気異常が熱消磁だけで作られているとすれば、その北側に正の磁気異常の領域があるはずであるが、この地熱地帯北側では、第三紀に地磁気の向きが逆転していた時に形成された層の存在が報告されており、そのために正の磁気異常が見られないことが考えられる。しかし、観測された負の磁気異常が地下の熱的な影響なのか、逆帯磁層の影響なのかを判別することは非常に困難である。また、地下の熱的な影響と逆帯磁層の影響が重なりあって、局所的な負の磁気異常を形成している可能性もある。

V. ま と め

携帯型プロトン磁力計を用い、有珠山西山火口群周辺で地表での全磁力測量を行った。観測結果からは北西部にある地熱地帯で局所的な負の磁気異常が見られたが、噴気が今なお活発な N-B 火口周囲では特に磁気異常は見られなかった。また地熱地帯の負の磁気異常について、角柱磁化ブロックの消磁モデルによる 3 次元インバージョン解析を行った。観測された磁気異常は、地下 70 m までの極く浅い領域の消磁によるものであることが示唆された。

謝辞 国土地理院地理調査部防災地理課安食靖様から、有珠山の 10 m メッシュ標高数値地図(ベータ版)を提供して頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- Hashimoto, T., T. Hurst, A. Suzuki, T. Mogi, Y. Yamaya and M. Tamura, 2008. The role of Thermal Viscous Remanent Magnetisation (TVRM) in magnetic changes associated with volcanic eruptions: insights from the 2000 eruption of Mt Usu, Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **176**, 610-616.
- 中塚 正, 1998. 磁気探査, 物理探査ハンドブック, 物理探査学会, 475-518.
- 大熊茂雄・中塚 正・高倉伸一・森尻理恵, 2002a. 有珠火山地域における空中電磁・磁気探査—有珠 2000 年噴火に関連して—, 火山, **47**, 533-546.
- 大熊茂雄・石塚吉浩・中塚 正, 2002b. 有珠火山西山火口地域で観測された局所的な低磁気異常. 物理探査学会第 106 回学術講演会講演論文集, 物理探査学会, 148-150.
- 大熊茂雄・中塚 正・駒沢正夫・佐藤秀幸・高倉伸一・松島喜雄・石塚吉浩・小川康雄・茂木透, 2005. 有珠火山地域における地球物理総合図の編集について, 物理探査学会第 112 回学術講演会講演論文集, 物理探査学会, 331-334.
- 高倉伸一・松島喜雄・佐波瑞恵, 2004. 比抵抗・地温・磁気測定から見た有珠火山火口付近の地熱活動, Conductivity Anomaly 研究会 2004 年論文集, 18-24.
- Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1991. Free software helps map and display data, *EOS Trans. AGU*, **72**, 441.