

## 雲仙岳周辺の精密空中磁気探査と地下構造

中塚 正・牧野 雅彦・森尻 理恵  
(地質調査所)

Magnetic Structural Analysis Based on Detailed Aeromagnetic Anomalies  
over Unzendake Volcano

Tadashi NAKATSUKA, Masahiko MAKINO and Rie MORIJIRI  
(Geological Survey of Japan)

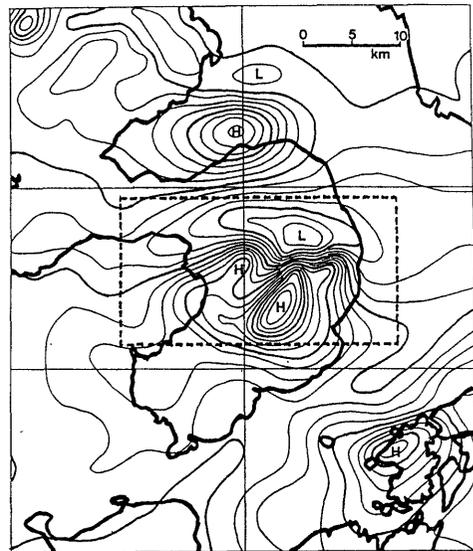
### 1. はじめに

雲仙岳は1990年11月に約200年ぶりに噴火活動を開始し、1991年5月には地獄跡火口より溶岩ドームが出現した。その後は、溶岩ドームの成長とその崩壊による火砕流の発生などが続いている。この噴火活動に関連して、1991年8月に、雲仙岳を中心とする東西約25km、南北約15kmの範囲の空中磁気データが中日本航空㈱の手によって取得された。主測線は東西方向で、普賢岳上空を除き約500mの測線間隔で、高度7,500フィートの全磁力測定が行われた。交差測線は南北方向で5本である。この地域の既存データとしては、地質調査所による1971年調査の海域の磁気図および新エネルギー総合開発機構(NEDO)による1981年調査の磁気図があるが、いずれも測線間隔が3-4kmと粗く、この地域の詳細な磁氣的構造を議論するには不十分である。第1図にNEDOによる雲仙岳周辺の磁気図と今回の調査区域の範囲を示す。

### 2. 調査の概要

今回の調査では、位置標定のためにGPSと対地ビデオカメラが準備されたが、あとでみるようにGPSによる位置標定で十分な精度が得られている。但し、GPSの計測データは従来のデータ収録装置では収録できなかったため、パーソナルコンピュータによる別のデータ収録を行った。GPS受信機からは時刻データ(UT)も送出されており、正確な時刻との対応が得られるので、GPS以外の計測に対してデータ収録装置の時計を正確に合わせておくことにより、双方のデータの正確な対応づけが容易に実現した。

測定データは、その点検整理ののち、従来より地質調査所で使用しているデータ処理ソフトウェアを若干



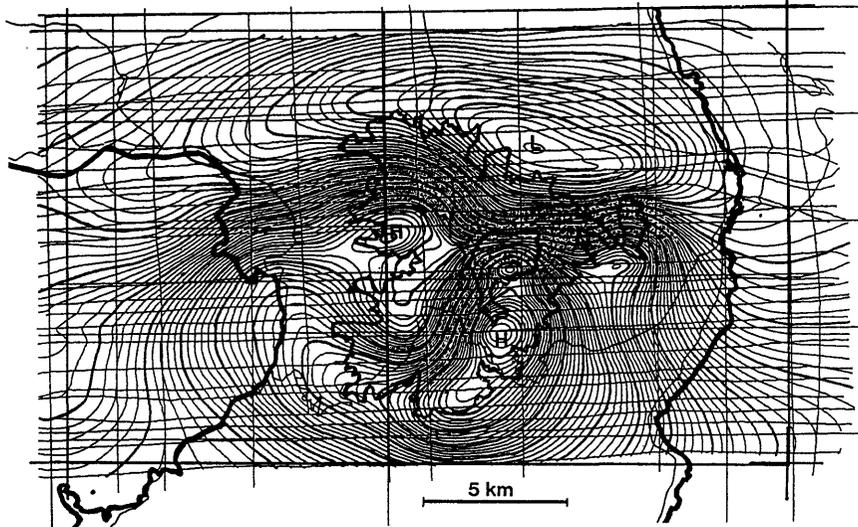
第1図 NEDOによる島原半島の全磁力異常と探査区域。1981年調査、コンター間隔は25nT。

改造しつつ用いて磁気異常分布図の作成を行った。作成された磁気異常分布図を第2図に示す。

### 3. 地磁気日変化の補正

この図の作成にあたっては、地磁気定点観測データが未入手であったため、地磁気日変化補正を行わず、データ処理ソフトウェアの交点コントロール機能の活用をはかり、非常によい結果を得た。

交点コントロールは、主測線と交差測線との交点における両磁力値の差を一覧表にまとめ、その差を生じた原因を推定して必要な補正を行おうとするものである。この表は交点数値表と呼ばれ、交点での両測線の磁力値とその差のほか、その磁力値差を位置誤差に帰したときに必要となる位置補正の最小距離が示され



第2図 1991年8月の空中磁気探査による全磁力異常。飛行高度 7500ft, コンター間隔 5nT.

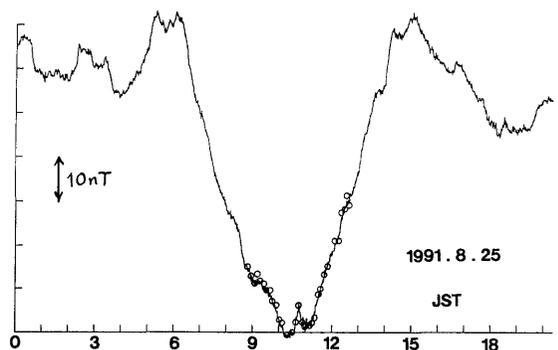
る。位置標定精度が高く、機体磁気補償と地磁気日変化補正が正しく行われている場合には、それらの数値は無視できる程度に小さくなる。実際の処理では、主として磁力測定に対する機体磁気補償の残留分の除去を目的に、測線毎の磁力値レベル補正を行った上で交点数値表を再度作成し、これに基づいてより細かな補正処理を行っている。

今回のデータについては、日変化補正を行っていないのでその変化は、測線毎レベル補正に反映されることが期待できる。右表は、はじめの交点数値表のデータをもとに測線毎レベル補正値を計算した結果を示しており、(a)の列が計算値である。(b)の列は、機体磁気補償状態（この調査では時間的制約のため、十分な調整が行われていない）の確認結果に基づく飛行方向毎の機体磁気残留分であり、(c)の列に(a)-(b)が記されている。日変化補正を行っていない今回の調査においては、この最後の列の値が地磁気日変化分に相当する。この値を、その測線の飛行時間帯に合わせてプロットすると、第3図の○印のようになった。第3図の曲線は、京大阿蘇火山研で観測された全磁力変化を示しており、○印はこれと極めてよく対応していることがわかる。

#### 4. NEDOデータとの比較

処理の結果得られた磁気異常分布（IGRF残差）は、既存のNEDOによる磁気図と酷似しており、大局的な磁気異常分布に変化はみられないが、短波長変化をみると若干の相違がみられるので、両図の差を図化

(表)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	
A-15	2.9	-0.5	3.4	A-21	-9.8	-0.5	-9.3
A-09	4.2	2.8	1.4	A-29	-7.4	2.8	10.2
A-14	-0.6	-0.5	-0.1	A-23	-10.3	-0.5	-9.8
A-08	4.5	2.8	1.7	A-31	-7.0	2.8	-9.8
A-13	-0.3	-0.5	0.2	A-18	-8.8	-0.5	-8.3
A-07	2.4	2.8	-0.4	A-26	-0.0	2.8	-2.8
A-12	-2.5	-0.5	-2.0	A-20	-2.3	-0.5	-1.8
A-06	0.8	2.8	-2.0	A-28	4.5	2.8	1.7
A-11	-5.0	-0.5	-4.5	A-13R	2.6	-0.5	3.1
A-05	-2.4	2.8	-5.2	B-1	8.1	1.2	9.3
A-10	-9.0	-0.5	-8.5	B-2	9.5	0.	9.5
A-04	-6.5	2.8	-9.3	B-3	14.9	1.2	16.1
A-17	-12.5	-0.5	-12.0	B-4	16.6	0.	16.6
A-25	-9.1	2.8	-11.9	B-5	18.5	1.2	19.7
A-19	-9.8	-0.5	-9.3	A-02	16.7	-0.5	17.2
A-27	-2.9	2.8	-5.7				



第3図 阿蘇における飛行日の全磁力変化曲線と交点コントロールから導かれた変化(○印)。

してみる。1981年調査のNEDOのデータは、実測データに上方接続(Upward Continuation)操作を行って高度6,500フィートのデータに変換されたものであるが、これをさらに1,000フィートだけ上方接続の操作

を行い、それを今回（1991年）のデータから差し引いた。その引算結果を示したのが第4図である。両データは、10年の年月を隔てて測定されたものであり、この図は今回の噴火に伴う磁気異常の変化を含むが、NEDOデータの測線密度が約4kmと粗いことに注意を払う必要がある。

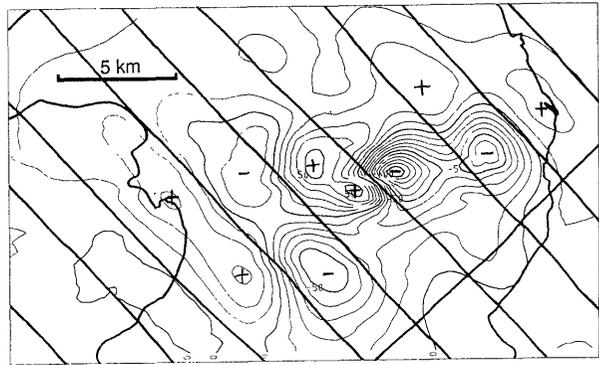
第4図には NEDO データの測線を記入しており、コンターで示された両データの差が大きくなっているところは、すべて NEDO データの測線と測線の間に位置している。従って、この大きな差の原因は、大半が不十分な測線間隔による空間的なエリアシングの効果であると予想される。なお、図の測線位置においても多少の差が認められ、局部的には 50nT に達するが、この比較において適用されている上方接続操作に付随する誤差や、両データの測位誤差からもたらされる磁気傾度に対応した磁力値差を考慮に入れると、この差が有意であると考え難しい。

## 5. 地形効果の除去

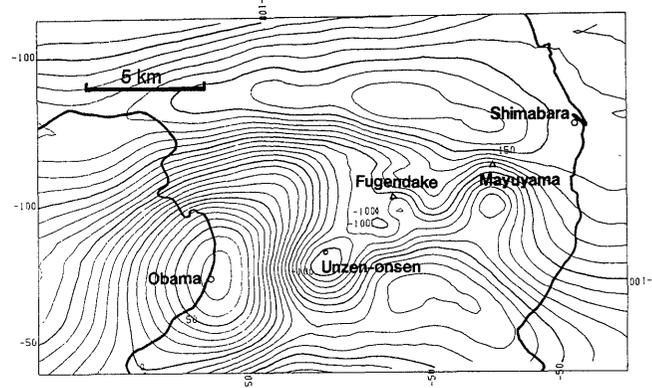
得られた磁気異常分布（第2図）は、地形の凹凸との明瞭な相関を示しているので、地形効果の除去を試みた。その手法は、Blakely and Grauch (1983) や牧野ほか (1988) と同様であるが、地形モデルとして、国土地理院が作成した地形メッシュデータ（いわゆる 250mメッシュデータと雲仙岳の25mメッシュデータ）および海上保安庁水路部発行の海底地形図を読取ったデータを使用し、磁化方向は現在の地球磁場方向と同じであると仮定している。この解析の結果、地形（表層付近）の平均的な磁化強度として 2.9 (A/m) の値が求まった。この値と地形モデルから、一様磁化の場合の地形効果が計算される。

地形効果の除去にあたっては、一様磁化の地形モデルから期待される磁気異常を測線上で評価し、測線データに対して残差計算を行って、再グリッド化による残差磁気異常図（第5図）を作成した。

この図では、地形が 2.9(A/m) の一様な順方向の磁化を有すると仮定して、地形を海水準にならず操作を行ったことに相当しており、重力に例えるならば、第2図がフリーエア異常であるのに対して、第5図はブーゲー異常を示している。



第4図 今回調査の磁気図とNEDO（1981）データとの差。NEDOデータの測線位置を表示してある。



第5図 地形効果を除去した残差異常（10nTコンター）。

## 6. 磁気構造解析

第5図の地形効果を除去した残差磁気異常は、大局的には、島原地溝帯を相対的に強磁性の火山岩が埋めているモデルと、若干の表層付近での磁化強度分布のラテラルな変動とによって説明される。

そこでこの分布に対して、上面が海水準に一致し下底面が起伏する層構造モデルを最小自乗法的にあてはめる計算を行った。底面深度は1km四方の単位毎に与え、地形効果と同じ 2.9(A/m) の磁化強度を仮定した結果が第6図である。

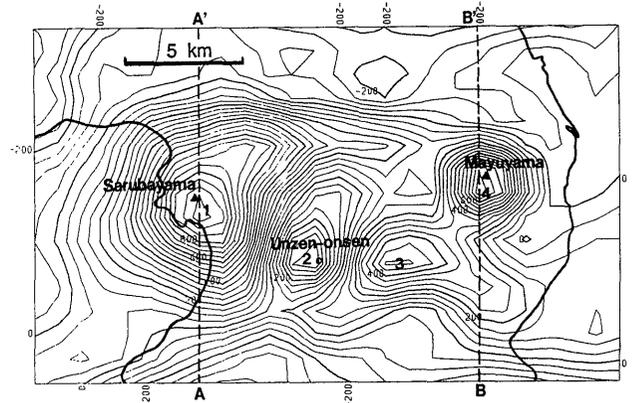
この結果は、島原地溝帯を構成する千々石・金浜・深江・富津の各断層とよく対応し、雲仙温泉付近にひろがる熱水変質作用による磁化強度の低下域や眉山の高磁性岩体の存在なども示している。猿葉山付近の大きな深度分布は、大規模な磁性岩体の伏在を示しており、古い主要な火山体の存在を示唆する。一方、第5図に対するこの層構造モデルのあてはめの残差は、当然波長の短いものとなるが、それらは、海水準よりも

浅いところに原因があるモデル，すなわち，普賢岳と眉山付近が相対的に強磁性の岩石で構成されており，雲仙温泉付近の磁化強度が相対的に低下していると考えることによって，調和的に説明される。

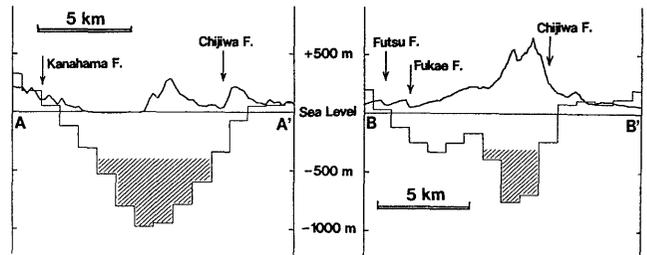
第6図の A-A'・B-B' の位置での南北断面を第7図に示す。B-B' でのハッチ部は，浅部での眉山の高い磁化強度の影響を等価モデルとして反映していると考えられる。また同様に，A-A' でのハッチ部も等価モデルと考えることができ，解析結果の深度 950m にこだわる必要はない。

### 参考文献

- 1) 地質調査所 (1973) 西九州長崎一川内海域空中磁気図，20万分の1，地質調査所空中磁気図，no. 5.
- 2) 新エネルギー総合開発機構地熱調査部地熱調査第二課 (1984)，全国地熱資源総合調査(第1次)の調査成果図の公開について，地質ニュース，no. 362, 58-62.
- 3) 新エネルギー総合開発機構 (1984公開) IGRF 残差磁気図および航跡図，「熊本」・「八代」，20万分の1，新エネルギー総合開発機構。
- 4) 大久保泰邦・津宏治・堀川義夫・小川克郎・高木慎一郎 (1985) 全国の空中磁気図，地質ニュース，no. 374, 48-57.
- 5) 中塚正 (1989) 空中磁気探査のシステム化について(II)ーデータ処理ソフトウェアシステムー，地調月報，vol. 40, 99-111.
- 6) Blakely, R. J. and V. J. S. Grauch (1983) Magnetic models of crystalline terrane: Accounting for the effect of topography, Geophysics, vol. 48, 1551-1557.
- 7) 牧野雅彦・中塚正・大熊茂雄・金子力 (1988)，伊豆大島火山の空中磁気異常，火山第2集，vol. 33, S217-S223.



第6図 層構造モデルによる解析結果の磁化層底面深度。コンター間隔 50nT (2.9(A/m)一様磁化モデル)



第7図 層構造モデル解析結果の南北断面。