

地磁気火山監視における人工衛星主磁場モデルの有用性について

浅利 晴紀 [1]; 長町 信吾 [1]; 増子 徳道 [1]; 高橋 幸祐 [2]; 小山 崇夫 [3]
[1] 気象庁地磁気観測所; [2] なし; [3] 東大・地震研

On the utility of satellite main field model for magnetic monitoring of volcanoes

Seiki Asari[1]; Shingo Nagamachi[1]; Norimichi Mashiko[1]; Kosuke Takahashi[2]; Takao Koyama[3]
[1] Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency; [2] none; [3] ERI, University of Tokyo

Continuous magnetic observations are widely practiced on active volcanoes as one of physical observation methods to monitor and evaluate volcanic activities. They are expected to detect signs of eruption relatively early in magnetic field changes arising as a long-term precursor associated with thermal demagnetization evolving with magma supply within the body of volcanoes. A report indeed exists that a prognostic feature already began to emerge about five years in advance to the 1986 eruption on Izu-Oshima, the basaltic volcanic island. In analyzing those data it should be a key to properly isolate volcanic signals on timescales of months to years. This is generally not an easy task. Marginally affected by inductive contributions at the relevant frequencies, data still consist of variations of different origins. Among them are also apparent variations due to the so-called DI-effect on total intensity observations.

Here, we specifically discuss influences of the geomagnetic main field variations on the continuous measurements and its subsequent evaluation of volcanic activities. For a reference model of the main field, CHAOS-6 is adopted which is produced by DTU Space based upon satellite magnetometry. It is one of time-dependent main field models that ensures the highest ever precision and spatiotemporal resolution. Of particular notice is its update frequency; for recent few years the model period has been extended every few months by incorporating the latest data. CHAOS-6 is vastly superior to the IGRF model in that even the most recent variability of the main field can be well delineated.

We present two kinds of analyses to demonstrate the utility of satellite main field model for magnetic monitoring of volcanoes. Either would be a case where a proper conclusion is hardly drawn, if the information at hand was restricted, as before, to station data and the IGRF model alone.

The first is an assessment of reference station data in regard to their long-term stability and accuracy in describing the main field evolution. The University of Tokyo runs a reference station of Izu-Oshima, OSM, about 4.8km to the northwest of the crater. Around 2015 the trend of OSM proton data w.r.t. CHAOS-6 total intensity changed by +3.6nT/yr. Overhauser data at a neighboring station TBT of Japan Meteorological Agency (JMA) have a trend in common. Meanwhile, the trend change is +2.2nT/yr at the university's former reference station, NOM, about 3.5km to the west of the crater. It is implied that the area around OSM is particularly seriously influenced by some local magnetic changes. The comment "Remagnetization tendency slowing" in the activity evaluation report is to be revised down, if either the satellite model itself is used, or NOM is taken back again, as the total intensity of the island's reference field.

The other analysis is an attempt to evaluate the DI-effect due to the geomagnetic secular variation. For this to be done a long and stable reference of the three-component secular variation is necessary. Not eligible are, however, records of vector variometers at reference stations, their baseline being undetermined. A time-varying satellite model may be applied in place. A case is reported here for proton stations, MIK1 and MIK2, of JMA at the north edge of the central cone summit of Izu-Oshima. Despite their proximity in between (40 meters), the MIK1 and MIK2 trends differ considerably: +2.8nT/yr and +6.2nT/yr w.r.t. OSM for 2007-2012, respectively. By referring to CHAOS-6 vector time-varying field in a forward calculation of the DI-effect from results of our in-situ measurements (with a 5'-resolution surveying compass and its self-customization into a dip measure) at MIK1 and MIK2 as well as of our absolute observation at OSM, it is revealed that the trend gap is explained by the DI-effect to a notable extent, though not fully. The MIK1 and MIK2 trends after the correction are +1.9nT/yr and +4.0nT/yr, respectively.

活火山における地磁気連続観測は、火山活動の監視・評価を目的とした物理観測手法の一つとして広く実施されている。持続的なマグマの供給に起因する山体内の熱消磁はその周囲に磁場の変化を誘発する。これが噴火に至るまでの長期の前駆現象として検知可能であると期待され、地磁気観測は特に噴火の予兆を比較的早期に捉える手段として目されている。実際、玄武岩質の伊豆大島では、1986年中規模噴火から5年程も遡って発現していたとする観測報告が在る。このような解析では、数か月から数年スケールの火山性変化の適切な抽出が鍵となる。同帯域では、誘導による影響は微小であるが、起源を異にする磁場変化が混在するため、一般に精度の高い抽出の実現は容易ではない。全磁力観測の場合、所謂DI効果による見掛けの変化もまた含まれる。

ここでは、特に主磁場の変化が火山における地磁気連続観測、ないし火山活動評価に及ぼす影響に焦点を当てる。主磁場変動の参照としてDTU Space (デンマーク国立宇宙センター) による人工衛星観測データに基づくモデルCHAOS-6を用いる。現存では最高の精度と時空間分解能を提供する時間発展主磁場モデルの一つであるが、特筆すべきは、その更新頻度である。近年では数か月毎に最新データが取り込まれてモデル期間が随時延長されている。主磁場変動の直近で尚且つ詳細な描像が得られる点において、CHAOS-6はIGRF国際標準地球磁場モデルに比して非常に大きな優位性を持つ。

本講演では、地磁気火山監視における衛星モデルの有用性を示すものとして、伊豆大島における二つの解析事例を挙げる。何れも、従前通り使用可能な情報を火山地磁気観測データとIGRFモデルに限った場合、結論を導くことが困難で

あった事例である。

一つは、火山参照点データによる主磁場変動の記述の安定性と正確性の評価である。東京大学は伊豆大島の火山参照点として山頂火口の北西約 4.8km に位置する地磁気基準点 OSM を運用している。2015 年の前後で同点におけるプロトン全磁力観測と衛星モデルの差に+3.6nT/年のトレンド変化が出現した。また、近隣にある気象庁の津倍付参照点 TBT におけるオーバーハウザー全磁力にも OSM 全磁力とほぼ同じトレンドが見られる。他方、火口西約 3.5km の旧基準点 NOM では衛星モデルに対するトレンド差の変化が+2.2nT/年に留まる。これは特に OSM の位置する地区にて主磁場以外の何らかの変化が生じている可能性を示唆するものである。伊豆大島の全磁力永年変化の基準として、衛星モデルそのものを選択する、或いは、NOM に戻すならば、山上の全磁力連続点の変動に基づくこれまでの活動評価「帯磁傾向の鈍化」は下方修正されよう。

もう一つの事例は、永年変化による DI 効果の評価を試みである。この評価には長期の安定した三成分の永年変化が参照として要される。しかし、火山参照点などにおける変化計を用いた三成分観測の多くはその基線値が不確定であり、実際のデータの長期安定性は保証されない。これに対し、時間変動する衛星モデルを以て代用することで DI 効果を見積もる手段は考えうる。ここで挙げるのは、伊豆大島の内輪山北部に位置する気象庁の三原北プロトン全磁力観測点 MIK1 と MIK2 に見られるトレンド差に対する DI 効果の寄与である。両点を隔てる距離は僅か 40m に過ぎないが、そのトレンドの差は大きく、それぞれ 2007-2012 年において OSM に対し+2.8nT/年および+6.2nT/年である。このトレンド差への DI 効果による寄与を見積もるため、CHAOS-6 を三成分永年変化の参照として適用する。MIK1 と MIK2 のプロトンセンサー近傍にて（測量用 5' 読みコンパスおよびその改造による伏角測定器を用いて）実施したその場測定と OSM 絶対観測によって得られた各点の偏角伏角から直接 DI 効果を算出すると、不完全ではあるがその寄与が明瞭に認められる。DI 補正後の OSM に対する MIK1 と MIK2 のトレンドはそれぞれ+1.9nT/年および+4.0nT/年である。