

# 雲仙火山周辺の高密度 空中磁気探査 (1991年8月)

地質調査所 中塚 正・森尻理恵・牧野雅彦  
中日本航空㈱ 宮坂 聡

DENSE AEROMAGNETIC SURVEY OVER UNZEN-DAKE VOLCANO IN 1991

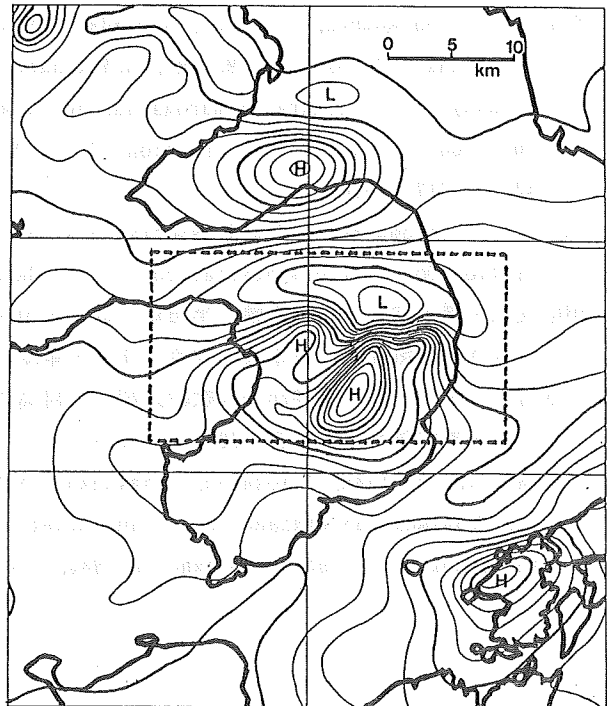
Tadashi NAKATSUKA\*, Rie MORIJIRI\*, Masahiko MAKINO\*,  
and Satoshi MIYASAKA\*\*

\* Geological Survey of Japan

\*\* Nakanihon Air Service Co. Ltd.

## 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<sup>1)</sup>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<sup>2), 3), 4)</sup>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。



第1図 NEDOによる島原半島周辺の全磁力異常。  
1981年調査、コンター間隔は25nT.

## 2. 調査の概要

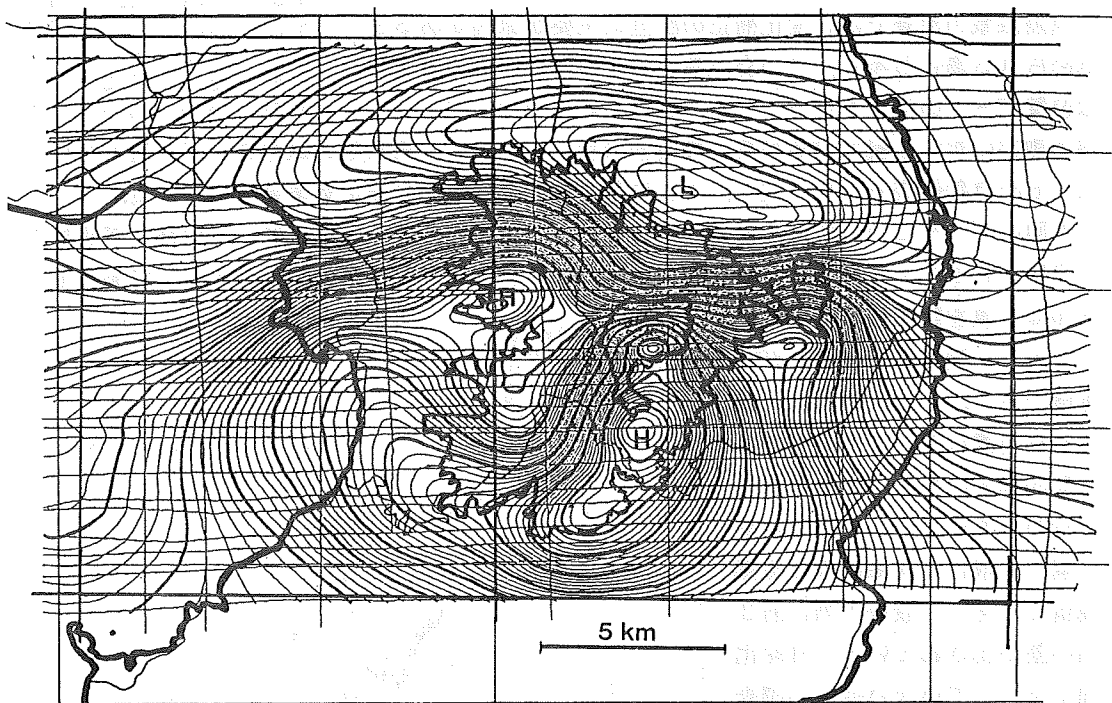
この調査の概要を第1表に示す。この調査では、日本で初めて汎地球測位

装置 (GPS) が空中磁気探査に用いられた。航跡の位置標定のためには、対地ビデオカメラ (直下点インジケータ付) も準備されたが、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が、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以外の計測の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。

現地調査の飛行測定データは、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

第1表 雲仙岳周辺空中磁気探査の概要

現地調査日	1991年8月25日
調査区域	雲仙岳及びその周辺 約400km <sup>2</sup> 32°41.5'N ~ 32°49.5'N 130°08' E ~ 130°24' E
使用航空機	JA5267 (セスナ404型)
飛行高度	海拔 7500フィート (2300m)
延べ有効測線長	約 720 km
主測線方向間隔	E-W, 500m (計画)
航法・誘導	目視及びトップラレーダ, GPS
航跡標定	GPS
飛行基地	長崎空港
主要な使用機器	
・磁力計	EG&G GeoMetrics G813
・トップラレーダ	Singer SKK-1000-601
・GPS	Trimble Nav. Model-2000
・対地ビデオ	中日本航空(株) GVS システム



第2図 1991年8月25日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.

ア<sup>5)</sup>を用いて磁気異常分布図の作成を行った。ここでは、新たに使用したGPSによる測位データを使用するための若干のソフトウェアの改造を行った。作成された磁気異常分布図を第2図に示す。

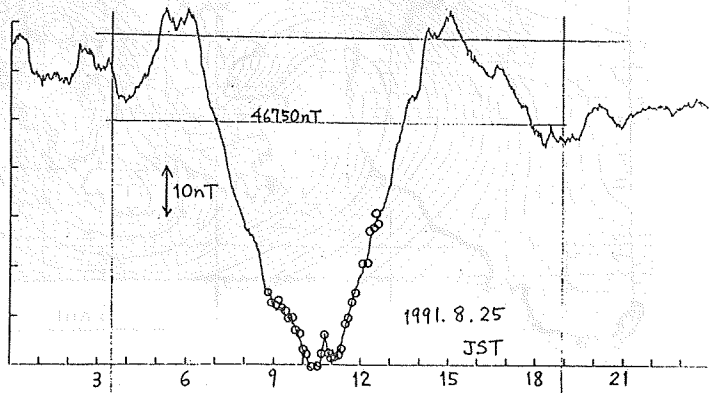
### 3. 地磁気日変化の補正

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<sup>5)</sup>の働きに頼っている。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に、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る。地磁気日変化補正が正しく行われ、位置標定誤差が小さい場合には、それらの数値は無視できる程度に小さくなる。古くは、磁力データに比して測位データが精度的に劣っていたため、Magnetic Control と称して位置データに修正を加える方法がとられた。近年では、測位装置の性能の向上にともない、とくに遠隔海域の探査では日変化補正の誤差に主要な原因があると認められる場合も多く、この交点数値表を参考に、磁力値または位置データの修正を行っている。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。第2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、測線名の次の列が計算値である。その次の列は、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、最後の列に前2列の差が記されている。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。

第2表

A-15	2.9	-0.5	3.4
A-09	4.1	2.8	1.3
A-14	0.6	-0.5	1.1
A-08	4.5	2.8	1.7
A-13	-0.3	-0.5	0.2
A-07	2.4	2.8	-0.4
A-12	-2.5	-0.5	-2.0
A-06	0.8	2.8	-2.0
A-11	-5.0	-0.5	-4.5
A-05	-2.4	2.8	-5.2
A-10	-9.1	-0.5	-8.6
A-04	-6.5	2.8	-9.3
A-17	-12.5	-0.5	-12.0
A-25	-9.1	2.8	-11.9
A-19	-9.8	-0.5	-9.3
A-27	-2.6	2.8	-5.4
A-21	-9.8	-0.5	-9.3
A-29	-7.4	2.8	-10.2
A-23	-10.4	-0.5	-9.9
A-31	-6.9	2.8	-9.7
A-18	-8.8	-0.5	-8.3
A-26	-0.1	2.8	-2.9
A-20	-2.3	-0.5	-1.8
A-28	4.5	2.8	1.7
A-13R	2.6	-0.5	3.1
B-1	8.2	-1.2	9.4
B-2	9.4	0.	9.4
B-3	14.9	-1.2	16.1
B-4	16.6	0.	16.6
B-5	18.5	-1.2	19.7
A-02	16.9	-0.5	17.4



第3図 ASOにおける探査飛行日の全磁力変化（曲線）と交点コントロール処理から導かれた変化（○印）。

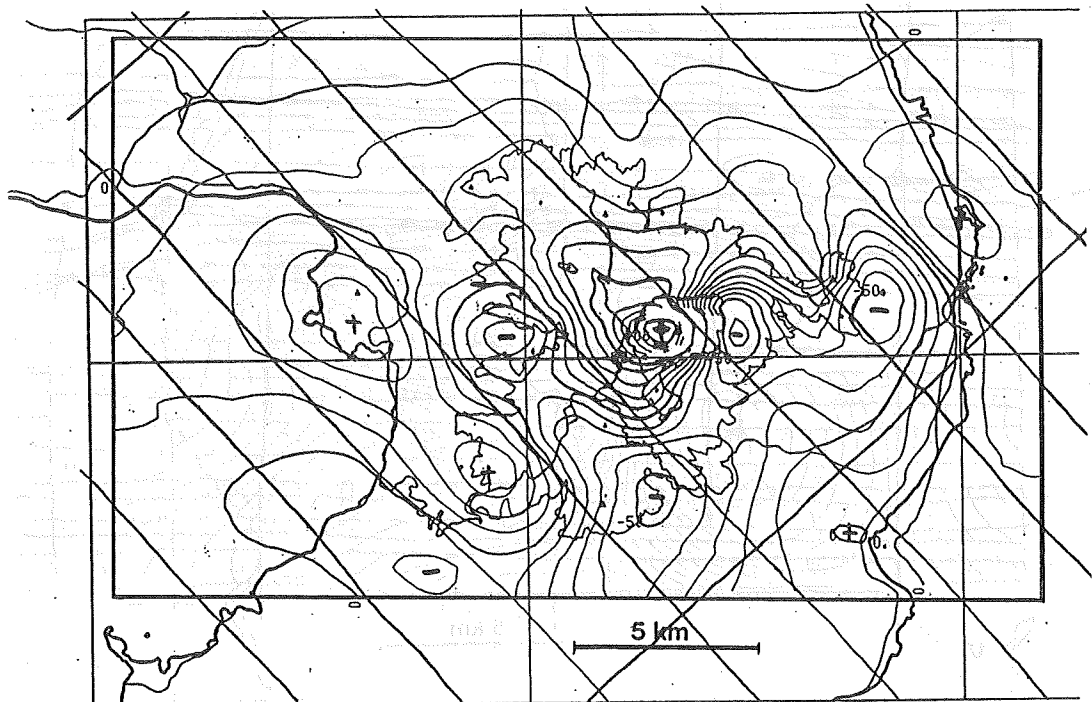
この値を、その測線の飛行時間帯に合わせてプロットすると、第3図の○印のようになった。第3図の曲線は、京大阿蘇火山研の田中良和氏による AS0の全磁力変化を示しており、○印はこれと極めてよく対応していることがわかる。

この結果は、①測位に使用したGPSの精度が高いこと、②多くの交点群が均等にあり測線が長時間にわたらないこと、③飛行高度における磁気異常分布が比較的なめらかなこと等の諸条件にもとづくものであるが、同時に、交点コントロール手法の妥当性を示したものと見える。

#### 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図であり、peak-to-peak で 150 nT にのぼる変動が示された。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ともなう磁気異常の変化を含んでいるが、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 データの測線位置<sup>4)</sup>を記入してあり、コンターで示された両データの差



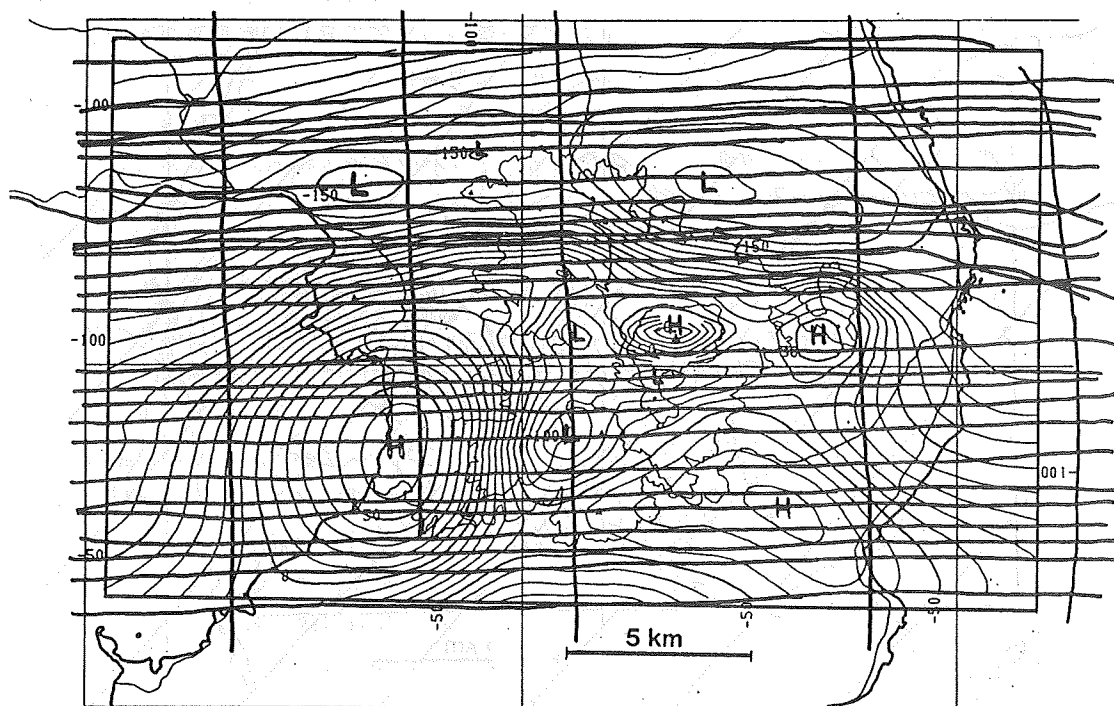
第4図 今回調査の磁気図 (第2図) から NEDOデータを引算した結果。NEDOデータの測線位置を表示してある。

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上に位置している。従って、この大きな差の原因は、大半が NEDO データの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、NEDO データ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。しかし、この比較において適用されている上方接続操作にはある程度の誤差が避けられないこと、両データ（とくに NEDO データ）における測位誤差からも磁気傾度に対応した磁力値差がもたらされることを考慮に入れると、この差が有意であると考えることは難しい。

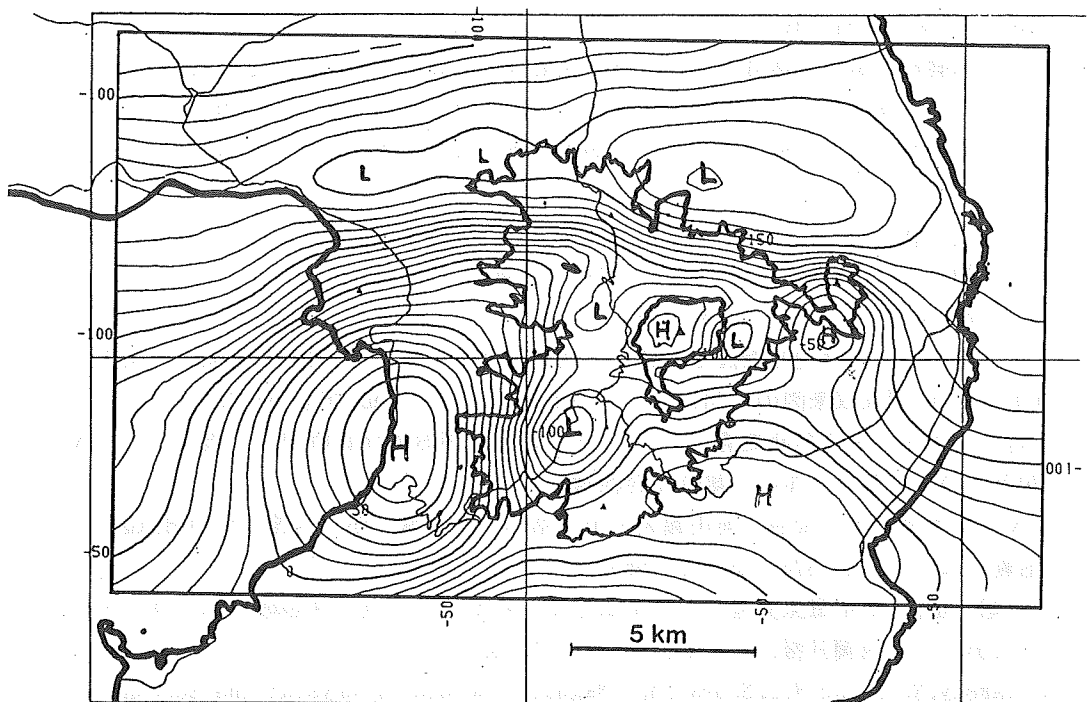
### 5. 地形効果の除去

今回の探査から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ため、地形効果の除去を試みた。その手法は、Blakely and Grauch(1983)<sup>6)</sup> や牧野ほか(1988)<sup>7)</sup> と同様であるが、地形モデルとして、国土地理院による KS-110 地形メッシュデータ（いわゆる 250m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み取ったデータを使用し、磁化の方向は現在の地球磁場方向と仮定している。この解析の結果、地形（表層付近）の平均的な磁化強度が 2.9 A/m と求まった。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。

この地形効果をグリッド化された磁気異常分布から単純に差し引いて作成される残差異常分布図（第5図）には、測線配置の不均一に起因する見かけ上の特異な異常パターンを生じた。第5図には、測線配置も示されている。この図からも明らかなように、この異常パター



第5図 磁気図グリッドデータ（第2図）から一様磁化モデルの地形効果を除去した結果。今回調査の測線位置を表示してある。



第6図 一様磁化モデルの地形効果を除去した残差磁気異常分布。

地形効果を測線上で評価して除去した後、再グリッド化してある。

ンは、探査測線が安全のため普賢岳直上を避けて配置されたことによるが、空中探査の性格上、測線上では十分な精度を有しつつも測線と測線との間のコンター線に引き方に任意性のあることが原因となっている。すなわち、測線の配置状況による異方的な空間エアシングの結果である。

従って、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6図)を作成した。

## 6. 雲仙岳の磁氣的構造

第6図の残差磁気異常は、表層付近の磁化強度分布のラテラルな変動と、より深層での一様磁化モデルからのズレによって説明される。その解析から以下の特長が指摘される。

- 1) 雲仙岳本体(普賢岳、国見岳付近)および眉山付近には、相対的に磁化強度の高い岩石の分布があり、火山体の噴出中心をなすものと考えられる。
- 2) 普賢岳東方2km付近の地形の高まり(イナオ山)は、相対的に磁化強度が低いとみられ、普賢岳等とは岩相を異にする可能性がある。
- 3) 雲仙温泉付近からそのやや南方は、明瞭な負の磁気異常で特長づけられ、大規模な変質帯の存在を示唆する。
- 4) 橋湾中東部から島原半島東岸にかけての島原地溝帯には、地溝帯を埋める形で相対的に強磁性の岩石が分布し、その厚さは磁化強度コントラストを3 A/m とすると比高が300

～400m程度と解析される。

- 5) この地溝帯の磁気異常分布には、雲仙温泉付近の経度を中心に、その東側と西側とで様相を異にする面があり、また、地溝帯の落差にも100m程度の差(西側で厚い)が想定され、島原半島中央部に南北方向の何らかの構造的な境界が存在するものとみられる。

## 引用文献

- 1) 地質調査所, 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, 1973.
- 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, 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, 1984.
- 3) 新エネルギー総合開発機構, 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, 全国の空中磁気図, 地質ニュース, no.374, 48-57, 1985.
- 5) 中塚 正, 空中磁気探査のシステム化について(II)-データ処理ソフトウェアシステム-, 地調月報, vol.40, 99-111, 1989.
- 6) Blakely, R. J. and V. J. S. Grauch, Magnetic models of crystalline terrane: Accounting for the effect of topography, Geophysics, vol.48, 1551-1557, 1983.
- 7) 牧野雅彦・中塚 正・大熊茂雄・金子 力, 伊豆大島火山の空中磁気異常, 火山第2集, vol.33, S217-S223, 1988.