

## 伊豆大島における2007~2010年の地磁気全磁力観測

三島稔明<sup>1</sup>, 田口陽介<sup>1</sup>, 増子徳道<sup>1</sup>, 芥川真由美<sup>1</sup>, 山崎 明<sup>1</sup>, 熊坂信之<sup>2</sup>

<sup>1</sup>地磁気観測所技術課, <sup>2</sup>地磁気観測所観測課

2010年11月11日受付, 2010年12月14日改訂, 2010年12月21日受理

### 要 旨

地磁気観測所では伊豆大島三原山の火山活動を監視するために2007年に火口北側に三原北観測点を設置し, 全磁力連続観測を開始した. また, 2008年以降は火口を取り囲む13観測点において全磁力繰り返し観測を行っている. 本稿では, 現在 (2010年11月) までに得られた観測成果を紹介する.

(1) 全磁力連続観測データには振幅約20nTの年周変化がみられる. この変化は観測点付近の地中温度と同位相であり, 地表付近の温度変化に伴う岩石の磁化強度変化による影響と考えられる. 地中温度を用いて全磁力変化を補正することにより, 火山活動を反映すると思われる全磁力の経年変化を分離することができた. 現在は補正方法の改善を目指して, 地中温度変化そのものについて検討を行っている.

(2) 全磁力繰り返し観測は, 現時点ではデータの蓄積を行っている段階である. 観測地点ごとに系統的な変化は認められるものの, 本稿ではデータの紹介にとどめる.

### 1. 背景

伊豆大島は主に玄武岩で構成される成層火山である. 火山活動は活発で20世紀以降では1912, 1950, 1986年に中規模噴火が起こっており, 中規模噴火の間には小規模噴火もしばしば発生している (気象庁, 2005). 一般に玄武岩質の火山は安山岩質の火山に比べて岩石磁化強度が一桁大きく, 伊豆大島の玄武岩は常温で10A/m程度の磁化を有することが航空磁気測量 (Kodama and Uyeda, 1979; Ueda, 2007) や溶岩試料の古地磁気測定 (Tanaka *et al.*, 1995; Mochizuki *et al.*, 2004) によって知られている. このため, 火山体内の熱的・力学的な変化に対応する磁場変化が検出しやすい.

1986年の噴火に際しては, 噴火前に全磁力 (Yukutake *et al.*, 1990a) や比抵抗 (Yukutake *et al.*, 1990b) などに前兆的な変化が現れ, 電磁気観測が伊豆大島の噴火を予知する上で非常に有効な観測であることが認識されるようになった. 特に全磁力観測では三原山の火口から約500m離れた南斜面に設置された全磁力観測点において, 1981年頃から全磁力が一年あたり約5nTの割合で減少しはじめ, 噴

火の6ヶ月前からは減少傾向が加速するという変化が観測された. この全磁力変化は三原山火口下でのマグマの貫入に伴う熱消磁であると解釈されており (Sasai *et al.*, 1990), 全磁力観測が火口下のマグマの動向を察知する上で極めて有効であることが示された. なお, 1986年の噴火前の電磁気現象については歌田 (2009) によるレビューが詳しい.

これまで, 伊豆大島での地磁気全磁力観測は東京大学地震研究所によって行われていた. 東京大学地震研究所の観測点は伊豆大島全域を覆うように配置されており, 火口から1km以内の観測点としては火口より南側に5地点が集中する一方, 北側は観測の空白域であった. このため, 火口付近で火山活動に伴う消磁・帯磁が生じた場合に消磁・帯磁域の位置決定に十分な精度が得られないことが火山噴火予知連絡会やその伊豆部会勉強会「伊豆大島の火山活動に関する勉強会」で議論されてきた. そこで, 気象庁地磁気観測所では火口北側に新たに全磁力連続観測点を設置し, 2007年3月29日から観測を開始した. さらに, 火口付近の地磁気全磁力観測点を増やすために, 2008年3月に火口東側の2点に地磁気全

磁力繰り返し観測点を設置した。また気象庁地震火山部火山課火山監視・情報センターにより2003年1月から2005年6月まで行われていた繰り返し観測点を再利用し、現在では火口を取り囲む約1 kmの範囲に13観測点を配置して全磁力観測を行っている。

本稿では、地磁気観測所で行っている地磁気全磁力観測の概要と、観測開始から執筆時点(2010年11月)までの成果について紹介する。

## 2. 観測点配置と観測システム

### 2.1 観測点配置

図1に伊豆大島の全磁力観測点の配置を示す。火口北側にMIK(三原北)観測点を設け、全磁力連続観測のためにMIK1・MIK2の2つのプロトン磁力計センサーを設置している。火口東側のMIE1(三原東1)・MIE2(三原東2)は地磁気観測所が設置した繰り返し観測点、1~13(5・12を欠く)は気象庁火山監視・情報センターが設置した繰り返し観測点である。また大島北西のOSM(大島)とNOM(野増)は参照点として利用している東京大学地震研究所の連続観測点である。表1に地磁気観測所で観測を行っている各点の緯度・経度・標高を示す。

図2にMIK観測点での機器配置の模式図とセンサー付近の写真を示す。MIK観測点は火口を一周する「お鉢めぐり」遊歩道と大島温泉方面への遊歩道との分岐点の北西側に設置した。一帯は玄武岩質で大きさ数~数十cmの、多孔質の溶岩やスコリアが広がっており、部分的に植生に覆われている。

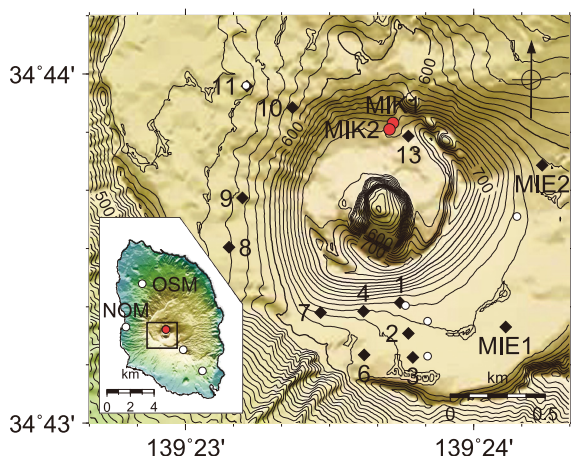


図1 地磁気全磁力観測点の配置。赤丸印は全磁力連続観測点、黒菱印は全磁力繰り返し観測点、白丸印は東京大学地震研究所による全磁力連続観測点を示す。なお、この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『数値地図10mメッシュ(火山標高)』を使用したものである(承認番号平20業使、第385号)。

### 2.2 連続観測

連続観測点は、表2(a)の機器が図3のように構成されている。

全磁力測定は、データ伝送収録装置(以下、伝送装置)からのトリガ信号を受けたプロトン磁力計によって行われる。使用している伝送装置は、1センサー型磁力計1台、3センサー型磁力計1台を同時に接続して最大4センサーで測定できるタイプであるが、本システムでは、1センサー型磁力計は使用せず、3センサー型磁力計(PMP-608E、国際電子工業株式会社製)1台に2センサーを接続する方法で観測を行っている。2つのセンサーはそれぞれMIK1、MIK2という名称で、図2に示す様に近接する2観測点を構成している。測定間隔は1分から60分まで1分単位で指定できる。現状では消費電力を考慮して通常時は5分に設定しており、毎5分に2つのセンサーで測定を行い、後の4分間は停止、というサイクルを繰り返す。

データ収録は、伝送装置によって行われる。磁力計から送られてきた計測値は、伝送装置内蔵のバッテリーバックアップされたSRAMカードに、伝送装置上の時刻・温度・電圧の情報とともに記録される。SRAMカードの容量には、1分計測の場合約22日間分、5分計測の場合約113日分のデータを記録することができる。

データ伝送は、伝送装置と衛星携帯電話を使用して行われる。モデムを通じて一般電話回線に接続されたデータ受信用のPCから専用プログラムを起動し、衛星携帯電話回線を通じて伝送装置に接続することで、SRAM内に記録されたデータを回収するこ

表1 全磁力観測点の緯度・経度・標高。

| 観測点     | 緯度            | 経度             | 標高(m) |
|---------|---------------|----------------|-------|
| 連続観測点   |               |                |       |
| MIK1    | 34° 43' 51.6" | 139° 23' 43.2" | 679   |
| MIK2    | 34° 43' 50.5" | 139° 23' 42.5" | 684   |
| 繰り返し観測点 |               |                |       |
| MIE1    | 34° 43' 16.5" | 139° 24' 06.7" | 629   |
| MIE2    | 34° 43' 44.3" | 139° 24' 14.3" | 617   |
| 1       | 34° 43' 20.7" | 139° 23' 44.7" | 645   |
| 2       | 34° 43' 15.4" | 139° 23' 46.4" | 629   |
| 3       | 34° 43' 11.3" | 139° 23' 47.3" | 626   |
| 4       | 34° 43' 19.2" | 139° 23' 37.1" | 631   |
| 6       | 34° 43' 11.7" | 139° 23' 37.2" | 618   |
| 7       | 34° 43' 19.0" | 139° 23' 28.1" | 623   |
| 8       | 34° 43' 30.2" | 139° 23' 09.1" | 561   |
| 9       | 34° 43' 38.7" | 139° 23' 11.9" | 566   |
| 10      | 34° 43' 54.2" | 139° 23' 22.3" | 584   |
| 11      | 34° 43' 57.9" | 139° 23' 12.8" | 547   |
| 13      | 34° 43' 49.3" | 139° 23' 46.4" | 681   |

とができる。

電源供給は、太陽電池電源装置から伝送装置を通して、プロトン磁力計および衛星携帯電話へと行われる。また、衛星携帯電話を通して、モデムおよびハンドセットへの電源供給が行われる。伝送装置およびプロトン磁力計は常時電源オンであり、衛星携帯電話（モデムおよびハンドセットを含む）は、1日3回定時に電源が入るように設定してある。

連続点の検出器付近には温度計を設置し、地中の温度を測定している。MIK1の検出器から約2～3mの位置に2器、MIK2の検出器から約2～3mの位置に3器の温度計を設置している。使用している温度計は、おんどとり Jr（小型防水温度データロガー TR-52および同ワイヤレスタイプ RTR-52、株式会社ティアンドデイ製）で、センサーを地表面下50cm～90cmに埋設し、30分間隔で地中温度を収録している。収録された温度データは、現地でデータ収集装置（データコレクタ RTR-57U）を使用し、光通信または無線通信により回収する。

## 2. 3 繰り返し観測

繰り返し観測は、表2（b）の機器を使用している。

各繰り返し観測点には、赤色キャップのプラスチック杭を打ってある。非磁性ポール、三脚および水泡レベル計を使用し、水平面と垂直に杭上2.0mおよび1.4mの位置に検出器の中心が来るように固定する。10秒間隔の自動計測モードで、高さ2.0mの位置で5分間、1.4mで3分間の計測を行う。高さ2.0mでの観測値を処理に用い、高さ1.4mでの観測値は磁場傾度など計測環境の確認にのみ使用する。使用するプロトン磁力計はPM-215（有限会社テラテクニカ製）である。

## 2. 4 データ処理

MIK連続観測点での観測値から、以下の手順で地磁気日変化のような外部要因の広域的・短周期の地磁気変動の影響を取り除き、全磁力差日平均値を計算している。以下の処理は2つのセンサーの全磁力

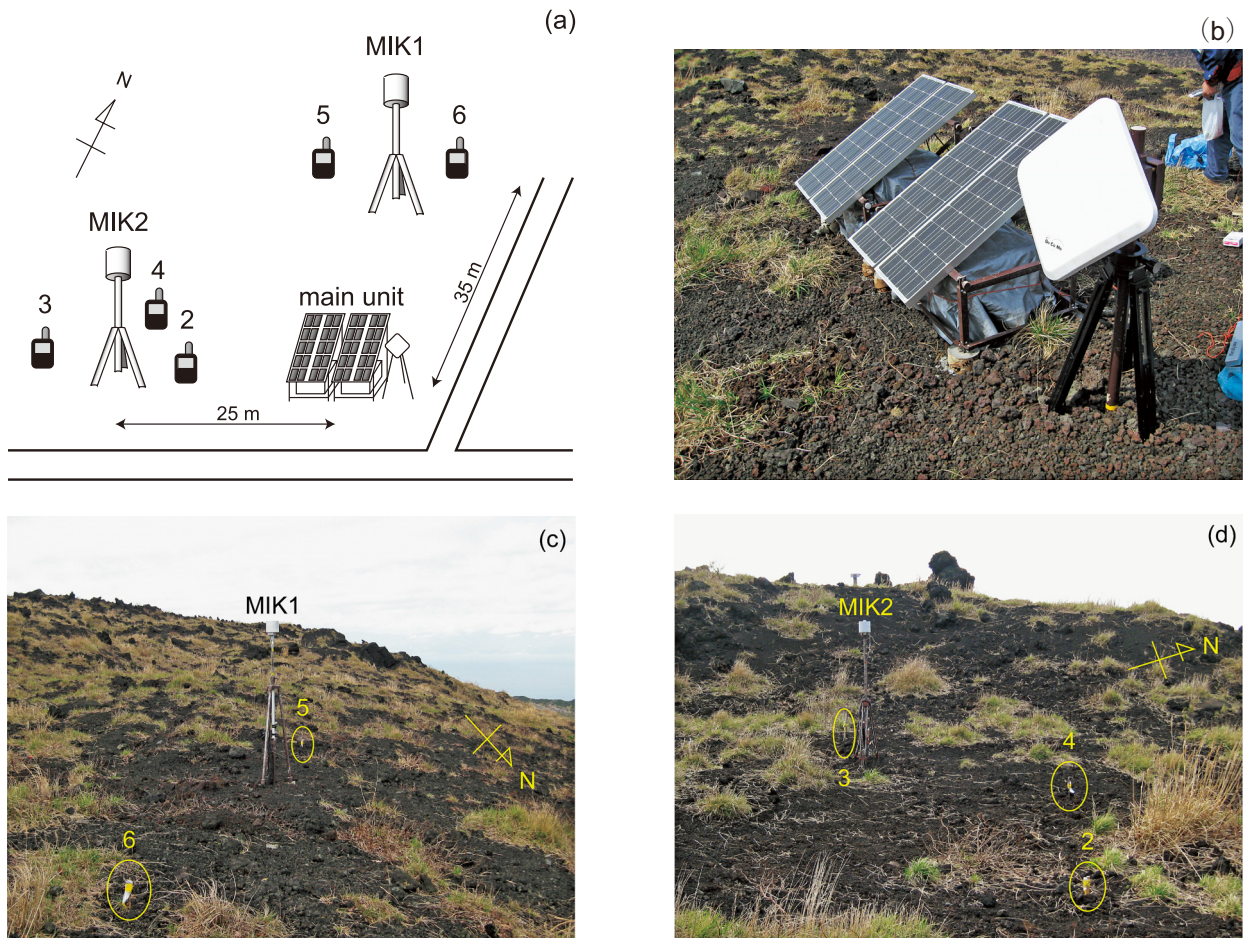


図2 (a) 三原北連続観測点における測器配置の模式図。MIK1・MIK2は各プロトン磁力計センサー，2～6の番号は地中温度計を示す。プロトン磁力計本体・ソーラーパネル・伝送システムはmain unit部分に設置している。(b) 磁力計本体，ソーラーパネル，伝送システムの写真。南東側から撮影。(c) MIK1センサー付近の写真。5・6は地中温度計。北東側から撮影。(d) MIK2センサー付近の写真。2・3・4は地中温度計。東側から撮影。

観測値についてそれぞれ独立に行う。

5分間隔で観測した生データには、例えば前時刻の観測値から大きくギャップした値が1～数回観測されたあと、再びそれまでの観測値に近い値に戻るなど、異常値と思われる値が含まれる。このような異常値は5nTのギャップを目安に判別し、欠測扱いとする。

次に、火山活動に起因する全磁力変動を取り出すため、島内で火山活動の影響が少ない基準点を選択し、観測点と基準点との全磁力差を求める。現在のところ、東京大学地震研究所によって八ヶ岳観測所との全磁力差の変動が小さいことが確認されているOSM観測点を基準点として利用している。OSMの観測間隔は1分なので、MIKの観測と同時刻となる5分ごとの値を抜き出し、全磁力差を求める。

このように求めた全磁力差を、0時～23時55分(日本時間)の値を1日ごとに平均することにより、

表2 (a) 全磁力連続観測点の構成機器。

|  |
|--|
| ○磁力計                                   |
| 3センサー型プロトン磁力計一式 (PMP-608E, 国際電子工業株式会社) |
| ・3センサー型プロトン磁力計本体                       |
| ・検出器 (2個)                              |
| ・検出器支柱 (2本)                            |
| ・延長センサーケーブル (2本)                       |
| 磁力計収納ケース                               |
| ○テレメータ装置                               |
| データ伝送収録装置 (DTM-1A/P, 有限会社テラテクニカ)       |
| 衛星携帯電話一式                               |
| ・NES型衛星可搬型陸上無線機 (NES11TLIF)            |
| ・充電器 (NES11DQ 1)                       |
| ・衛星携帯電話ハンドセット                          |
| ・衛星携帯電話外部アンテナ                          |
| モデム (NCU-200S)                         |
| 伝送装置収納ケース (PELICAN 1550)               |
| ○太陽電池電源装置                              |
| ソーラーパネル (4枚)                           |
| 電源用バッテリー (GS YUASA NP24-12B 4個, 2直2並列) |
| レギュレータ (2個)                            |
| バッテリー収納ケース                             |

表2 (b) 全磁力繰り返し観測に使用する観測機器。

|                                   |
|-----------------------------------|
| ○磁力計                              |
| 携帯型プロトン磁力計一式 (PM-215, 有限会社テラテクニカ) |
| ・プロトン磁力計本体                        |
| ・検出器 (1個) センサーケーブル 15m付           |
| ○バッテリー                            |
| 12V シールバッテリー                      |
| ○検出器支持器                           |
| 非磁性ポール (可変長型)                     |
| 非磁性三脚                             |
| 水泡レベル計                            |

日変化の影響を取り除く。

繰り返し観測の観測値の処理では、まず1分ごとの全磁力値を前後5回(40秒・50秒・00秒・10秒・20秒)の観測値の平均として計算し、これとOSM・NOMの1分ごとの全磁力値との差を求める。これを観測時間(3～5分間)にわたって平均したものを、その観測における全磁力差とする。火山監視・情報センターによる観測では、OSMに近い大島測候所(現大島特別地域気象観測所)に参照点を設置して全磁力差を計算していたが、OSM・NOMで観測が行われていた時のデータについても、比較のため両地点を参照点として再計算を行った。

### 3. 観測データ

図4に連続観測によって得られた全磁力差日平均値MIK1-OSM・MIK2-OSMの変化を示す。プロットが途切れている期間は欠測期間である。欠測原因はほとんどが機器・ケーブルへの浸水による障害であり、降水の多い夏場にたびたび生じている。

MIK1-OSM・MIK2-OSMとも、夏に極大、冬に極小となる年周変化が卓越しており、さらに長期の変動では増加傾向が見られる。年周変化の幅はMIK1-OSM・MIK2-OSMでほぼ共通で20nT程度である。

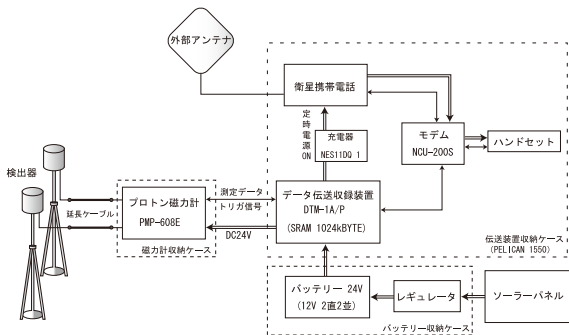


図3 全磁力連続観測点のブロック図。二重線の矢印は電源供給を、単線の両矢印はデータ通信を、それぞれ示す。

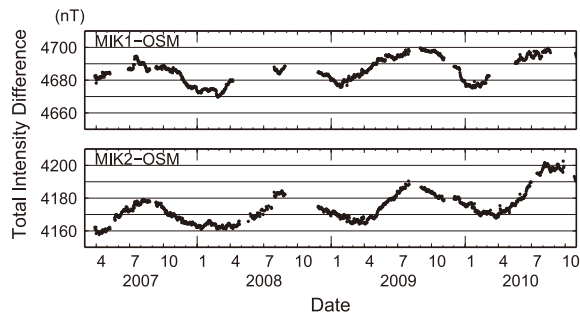


図4 2007年4月から2010年10月までの連続観測点MIK1・MIK2と参照点OSMとの全磁力差の日平均値。

年周変化の波形はMIK1-OSMとMIK2-OSMとでやや異なる。すなわち、全磁力差の極小値はMIK1-OSMでは1月下旬から2月上旬に鋭いピークとして見られるのに対し、MIK2-OSMでは2月上旬から3月下旬まで続いている。極大値付近の波形の違いについては、夏に欠測期間が多かったため判断できない。

図5にプロトン磁力計本体の温度、大島測候所で測定された気温、およびMIK付近の地中温度の変化を示す。値はすべて日平均値である。プロトン磁力計の本体温度は気温とほぼ同位相の年周変化を示すが、冬は気温から $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 程度の範囲で変動するのに対し、夏は気温より $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 高い範囲で変動している。また、気温よりも本体温度のほうが1～数日程度の変動（あるいは計測値のばらつき）が大きい。

地中温度は大まかには年周変化を示すが、その位相は気温の年周変化より半月程度遅れており、変動幅は気温の変動幅よりも小さい。MIK1付近の2つの地中温度計の観測値はおおむね整合的である。ただし、温度計5は2009年9月1日～12月2日の期間に欠測があり、また冬期（2008年12月～2009年4月、2009年12月～2010年4月）は温度計5のほうが最大約 $3^{\circ}\text{C}$ 高い値を示す。一方、MIK2付近の地中温度計のうち、温度計2と温度計4の観測値は整合的な変化を示す。温度計3は観測当初より値の変動幅が大きく、温度計2・4と整合的でない値が観測されていた時期もある（例えば2009年12月20日～

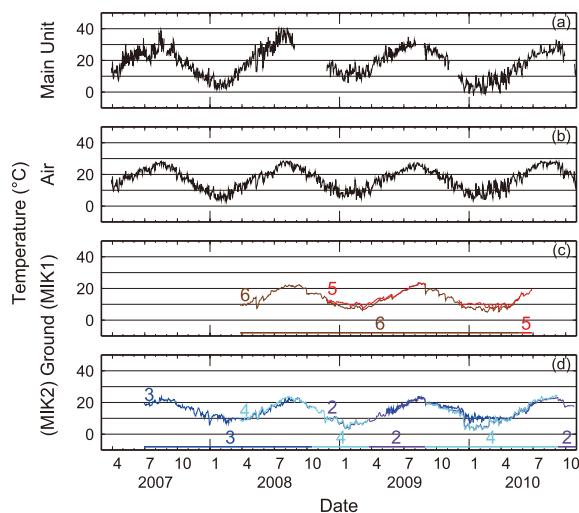


図5 (a) 連続観測点MIKのプロトン磁力計本体の温度変化。(b) 大島測候所で測定された気温。(c) MIK1付近の地中温度変化。(d) MIK2付近の地中温度変化。(c), (d)で、2～6の数字は地中温度計の番号、図下部の横棒は各磁力計センサー付近の地中温度を代表すると考えた地中温度計の番号を示す。温度変化データはすべて日平均値。

2010年4月1日)。さらに、MIK1付近とMIK2付近とで比較すると、冬期（2008年11月～2009年2月、2009年12月～2010年2月）はMIK2付近のほうが最大で約 $6^{\circ}\text{C}$ 低くなっているなど顕著な違いがある。以上のことから、地中温度変化はMIK1付近とMIK2付近についてそれぞれ一つずつにまとめた。このため、各磁力計センサー付近の地中温度を代表すると思われる地中温度計データの一つずつを選択し、温度計の設置・故障などを区切りとして接続した。選択した地中温度計の番号と期間を図5(c)・(d)の下部に横棒で示す。

図6に繰り返し観測による各観測点の全磁力差の変化を示す。観測点6では2008年・2009年・2010年の観測値が互いに大きくかけ離れており信頼性に問題があるが、それ以外の観測点での観測値は変化が1年あたり $20\text{nT}$ までの範囲に収まっている。本稿

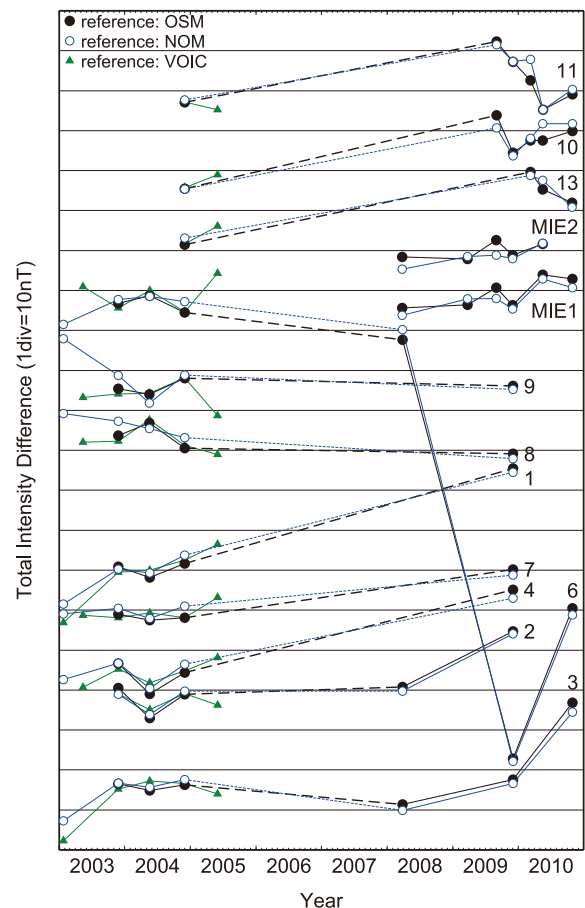


図6 2003年から2010年までの繰り返し観測の結果。黒色は参照点をOSM、青色は参照点をNOM、緑色は参照点を大島測候所（火山監視・情報センター（VOIC）による観測）として、各観測点との全磁力差を示す。観測点がほぼ北から順に並ぶように、全磁力差にバイアスを加えている。

では、火山監視・情報センターによる観測が中断された後、地磁気観測所による繰り返し観測の態勢が現時点までに整ったことの紹介にとどめ、このデータについてこれ以上の議論は行わない。

#### 4. 議論

全磁力の年周変化は磁化の強い火山地域でよく見られるが、年周変化の原因の一つとして、地表付近の岩石の温度が変化することにより、その磁化強度が変化することが考えられている (Utada *et al.*, 2000)。実際、地中温度は8月中旬～下旬を極大とし、2月下旬～3月上旬を極小とする年周変化を示す。この年周変化はOSMを基準としたMIK1・MIK2の全磁力差の年周変化と大まかに位相が合っているので、全磁力年周変化の主な原因は地中温度変化であると推察される。そこで、火山活動を評価するために、地中温度を用いて全磁力差への影響量を見積もり、補正することを試みた。

年周変化以外の短周期の変化を詳細にみると、MIK1の全磁力変化はMIK2付近の地中温度の変化との対応がみられる。例えば、2009年1月の中旬～下旬にかけての数nTの低下と同時期の数℃の低下、あるいは2009年12月中旬の6～7nTの低下と同時期の6～7℃の低下などである。一方、MIK2の全磁力変化とMIK1付近の地中温度により対応がみられる。例えば、2009年10月頃から2010年5月にかけてのMIK2のなだらかな変化に似ているのは、MIK2付近の地中温度の変化よりもMIK1付近のものである。

以上のことをふまえ、地中温度による補正は以下のとおり行った。

1. MIK1の地中温度補正にはMIK2付近の地中温度データを使用する。
2. MIK2の地中温度補正にはMIK1付近の地中温度データを使用する。ただし、MIK1付近で地中温度の観測値が得られなかった期間については、MIK2付近の地中温度を使用する。
3. 地中温度の日平均値を15日移動平均したものに係数をかけ、全磁力MIK1・MIK2を補正する。係数は期間全体の直線回帰分析により算出する。

全磁力差のための温度補正係数はMIK1・MIK2各磁力計センサーについてそれぞれ1.026nT/℃、1.186 nT/℃と求められた。地中温度補正を行った結果を図7に示す。地中温度補正により、長期的な全磁力差の変化傾向がより明確になった。2007年7

月から2010年10月までに両地点とも4～10nTの増加、すなわち一年あたり約2～5nTの増加を示している。これは火山活動を反映した変化と思われる。また、MIK1とMIK2ともに一年未満の時間スケールをもつ数nT程度の不規則な変動がみられ、それらの変化はMIK1とMIK2とで同調していないように見える(例えば2009年2月～6月のMIK1の増加と1月～5月のMIK2の減少、2010年6月～8月のMIK1の減少とMIK2の増加など)。MIK1とMIK2の距離が40m程度であることを考慮すると、それらの変化は観測点近傍の浅い地下を原因とする影響によるものが大きく、火山活動(地下のマグマによる熱的な活動)に起因する可能性は低いものと推測される。また、観測開始から1年程度、MIK1の全磁力値が不規則に変動しているが、これはセンサー設置時の地面の掘削作業により、周辺磁場環境が不安定な状況が続いたためかもしれない。その後は徐々に不規則な変動が小さくなってきたようにみえる。

このように、火山活動を議論するうえで地中温度補正によって全磁力の年周変化を取り除くことが有効であることが分かった。しかし、対応する変化を示すプロトン磁力計センサーと地中温度計が逆の位置になっている。また、地中温度計は現地データ回収を行う必要があり、リアルタイムのデータが得られないうえに、機器故障に伴う欠測がたびたび発生している。このような問題があるので、地中温度変化について詳細に検討し、よりよい補正方法を探す必要がある。

地中温度変化についてUtada *et al.* (2000)は地表の温度変化が熱拡散によって振幅が減衰し、位相が遅れて伝わりと説明している。そこで、まず地中温度と気温との関係について調査した。気温データは大島測候所の気温(図5(a))を使用した。大島測候所の気温の測定地点と全磁力観測を行っている地点は標高が異なるが、日平均値の変化としてはそれほど異ならないと仮定した。また、プロトン磁力計本体にも温度センサーがありデータ収録を行っている(図5(b))が、大島測候所の気温と比べて位相

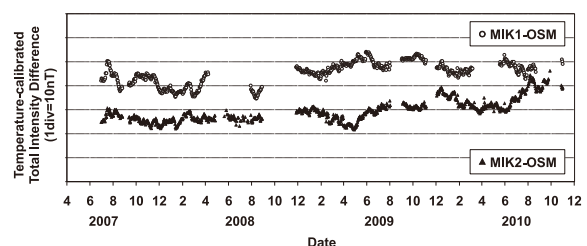


図7 地中温度によって補正した全磁力連続観測値。

のずれはないものの値がやや高く細かい変動があり、収納ケースの保温効果で外気温とは異なる温度を記録していると考えられる。地中温度の日平均値と気温の日平均値を比較すると、地中温度は気温の変化に遅れて変化がみられる(図5)。その位相差を求めるために、気温と地中温度は次の式で表わせると仮定し、各温度をフーリエ変換して周期1年の項を取ることによって、年周変化の位相と振幅を計算した(表3)。気温とMIK2付近の地中温度は2007年9月～2010年8月、MIK1付近の地中温度は2008年6月～2010年5月のデータを用いた。

$$T_t = T_0 + T_1 \cdot (\sin(t-t_0) \times \frac{2\pi}{365}) + \Delta T$$

$T_t$ : 温度,  $T_0$ : 平均,  $T_1$ : 年周変化の振幅,

$\Delta T$ : その他の温度変化

$t$ : 日,  $t_0$ : 年周変化の起点日(1月1日からの日数)

気温の年周変化に対する地中温度1・2の年周変化の位相の遅れと振幅の減衰は、約14.5日、約80パーセントと見積もられた。そこで、計算された位相の遅れと振幅の係数によって気温のデータを修正し、実際に測定した地中温度と比較した(図8)。年周変化よりも短い変化については、修正した気温変化は実際の地中温度変化と必ずしも一致しなかった。2008年5月10日の気温低下と5月13～14日の地中温度低下(図5)のように、数日の遅れで温度変化が伝わる場合もある。このように、地中温度変化は単純に岩石の熱拡散だけでは説明できない。

時間スケールの短い地中温度変化の一つとして、降水に対応した変化があることが分かった。図9に

表3 気温と地中温度の年周変化についてフーリエ変換を用いて計算したパラメータ。

|            | $T_0$ (°C) | $T_1$ (°C) | $t_0$ (日) |
|------------|------------|------------|-----------|
| 気温         | 16.37      | 9.03       | 123.7     |
| 地中温度(MIK1) | 13.60      | 7.25       | 138.2     |
| 地中温度(MIK2) | 13.76      | 7.30       | 138.4     |

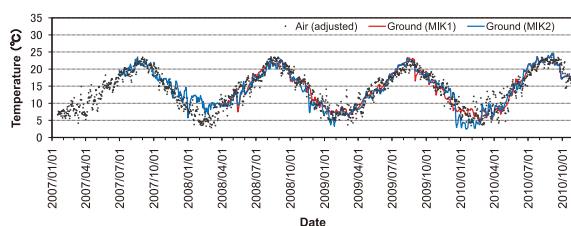


図8 地中温度に対応した年周変化の位相の遅れと振幅の減衰を加味し修正した大島測候所の気温と、地中温度観測値との比較。

2009年の1年間の30分間隔の地中温度データと大島測候所の日降水量を示す(地中温度計3のデータはばらつきが大きいので省略した)。これをみると降水時に、地中温度が急激に変化しているように見え、特に約50mm以上の降水量があるときに顕著である。このような降水後の地中温度変化は、観測点付近の地表が多孔質の大きな岩片からなるため透水性が高く、地中に浸透した水による温度伝搬が無視できないことを示している。また、同じ降水時でも地中温度の変化は、上昇する点、下降する点がある。例えば、2009年1月31日の降水時には、地中温度計No. 2, No. 4およびNo. 6は温度上昇を示し、No. 5は低下を示している。また、降水とは連動せずに地中温度が急激な変化を示すことがある。例えば2009年12月16日から20日にかけてMIK2のセンサー近傍のNo. 4, No. 2で約7°Cの急激な低下が見られるが、それに対応した顕著な降水はないといったことである。このときにはMIK1近傍のNo. 5, No. 6では全く変化していない。このように、降水に伴う地中温度の変化は複雑で、現時点では定式化できていないが、少なくともMIK1・MIK2間での地中温度変化の違いを作る要因の一つと考えられる。そのほか、伊豆大島火山防災連絡事務所によって火山活動監視のための地中温度計測が行われており、気温や降水のほか、風の影響も指摘されている(佐久間他, 1998)。地中温度変化については今後さらに検討する必要がある。

## 5. まとめ

2007年3月に三原山火口北側のMIK観測点にプロトン磁力計を設置し、全磁力連続観測を現在に至るまで継続して行っている。参照点との全磁力差に振幅20nT程度の年周変化が見られるが、地中温度による補正を行うことにより、観測点近傍の影響が残るものの年周変化をほぼ取り除くことができる。火山活動の評価としては観測開始から現在まで、年周変化を超えるような全磁力変化は生じていないことが確認できる。地磁気観測所ではこのような観測

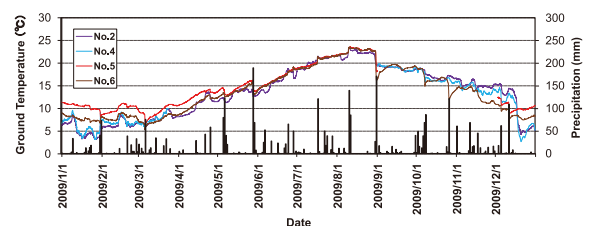


図9 2009年の地中温度変化の生データ(折れ線)と、大島測候所で観測した日降水量(棒グラフ)。

データ・評価を、火山噴火予知連絡会の資料として提出している。

一方、地中温度に対する降水の応答や気温の応答などを検討すると、全磁力変化を地中温度により補正する場合、直線回帰分析では補正しきれないことがわかった。補正の精度を上げる方法として、地中温度の年周変化とそれ以外の周期の変化とを分離するなどの可能性が考えられる。

全磁力繰り返し観測については、まだ観測回数が少なく、火口周辺の火山活動について詳細な評価・解釈を行える段階に至っていない。今後の観測によりデータを蓄積する必要がある。

## 謝辞

連続観測点は東京都大島町町有地に設置させていただきました。火山監視・情報センターには繰り返し観測点の情報とデータを提供いただきました。小山崇夫氏（東京大学地震研究所）にはOSM・NOM両観測点の観測データを提供いただきました。加治屋秋実氏・黒川和誠氏（伊豆大島火山防災連絡事務所）にはたびたび現地での機器メンテナンスやデータ回収のお願いを引き受けていただきました。徳本哲男技術課長には投稿前の原稿をチェックしていただきました。厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

気象庁, 日本活火山総覧 (第3版), 362-383, 2005.  
 Kodama, K. and S. Uyeda, Magnetization of Izu Islands with special reference to Izu-Oshima volcano, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **6**, 353-373, 1979.  
 Mochizuki, N., H. Tsunakawa, Y. Oishi, S. Wakai, K. Wakabayashi and Y. Yamamoto, Palaeointensity study of the Oshima 1986 lava in Japan: implications for the reliability of the Thellier and LTD-DHT Shaw methods, *Phys. Earth Planet. Inter.*,

**146**, 395-416, 2004.  
 佐久間直樹, 池田啓二, 鈴木 健, 加治屋秋実, 伊豆大島火山における温度観測資料の客観的評価手法確立のための基礎調査. 東京管区気象台調査研究会誌, **39**, 1998.  
 Sasai, Y., T. Shimomura, Y. Hamano, H. Utada, T. Yoshino, S. Koyama, Y. Ishikawa, I. Nakagawa, Y. Yokoyama, M. Ohno, H. Watanabe, T. Yukutake, Y. Tanaka, T. Yamamoto, K. Nakaya, S. Tsunomura, F. Muromatsu and R. Murakami, Volcanomagnetic effect observed during the 1986 eruption of Izu-Oshima volcano, *J. Geomag. Geoelectr.*, **42**, 291-317, 1990.  
 Tanaka, H., M. Kono and S. Kaneko, Paleosecular variation of direction and intensity from Two Pliocene-Pleistocene Lava Sections in Southwestern Island, *J. Geomag. Geoelectr.*, **47**, 89-102, 1995.  
 Ueda, Y., A 3 D magnetic structure of Izu-Oshima Volcano and their changes after the eruption in 1986 as estimated from repeated airborne magnetic surveys, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **164**, 176-192, 2007.  
 歌田久司, 伊豆大島における地球電磁気観測. 月刊地球, **31** (12), 675-683, 2009.  
 Utada, H., M. Neki and T. Kagiya, A study of annual variations in the geomagnetic total intensity with special attention to detecting volcanomagnetic signals, *Earth Planets Space*, **52**, 91-103, 2000.  
 Yukutake, T., H. Utada, T. Yoshino, H. Watanabe, Y. Hamano, Y. Sasai, E. Kimoto, K. Otani and T. Shimomura, Changes in the geomagnetic total intensity observed before the eruption of Oshima volcano in 1986, *J. Geomag. Geoelectr.*, **42**, 277-290, 1990a.  
 Yukutake, T., T. Yoshino, H. Utada, H. Watanabe, Y. Hamano and T. Shimomura, Changes in the electrical resistivity of the central cone, Miharayama, of Oshima volcano observed by a direct current method, *J. Geomag. Geoelectr.*, **42**, 151-168, 1990b.



# Geomagnetic Total Intensity Observation of Izu-Oshima Volcano during 2007-2010

by

Toshiaki MISHIMA<sup>1</sup>, Yosuke TAGUCHI<sup>1</sup>, Norimichi MASHIKO<sup>1</sup>,  
Mayumi AKUTAGAWA<sup>1</sup>, Akira YAMAZAKI<sup>1</sup> and Nobuyuki KUMASAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kakioka Magnetic Observatory

Received 11 November 2010; received in revised form 14 December 2010;  
accepted 21 December 2010

## Abstract

In order to monitor the volcanic activity of Mt. Mihara, Izu-Oshima, we initiated the continuous observation of the geomagnetic total intensity at Mihara-kita (MIK) site, which is located north of the crater in 1997. We also started the repeated observations of the geomagnetic total intensity at 15 sites around the crater. In this paper we introduce the present observation results until November 2010.

1. The continuous observation record displays annual variations with an amplitude of about 20 nT. The phase of the annual variation is consistent with the ground temperature measured at the site and supposed to be caused by thermal magnetization changes of near-surface rocks. We calculate long-term geomagnetic variation reflecting volcanic activity by subtracting annual variation estimated from ground temperature data. We are studying the ground temperature change to improve the calculation method.

2. We are still in the storing stage of repeated observation records. In this paper we only present the records, although some trends are notable.