HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	秋田駒が岳頂上付近の重力異常
Author(s)	山下, 済; 横山, 泉
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 31, 49-57
Issue Date	1974-07-05
DOI	10.14943/gbhu.31.49
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14039
Type	bulletin (article)
File Information	31_p49-57.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University
Vol. 31, May, 1974, p. 49～58.

秋田駒が岳頂上付近の重力異常

山下　済・横山　泉
北海道大学理学部地球物理学教室
(昭和48年12月26日受理)

Gravity Anomalies near the Summit of Akita-Komaga-take

By Hitoshi YAMASHITA and Izumi YOKOYAMA
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received December 26, 1973)

A gravity survey was carried out at 24 points near the summit of Akita-Komaga-take in May 1972. In the calculations of the Bouguer and the topographical corrections, 2.4 and 2.0 g/cc are adopted respectively as the densities of the crust. The Bouguer anomaly is about 50 mgal at the periphery and 37 mgal at the summit.

The mean density of the central cone (Me-dake) is estimated as about 0.9 g/cc by comparison between calculated and observed values of gravity effect of the cone. The relation between the gravity values and the heights of the observation points provides the mean density as 1.2 g/cc around the central cone and 2.0 g/cc for all points. The apparent density of the central cone proves to be small. This is common to most scoria cones on volcanoes.

Mishina (1971) reported the negative magnetic anomaly of about 100 γ in total force observed by an airborne survey above the central cone. He attributed this anomaly to the high temperature of the summit region. However, it may be alternatively interpreted by the low density of the central cone. Reduction of the density by half has the same effect in magnetization as a temperature rise by 300～400°C.

I. まえがき

火山は地球内部から地表へ物質が移動することによって形成される．そこで重力異常を調べることにより，物質の分布状態を知れば，火山体の内部構造を論ずる手がかりが得られる筈である．現に，カルデラの地下構造を調べるのに，重力異常の解析が有効であることが実証されている．しかし一般の火山の頂上付近においては，測点の高度決定の精度が悪いこと，地形補正値が大きくその誤差も大きいであろうなどの理由から，重力異常を求めてもその精度は低いと考えられ，現在までの測定例は必ずしも多くない．この種の測定例を蓄積することは，火山の構造を調べる一方法の確立につながるものである．

II. 秋田駒が岳における重力測定とブーゲー異常

秋田駒が岳は秋田県田沢湖東方約 10 km，秋田・岩手県境近くに位置し，十和田八幡平地域の最南端に位置する火山である．1970 年 9 月，38 年ぶりに噴火を始めた．前回の噴火は女岳の南西麓で起った小規模の水蒸気爆発であったが，今回は女岳の頂上から北西約 100 m のところに開口し，最盛時には約 2 分間隔でストロンボリ式噴火を繰り返して，総計約 360 万トンの溶岩を流出して，1971 年 1 月末にその活動を停止した．

秋田駒が岳の 1970～71 年の噴火に際して，地震計測，航空磁気測量及び地質学的，地球化学的調査が実施されたが，重力測定は未着手であった．周辺地域 (Fig. 1) の重力測定としては，大亀・横山 (1970) の田沢湖周辺の測定がある．そのブーゲー異常の分布を示すのが Fig. 2 である．ここでは，地殻密度として国土地理院に準じて 2.67 g/cc をとっている．田沢湖の北東，秋田駒が岳との間に著しい低異常があるが，この異常に対応する地形的，また表層地質的な特徴は認められない．この異常が田沢湖の成因に関係あるか否かは現在のところ不明である．

その後，1970 年 10 月に秋田駒が岳周辺地域で 10 測点が追加されたが，筆者らは 1972 年 5 月，国見温泉入口 (海抜 753 m)，駒草荘 (同 677 m) より高所の，駒が岳頂上を中心として 24

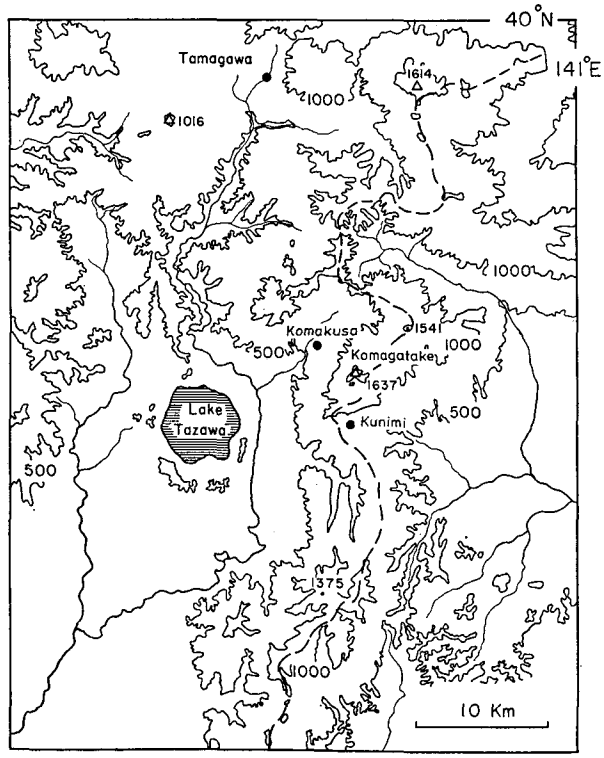

Fig. 1. Topographic sketch map around Akita-Komaga-take and Lake Tazawa.

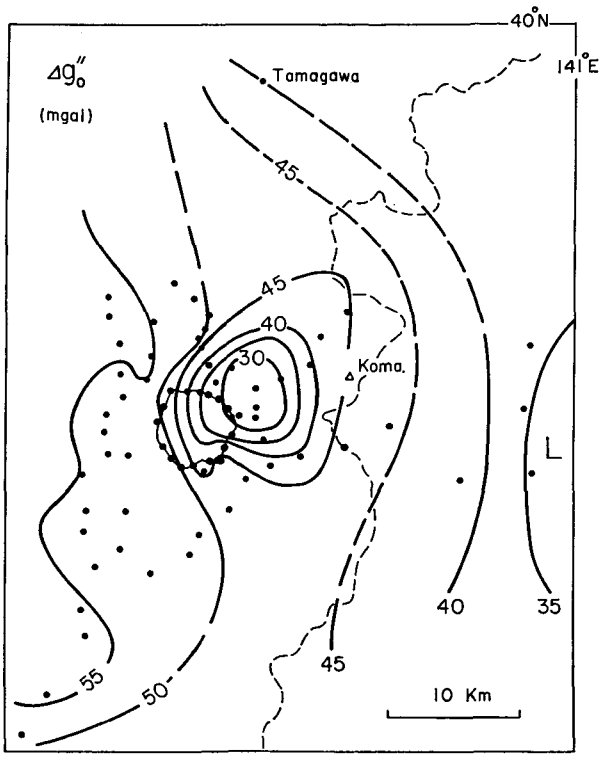

Fig. 2. Distribution of Bouguer anomalies around Akita-Komaga-take and Lake Tazawa ($\rho=2.67$ g/cc) after OOKAME and YOKOYAMA.

点で重力測定を補充した．測点の高度の決定には，American Paulin System 高度計を用いたが，その最小目盛は 0.5 m で，その精度は天候や地形によって変るが，同一地点を繰り返し測定することによって検定できる．今回の精度は ±3 m 以内と考えられる．地形補正及びブーゲー補正の計算に際しては，密度としてそれぞれ 2.0 及び 2.4 g/cc を用いたが，これらの密度については後で論ずる．地形補正は，山頂付近に対しては，日窒鉱業株式会社の作製した 1/5,000 地形図を用い，周辺地域に対しては，国土地理院の 1/50,000 地形図を用い，各測点から半径 12 km の範囲まで図式的に計算した．その最大値は 7.0 mgal に達した．$\partial g/\partial z$ としては 0.3086 mgal/m を用いた．

1970 年及び 1972 年の重力測定の結果をそれぞれ Table 1 及び 2 に示す．駒が岳周辺のブーゲー異常の分布を Fig. 3 に示す．国見温泉及び駒草荘辺ではブーゲー異常は 50 mgal 前後であるが，この値は Fig. 2 (密度 2.67 g/cc) の 45 mgal 等高線に対応すると考えられる．駒が岳頂上付近では 37 mgal に減少する．これは，山頂付近の山体は比較的新しい噴出物の堆積で，密度が小さいことを意味するものであろう．

女岳山頂を通るほぼ東西の線に沿って，地形及びブーゲー異常のプロファイルを示すと Fig. 4 のようになる．地形の凹んだ測点 (Nos. 11, 13, 15) におけるブーゲー異常値が殆ど

Table 1. Gravity values observed around Akita-Komaga-take.

Gravity point	λ 140°E	φ 39°N	Height (m)	Norma value (mgal) 980,	Observed value (mgal) 980,	Bouguer anomaly (mgal)
1. SH 249	46′0	44′2	249	157.11	143.71	38.28
2. SH 351	46.0	46.7	351	160.81	129.90	41.94
3. 荒沢橋	45.5	43.4	520	155.92	098.57	50.58
4. 峠	45.3	42.6	845	154.74	036.68	57.33
5. 六枚沢橋	45.2	42.1	302	154.01	134.42	43.09
6. がに場	45.4	48.2	782	163.03	054.25	53.53
7. 石黒沢	45.3	47.4	646	161.84	077.20	49.44
8. SH 620	45.2	46.0	620	159.77	077.35	46.27
9. 三叉路	45.0	44.3	245	157.25	136.63	30.23
10. SH 687	43.5	57.7	687	177.08	081.94	47.45

Table 2. Gravity values observed on Akita-Komaga-take.

Gravity point	λ 140°E	φ 39°N	Height (m)	Normal value (mgal) 980,	Observed value (mgal) 979,	Topog. corr. (mgal)	Bouguer anomaly (mgal)
1. 国見温泉入口	48′1	43′2	753	155.6	*053.1	0	53.8
2. 石塚旅館玄関	47.8	43.4	842	155.9	*032.9	0.5	52.3
3. 登山道	47.7	43.9	970	156.7	*005.0	1.5	51.1
4. 国見峠	47.7	44.2	1174	157.1	956.0	2.0	44.6
5. 稜線	48.0	44.3	1189	157.3	952.5	2.5	44.2
6. 〃	48.4	44.5	1300	157.6	923.1	3.0	38.3
7. 〃	48.6	44.9	1443	158.1	890.6	4.5	36.5
8. 三角点 1583	48.5	45.2	1583	158.6	858.1	5.5	33.6
9. あみだ池小屋	48.2	45.3	1531	158.7	875.1	3.0	37.1
10. 駒が岳近道分岐	48.6	44.6	1348	157.7	912.3	3.5	37.9
11. 凹部	48.5	44.9	1352	158.1	915.4	2.5	39.8
12. 寄生火山丘頂上	48.4	44.9	1408	158.1	899.6	3.0	36.7
13. 凹部	48.2	44.9	1358	158.1	914.4	2.5	40.7
14. 女岳頂上	47.9	44.9	1514	158.1	870.3	7.0	33.4
15. 女岳北東麓	47.7	45.1	1373	158.4	910.4	3.5	40.5
16. 男岳麓	48.0	45.2	1434	158.6	897.1	4.0	40.1
17. 〃	48.1	45.3	1559	158.7	866.9	4.0	35.8
18. あみだ池	48.1	45.3	1532	158.7	875.1	3.0	37.4
19. 登山道	48.5	45.7	1399	159.3	907.2	2.0	40.3
20. 八合目小屋	48.6	46.0	1300	159.8	932.0	1.5	43.5
21. 登山道	47.9	46.2	1111	160.1	977.3	0.5	48.3
22. 〃	47.0	46.2	897	160.1	*023.0	0	49.1
23. 駒が岳登山口	46.0	46.1	640	159.9	*075.7	0	48.6
24. 駒草荘新館玄関	46.0	47.5	677	162.0	*068.9	0	47.4

* 980,

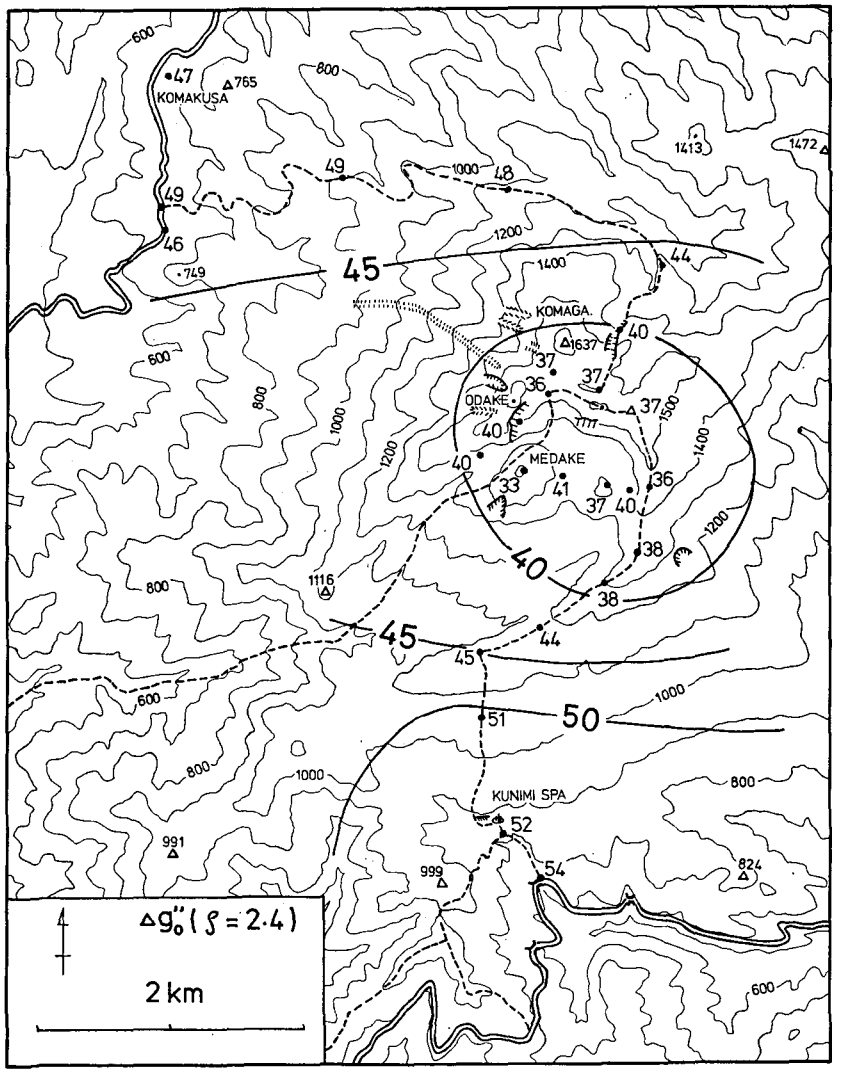

Fig. 3. Distribution of Bouguer anomalies around Akita-Komaga-take ($\rho=2.4$ g/cc).

40 mgal であるのに対して，稜線部 (No. 7)，寄生丘 (No. 12)，中央丘一女岳 (No. 14) の異常値はいずれも 2～3 mgal 小さい．地形補正の誤差をも考慮すべきであるが，この傾向は系統的であるので有意義なものと思われる．

いま，山体の密度を論ずるために，山体の重力 (引力の鉛直成分) 効果を考える．Fig. 5 を女岳のモデルとすれば，直径 750 m，高さ 148 m の円錐である．山頂及び山麓に対する山体の重力効果をそれぞれ F_t 及び F_b で表わし，G を重力定数，ρ を山体の見掛け密度とすれば

$$F_t = G\rho\iiint \frac{zr\,dr\,d\theta\,dz}{(z^2+r^2)^{\frac{3}{2}}} = 2\pi\rho Gh\left(1-\frac{h}{\sqrt{a^2+h^2}}\right)$$

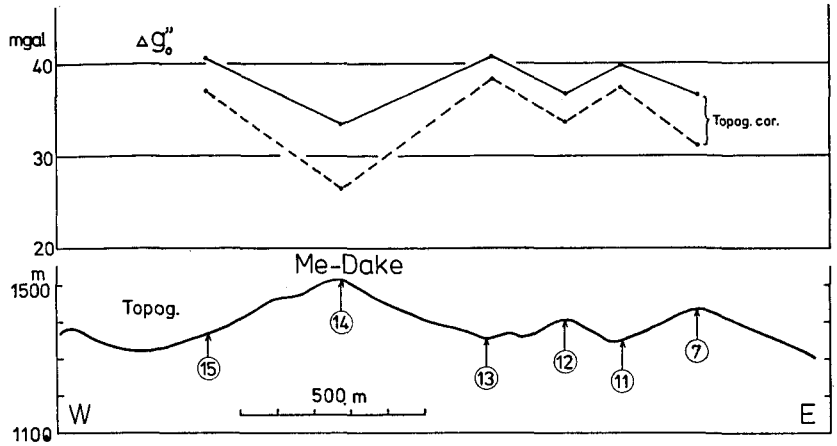

Fig. 4. Profiles of topography and Bouguer anomaly around Me-dake. Numerals in circles denote the gravity points.

となり，$a=750$ m, $h=148$ m を代入すれば

$$F_t = 3.93\rho \qquad (\text{mgal}).$$

また

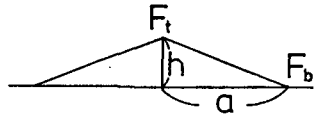

Fig. 5. A model of the cone.

$$F_b = G\rho\iiint \frac{zr\,dr\,d\theta\,dz}{(z^2+r^2+a^2-2ar\cos\theta)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{2\pi\rho G h^2}{a}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{[(k-1)!!]^2}{(k+3)!}$$

$$+\frac{18\rho G h^4}{a^3}\sum_{k=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\int_0^{\pi}P_k(\cos\theta)\dfrac{\sin(n+1)\theta}{\sin\theta}\,d\theta}{(k+n+5)(k+n+4)(k+n+3)(k+n+2)}$$

$$\fallingdotseq 2\pi\rho G\left(0.062\frac{h^2}{a}+0.027\frac{h^4}{a^3}\right),\quad (k=1\sim7,\ n=0\sim5),$$

となり，$a=750$ m, $h=148$ m を代入すれば

$$F_b = 0.15\rho+0.01\rho \qquad (\text{mgal}).$$

いま，山体の底部での重力異常は均一であり，重力の鉛直勾配を標準値 0.3086 mgal/m と仮定し，周辺の地形が山頂及び山麓に及ぼす効果が等しく，かつ山頂及び山麓の重力をそれぞれ g_t 及び g_b とすれば，次式が成立つ：

$$g_b+F_b = g_t-F_t+0.3086h.$$

g_t 及び g_b に女岳における実測値を，F_t 及び F_b として前出の式を代入すると，$\rho=0.91$ g/cc が得られる．

同様な考察を伊豆大島三原山の 2 つの寄生火山，愛岩山及び岳の平についておこなってみる．YOKOYAMA (1957) によれば重力値は次のようである．

測点		高度 (m)	重力値 (mgal) 980,	底面半径 (m)
愛宕山 No. 12	東山麓	65.1	847.0	175
愛宕山 No. 13	山頂	119.5	829.4	
愛宕山 No. 14	西山麓	38.7	852.6	
岳の平 No. 28	東山麓	128.0	826.6	320
岳の平 No. 29	山頂	231.9	796.2	

これより，山体の見掛け密度として，それぞれ約0.5及び0.6 g/ccを得るが，非常に小さい値が得られたのは，この場合，周辺の地形の影響があると考えられる．

更に別な観点から，駒が岳の山体の見掛け密度を考える．高度 h の測点における重力の値(地形補正済み)を g_h とすれば，次式が成立つ：

$$g_h=\gamma_0+(2\pi G\rho-\partial g/\partial z)\,h+\Delta g_0'',$$

ここで，γ_0 は標準重力，$\Delta g_0''$ はブーゲー異常である．いま，一般に $\Delta g_0''$ は高度 h に対してランダムであるとして無視して，$(g_h-\gamma_0)$ を高度 h に対してプロットすれば，Fig. 6 のようになる．この勾配が $(2\pi G\rho-\partial g/\partial z)$ に等しく，$\partial g/\partial z$ を標準値 0.3086 mgal/m と仮定すれば ρ が求まるわけである．駒が岳周辺の全部の測点 (Table 2) については直線 A が得られ，$\rho=2.0$ g/cc と求まる．前述のブーゲー異常を求めるに際しては，地殻密度として $\rho=2.4$ g/cc を用い，地形補正には $\rho=2.0$ g/cc を用いた．また女岳周辺の 3 点 (Nos. 13, 14, 15) については直線 B が得られ，$\rho=1.2$ g/cc となり，これは前に得られた $\rho=0.9$ g/cc に近い値である．

以上の議論は幾つかの仮定に基づいている．すなわち，重力異常は，火山丘の底面では均一とし，或は測点の高度に無関係とし，周辺の地形の効果は火山丘の山頂及び山麓に対して同じであるとし，また重力の鉛直勾配として標準値を採用した．しかしながら，一般に，中央火口丘・寄生丘は多孔質な岩滓などが疎に堆積したものであり，見掛け密度は小さく，1 g/cc 前後であろうと結論される．

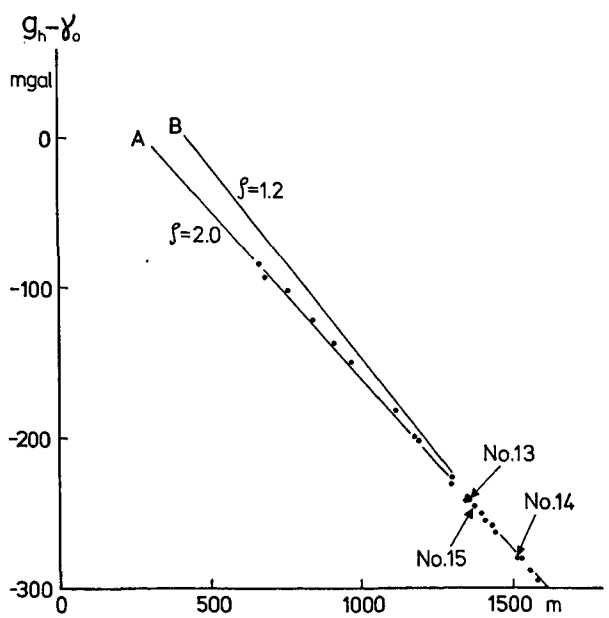

Fig. 6. $(g_h-\gamma_0)$ vs. height.
A-line: all values around Akita-Komaga-take
B-line: 3 values around Me-dake

III. 秋田駒が岳における重力異常と全磁力異常との関係

秋田駒が岳においては，噴火開始後約2ヵ月の1970年11月に高木ら (1971) が，航空機を用いてプロトン磁力計によって全磁力を測定した．測線間隔は駒が岳に近い地域では500 m，その外側では1～2 kmで，測定高度は海抜7000 ftが主で，中央部では更に8000 ftで4測線を加えた．W.M.S. による全磁力図を基準にして，高度7000 ftの測定結果から得られた残差異常の分布をFig. 7に再録する．三品 (1971) は女岳付近の磁気異常を論ずる際に，女岳を通るほぼ南北の線に沿って，一様帯磁を仮定した計算値と観測値とを比較した．その結果をFig. 8に再録する．帯磁の強さとしては，自然残留磁気だけを考えて J=0.0075 emu/cc とした．Fig. 8で観測値と計算値との差 (O–C) は，女岳付近上空で約100 γ の負の値を示す．三品によれば，この負の値は測定高度からみて表層地質等浅所の影響とは考えられないので，1970年の噴火に直接関連するものであり，その大きさは四角柱のダイクで近似すれば，地表に頂をもつ一辺約400 m程度のものと見積られる――．すなわち，三品はこのダイクが高温で帯磁が小さいために負の残差異常が生ずると考えている．

上述の負の残差異常に関しては，別な解釈も可能である：ポアッソンの定理によって，磁

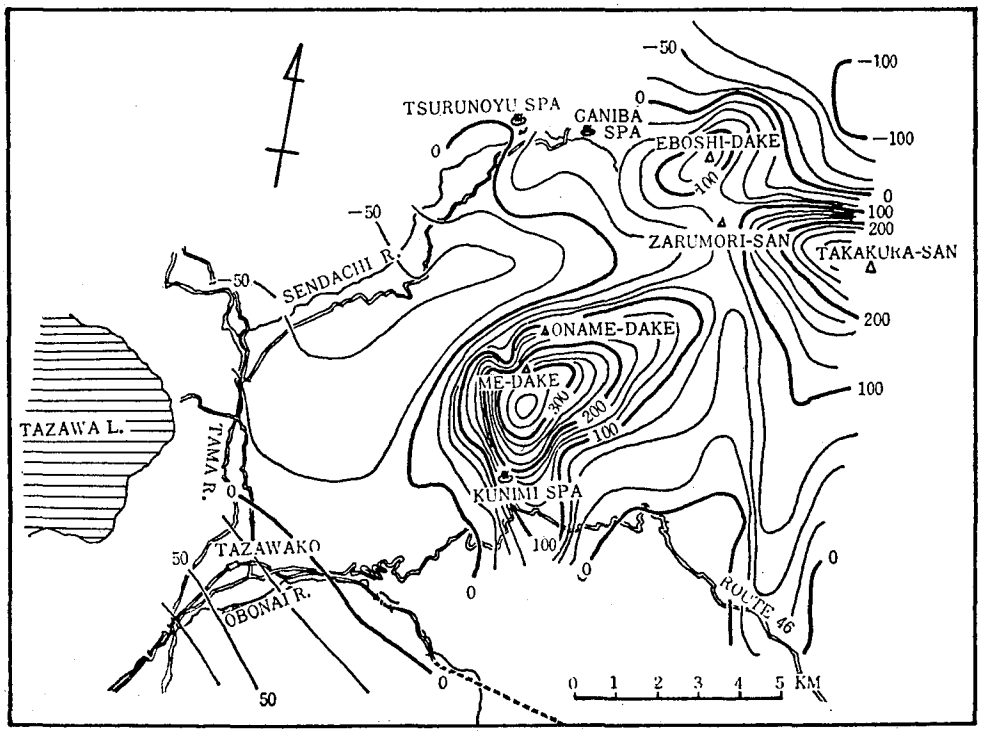

Fig. 7. Distribution of magnetic anomaly in total force observed at a flight level of 7000 ft above the sea level, around Akita-Komaga-take. Unit is gamma. (after TAKAGI et al.)

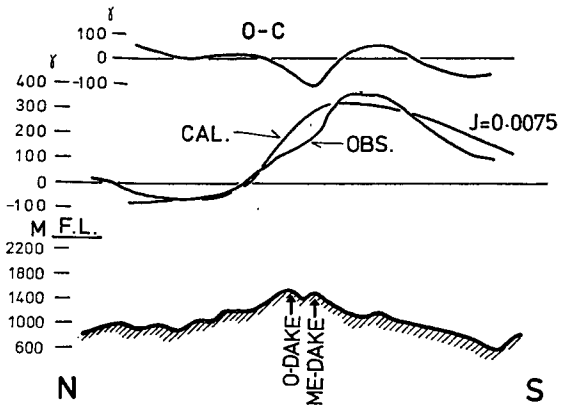

Fig. 8. Profiles of topography and magnetic anomalies along the north-south line through Medake after MISHINA.

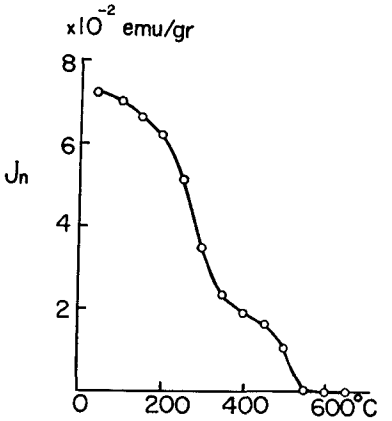

Fig. 9. Thermal remanent magnetization of the 1950 lavas of Mihara produced by the cooling process under magnetic field after NAGATA.

気ポテンシャル V と重力ポテンシャル U とは次の関係にある：

$$V=\frac{J}{G}\frac{\partial U}{\partial i},$$

ここで，J は帯磁の強さ (emu/g)，i は帯磁の方向である．密度は U に線形に含まれる．前述のように，女岳火山体の見掛け密度が，基盤山体の約 1/2 であることを考えると，それによる地磁気異常は半減する筈である．岩石の帯磁はその温度上昇によっても減少する．いま大島三原山の玄武岩質溶岩の例について示すと Fig. 9 のようであり，その残留磁気は 300°C で常温での値の約 1/2 になる．すなわち，密度が 1/2 であることは，温度が 300°C 上昇したことに匹敵する．三品の言うような，一辺約 400 m の高温の四角柱ダイクの妥当性を検討する必要がある．実際には，密度効果と温度効果との両者が，負の残差磁気異常の原因かも知れない．

文　献

三品正明, 1971. 秋田駒ケ岳の地磁気および重力. 火山, **16**, 98-102.

大亀　学・横山　泉, 1970. 田沢湖および赤井川盆地の成因についての一考察. 北海道大学地球物理学研究報告, **24**, 81-92.

高木章雄・田中和夫・三品正明・佐藤俊也・河野俊夫, 1971. 秋田駒ケ岳における航空磁気測定. 秋田県駒ケ岳・噴火調査報告 (東北大学理学部), 60-68.

YOKOYAMA, I., 1957. Geomagnetic anomaly on volcanoes with relation to their subterranean structure. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **35**, 327-357.

横山　泉・大亀　学, 1971. 秋田駒ケ岳周辺の重力異常および地磁気異常. 秋田県駒ケ岳噴火調査報告 (東北大学理学部), 56-59.