HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	重力異常からみた阿寒カルデラの構造
Author(s)	大川, 史郎; 横山, 泉
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 38, 17-29
Issue Date	1979-11-30
DOI	10.14943/gbhu.38.17
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14078
Type	bulletin (article)
File Information	38_p17-29.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, Sapporo, Japan
Vol. 38. November, 1979, p. 17−29.

重力異常からみた阿寒カルデラの構造

大川　史郎*・横山　　泉
北海道大学理学部地球物理学教室

（昭和53年12月27日受理）

Subsurface Structure of Akan Caldera based on Gravity Anomalies

By Shiro OHKAWA and Izumi YOKOYAMA
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received December 27, 1978)

Akan Caldera, one of the largest calderas in Japan, is situated at the southwestern end of the Akan-Siretoko volcanic belt in the eastern part of Hokkaido. A huge amount of pyroclastic materials is widely deposited around the caldera. The configuration of Akan Caldera is somewhat different from ordinary calderas; Akan Caldera shows an elliptic or a rectangular shape in contrast to the circular shape of ordinary calderas. Akan Caldera is, therefore, sometimes classified as a "volcano-tectonic depression".

Supplemental gravity surveys on and around Akan Caldera were carried out in 1975 in order to get a more detailed distribution of gravity anomaly and to deduce the subsurface structure and the mechanism of formation of the caldera. Low gravity anomalies amounting to 21 mgal are found on Akan Caldera. The subsurface structure deduced from the gravity anomalies shows an oblong inverted cone with maximum depth of 2.7−4.7km below the sea level. The mass deficiency due to low density materials on Akan Caldera was estimated at 5.2×10^{10} tons by the Gauss' theorem. The explosions which caused the caldera formation seem to have occurred along a fissure extending in the east-west direction.

I. はじめに

千島列島から北海道東部地方にかけて，ほぼ北東ー南西方向に，第4紀の火山が連らなって分布している．阿寒カルデラは，この火山列の南西端に位置する火山で，北東に隣接する屈斜路・摩周カルデラと共に，広大な火山地域を形成している（Fig. 1）．阿寒カルデラは，長径約24km，短径約13 km の，ほぼ長方形のカルデラであり，その生成年代は屈斜路カルデラとほぼ同時期（3万数千年前）とされている（石川，他，1979）．このカルデラ内には，現在もなお活発な噴気

---

* 現在，石油資源開発株式会社物理探鉱部

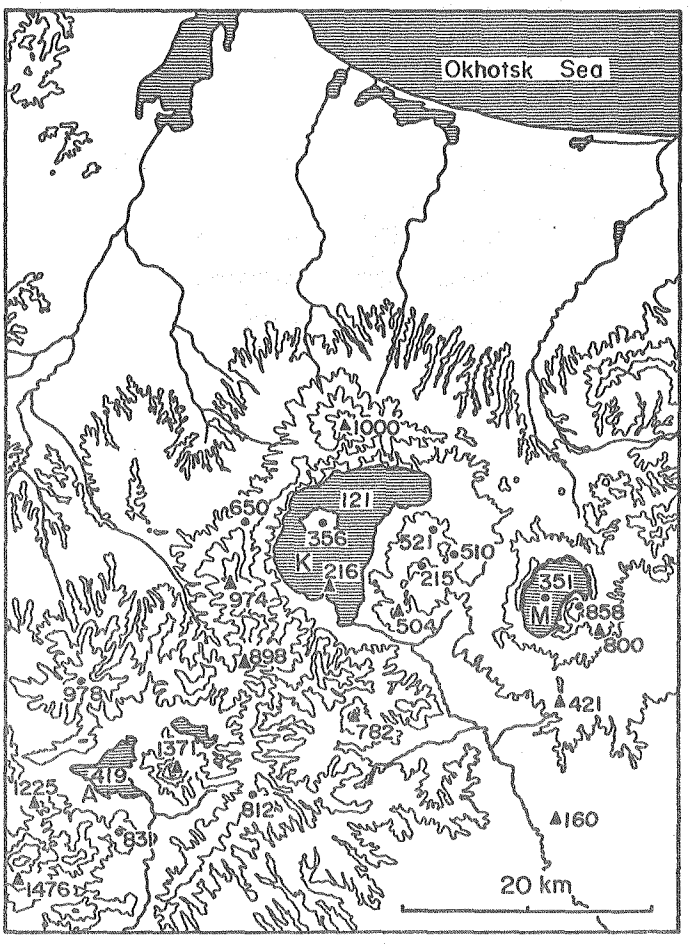

Fig. 1. Topograpical map of the Kuttyaro-Akan volcanic region. K : Lake Kuttyaro, A : Lake Akan, M : Lake Masyu.

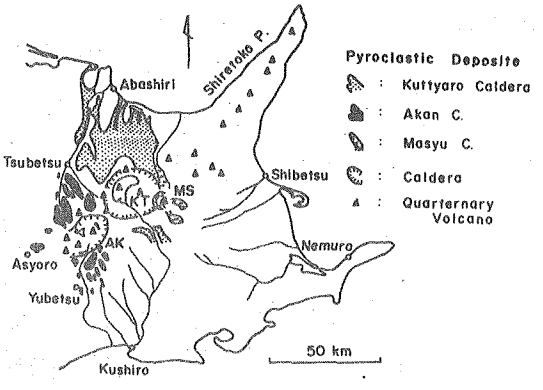

Fig. 2. Distribution of pyroclastic deposits in and around the Kuttyaro-Akan volcanic region (after Katsui, 1958).

活動を続けている雌阿寒岳（海抜1499m）をはじめ，雄阿寒岳（1371m），阿寒富士（1476m），フップシ岳（1225m），フレベツ岳（1098m）などの，カルデラ形成後に噴出した成層火山がいくつも存在する．またカルデラ北東部には，雄阿寒岳の噴出によるせき止湖である阿寒湖や，パンケトー，ペンケトーなどの湖が水をたたえている．

阿寒・屈斜路カルデラ周辺には，これらのカルデラが噴出したと見られる火山砕屑物質（主として軽石流・熔結凝灰岩）が広く分布し，広大な火山砕屑岩台地を形成し

している（Fig. 2）．阿寒カルデラ周辺の火砕物質についてみれば，阿寒カルデラを中心として，北は津別，南は雄別，西は上足寄付近まで広く分布している．これらの火砕物質は，阿寒カルデラとほぼ同時代に噴出したとみられる屈斜路カルデラによる火砕物質である可能性も考えられようが，その流出方向・層厚変化等の分布状態からみて，噴出源は阿寒カルデラであると考えられている（勝井，1958；佐藤，1965）．したがって，阿寒カルデラも，他の低重力異常型カルデラと同様，大量の火山砕屑物質の噴出を伴って形成されたものと推定され，カルデラ内部では，低重力異常――質量欠損――が期待される．

ところで，阿寒カルデラは，屈斜路カルデラや支笏カルデラなどの低重力異常型（いわゆるクラカトア型）カルデラとは若干異なった構造をもつ“火山構造性大陥没地（volcano-tectonic depression）”であり，その形成機構も，単純な低重力異常型カルデラとは異なっていると言われている（佐藤，1965）．著者らは，阿寒カルデラおよびその周辺での重力異常分布から，阿寒カルデラの構造および形成機構を論ずる目的で，1975年7月および9月の2回にわたり，阿寒火山地域における重力測定を実施した．以下にその結果および考察を報告する．

II．重　力　測　定

測定は，1975年7月および9月に，LaCoste & Romberg 重力計（G型 No. 31）を用いて，計39地点で実施された．各地点の重力値は，北大地球物理学教室内の国土地理院1等重力点の重力値（g＝980, 490. 91 mgal : Potsdam 系）に準拠して求めた．求められた重力値をもとに，重力の鉛直勾配を 0.3086 mgal/m，また地殻の密度を 2.50 gr/cc と仮定し，1930年国際重力式による標準重力値を用いて，各地点での重力異常値を算出した．Table I にその結果を示す．なお，水準点・独標以外の高度未知の点での測高手段としては，American Paulin System 精密気圧測高計（精度約3m）を用いた．

阿寒火山地域を含む北海道東部地方において，現在までに実施された重力測定としては，1952年の地理調査所（GEOGRAPHICAL SURVEY INSTITUTE, 1953）による測定をはじめ，1958年の屈斜路湖および阿寒湖の凍結湖面上での測定（横山・他，1958; YOKOYAMA, 1958），1962年の国土地理院による2等重力測量（未公表），1963年の屈斜路カルデラ内の測定（北大理学部，未公表），1964年の根釧原野における測定（森，1965），1966年および1969年の摩周湖における測定（横山，1970），1970年の北海道立地下資源調査所・北大理学部による雌阿寒温泉・オンネトー付近の測定（未公表）などがある．これらのデータをもとに，地殻密度を2.50gr/cc として Bouguer 異常値を再計算し，今図のデータと共に再編集して Bouguer 異常図を作製した．ただし，地形補正はその補正量は小さいものと予想されるため，摩周湖の測定以外の点では省略した．以下の章で重力異常について調べてみよう．

Table 1. Gravity values and anomalies on and around Akan Caldera.

Gravity point	Lat. 43°N	Long. 144°E	Height (m)	Observed value (mgal) 980,	Normal value (mgal) 980,	Free-air anomaly (mgal)	Bouguer anomaly (mgal)
1 阿寒湖畔・ボッケ	26'.2	6'.3	419	463.24	488.29	104.25	60.35
2 林道・カーブ	25.7	4.7	451.5	450.18	487.53	101.98	54.67
3 林道・終点	24.4	4.0	720	399.30	485.64	135.85	60.41
4 阿寒国道	26.1	3.5	499	443.46	488.24	109.21	56.93
5 林道・独標	26.8	1.6	513	444.51	489.28	113.55	59.80
6 阿寒国道・仮B. M.	25.8	7.1	429.77	460.83	487.77	105.68	60.65
7 阿寒国道・カーブ	25.2	10.2	428	469.29	486.81	114.56	69.71
8 阿寒国道・仮B. M.	26.1	11.3	474.83	468.24	488.20	126.58	76.83
9 双湖台	26.8	12.5	687	427.62	489.22	150.41	78.43
10 双岳台付近・仮B. M.	27.5	13.8	721.96	423.03	490.30	155.53	79.88
11 阿寒国道・仮B. M.	27.5	14.8	611.40	449.10	490.30	147.47	83.42
12 旧国道	26.7	4.7	430	464.07	489.04	107.73	62.68
13 キタネンベツ川	29.0	5.2	427	484.66	492.57	123.86	79.13
14 パンケトーロ・独標	29.2	9.1	455	478.70	492.85	126.26	78.59
15 一の沢橋	29.4	10.2	477	479.42	493.21	133.41	83.44
16 二の沢・独標	29.2	11.8	522	458.66	492.82	126.92	72.23
17 三の沢・カーブ	29.4	12.9	586	450.19	493.09	137.93	76.54
18 四の沢	28.3	12.8	580.5	450.86	491.47	138.54	77.72
19 林道・カーブ	28.8	12.3	553	457.03	492.25	135.44	77.50
20 林道・橋	29.8	12.0	587	449.53	493.75	136.92	75.42
21 林道・橋	28.7	9.1	425	482.80	492.07	121.88	77.35
22 まりも生息地	28.5	6.8	419.3	484.08	491.73	121.75	77.82
23 林道・カーブ	27.3	4.3	425	471.94	490.06	113.04	68.51
24 林道・独標	27.9	5.8	420	483.39	490.93	122.07	78.07
25 オンネトー～上螺湾	22.0	56.7*	481	463.67	482.10	130.01	79.61
26 ピリカネップ	22.5	8.1	328.5	499.37	482.79	117.96	83.54
27 林道・カーブ	22.0	6.2	456	475.68	481.96	134.44	86.66
28 第2白水橋	21.8	4.2	575.5	452.91	481.69	148.81	88.52
29 林道・カーブ	21.2	2.6	733	419.39	480.79	164.80	88.00
30 II. B. M. 240-055	24.3	8.8	356.95	481.18	485.49	105.84	68.44
31 釧北峠	27.6	1.1	585	431.77	490.51	121.79	60.50
32 高圧線・下	29.1	0.8	464	460.69	492.75	111.13	62.52
33 北線橋	30.2	59.8*	365	481.98	494.29	100.33	62.09
34 北見相生駅	32.5	59.1*	263.48	505.53	497.85	88.99	61.38
35 布川	35.2	58.6*	194.5	516.54	501.93	74.63	54.26
36 本岐駅	38.8	59.8*	122.99	534.76	507.27	65.44	52.55
37 大正駅	36.9	59.3*	160.91	525.10	504.45	70.31	53.45
38 足寄峠	26.1	0.4	640	414.19	488.15	123.55	56.49
39 阿寒国道	26.1	3.5	542	437.72	488.23	116.76	59.97

Asterisk denotes 143°E.

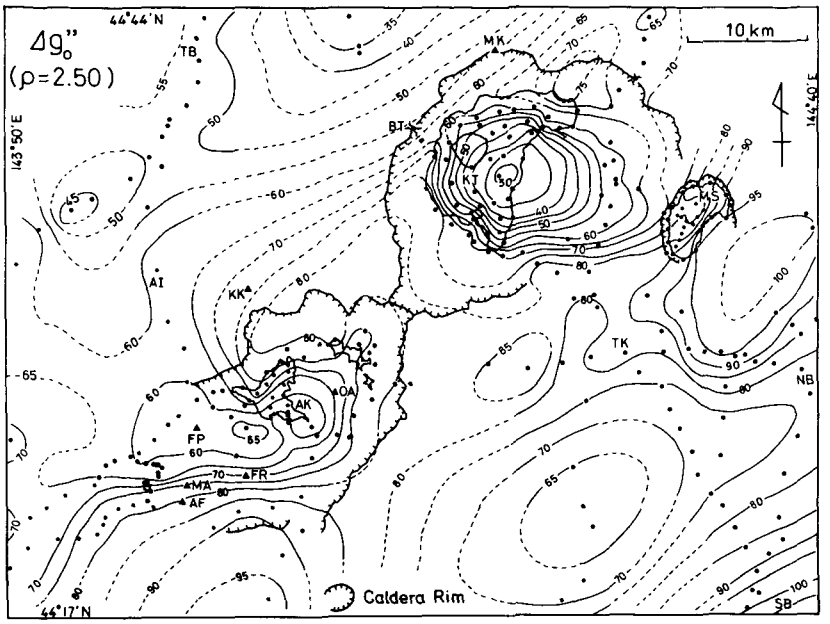

Fig. 3. Distribution of Bouguer gravity anomalies on and around the Kuttyaro-Akan volcanic region. Unit is mgal.

III. 重 力 異 常

III－1. 屈斜路・摩周・阿寒火山地域の重力異常

まず，阿寒火山地域を含む，より広域での重力異常分布を見るために，阿寒火山地域のデータの他，屈斜路・摩周火山およびその周辺のデータを用いて重力異常図を作製した(Fig. 3). Fig. 3より，屈斜路湖（KT）および阿寒湖（AK）付近に，周囲と比べ，それぞれ，約40 mgalおよび20 mgalに達する低異常域が存在することが明瞭である．屈斜路カルデラにおける低重力異常については YOKOYAMA (1958) によって解析がなされている．それによれば，屈斜路カルデラの地下には，低密度物質（カルデラ堆積物）がロート状に堆積しており，カルデラでの質量欠損量は 7.8×10^{10} tonsに達している．

屈斜路・阿寒両カルデラの北東側では低異常域が，また南東側では高異常域を経て，低異常域が，それぞれ，ほぼ北東－南西方向に帯状に連らなっている．勝井(1958)・佐藤(1965) によれば，屈斜路・阿寒火山群は，知床火山群と共に，北東－南西方向に伸びる第3紀中新世の基盤層の一大背斜軸に沿って噴出したものであり，その両側では，中新世から鮮新世の地層が緩い傾斜をなして分布し，さらに第4紀層も広く分布している．上述した地域的重力異常の特徴は，これらの事実を反映しているものと思われる．屈斜路カルデラの南側の根釧原野における低重力異常については，森（1965）によって解析がなされており，新世代堆積層の厚さとして約1.5kmを得ている．

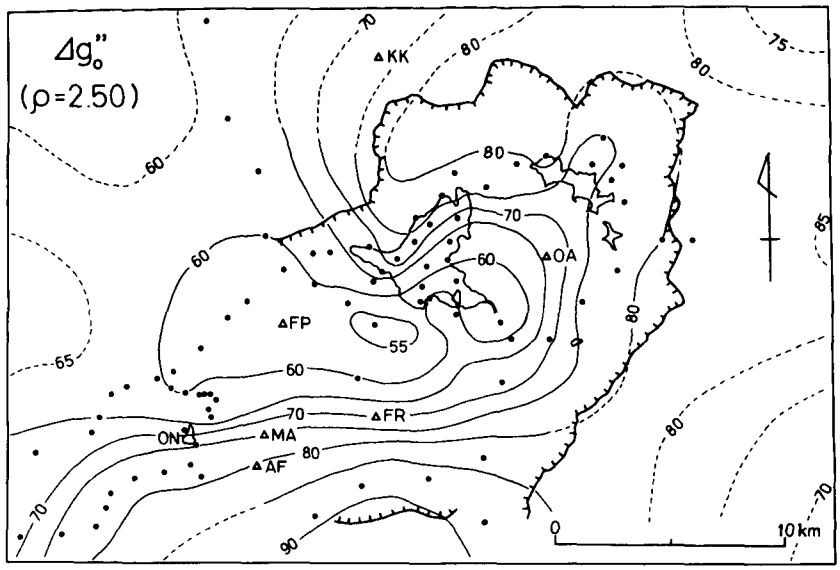

Fig. 4. Distribution of Bouguer gravity anomalies on and around Akan Caldera (Unit is mgal. KK: Kikin-dake, OA: O'akan-dake, MA: Me'akan-dake, FP: Fuppushi-dake, FR : Furebetsu-dake, ON : On-neto, AF : Akan-Fuji).

III－2. 阿寒カルデラの重力異常

Fig. 4は，阿寒カルデラおよびその周辺でのBouguer 異常図である．これは，Fig. 3の南西部分を拡大したものである．測定点はまだ充分多いとは言えないが，この重力異常図をもとに，阿寒カルデラでの重力異常について議論する．

まず，Fig. 4 より，基盤より深い構造を反映する地域的傾向と，基盤より浅い火山性の構造を反映する局地的構造とを分離することを考える．ここでは，Fig. 4 に示される範囲外の重力異常をも考慮して，最も平易な方法である2次元移動平均法を用いた．すなわち，重力異常図を2km ごとのメッシュに切り，各格子点での値を読み取り，各格子点においてその周囲の12×12個のデータの平均値を求めた．この操作は波長が約45km 以上の重力異状を抽出することに相当する．計算された移動平均値をもって地域異常とし，これらと元の異常値との残差を局所異常とする．Fig. 5 およびFig. 6は，それぞれ，このようにして求められた地域異常および局所異常である．

地域的重力異常

阿寒カルデラ付近の地域的重力異常は，Fig. 5 からわかるように，北西から南東方向に向かって徐々に増加してゆく傾向にあり，カルデラ南東部で極大に達しているように見える．したがって，阿寒カルデラ付近では，基盤が南東方向にゆるやかに隆起してゆき，カルデラ南東部付近に隆起の中心軸をもっていることが想像される．これらの事実は，前述した，勝井（1958）・佐藤（1965）等による地質学的調査の結果とほぼ一致している．このように，カルデラの中心に向か

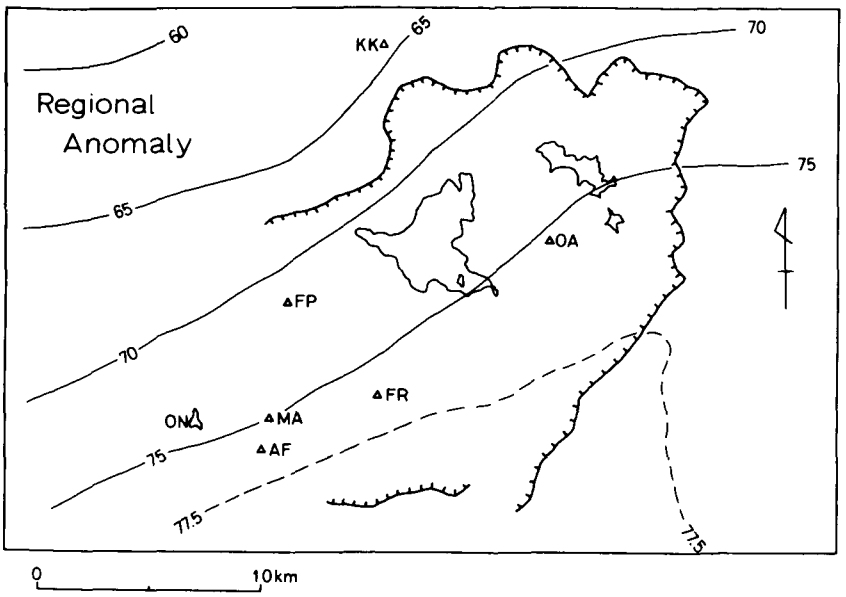

Fig. 5. Distribution of regional gravity anomalies on and around Akan Caldera. Unit is mgal.

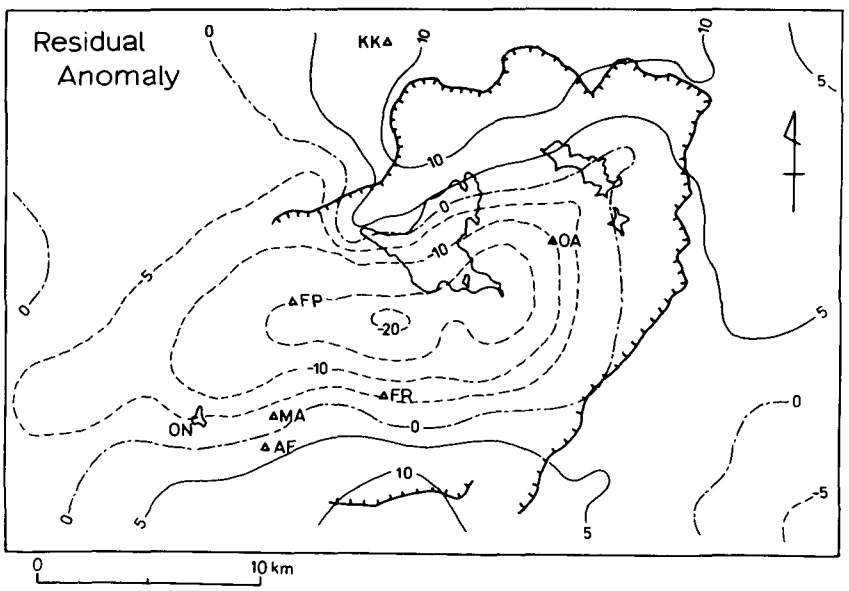

Fig. 6. Distribution of residual gravity anomalies on and around Akan Caldera. Unit is mgal.

って，基盤が隆起している構造は，支笏・洞爺・箱根などの中規模のカルデラにおいても認められており，カルデラの形成機構と密接な関係をもっていることが考えられている（YOKOYAMA 1966）.

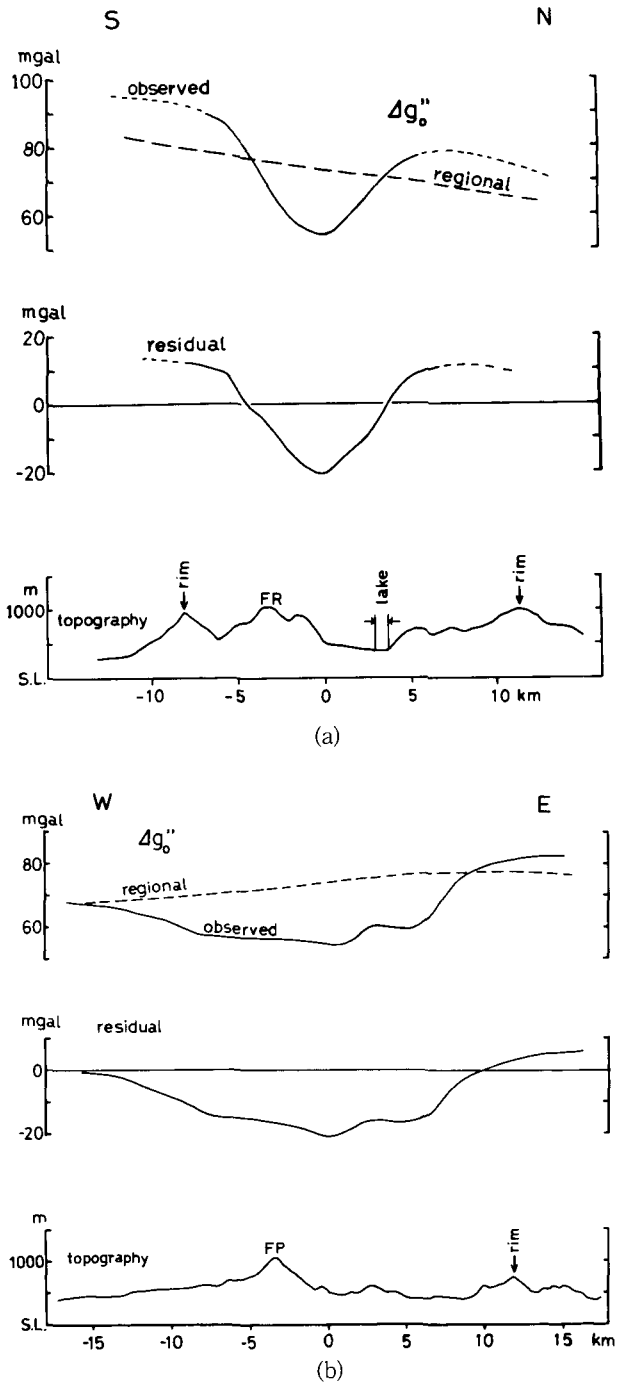

Fig. 7. Profiles of gravity anomalies and topographies along a north-south (a) and an east-west (b) line through the center of Akan Caldera (FR: Furebetsu-dake, FP: Fuppushi-dake, rim: caldera rim, lake: Lake Akan).

局所的重力異常

次に，浅所の構造を反映しているとみられる残差異常（局所異常）図（Fig. 6）をもとに，阿寒カルデラについて議論する．Fig. 6 より，阿寒湖南岸の約 4 km の地点を中心として，約−21 mgal に達する低重力異常域の存在が明瞭である．すなわち，阿寒カルデラは屈斜路カルデラや阿蘇カルデラなどと同様な，低重力異常型カルデラ（いわゆるクラカトア型）に属するカルデラである．ただし，一般の低重力異常型カルデラでは，等重力異常線はほぼ同心円状の形を示すのに対し，阿寒カルデラでは，ほぼ東西方向に伸びる短形もしくはだ円形を示している．阿寒湖北岸付近，およびカルデラの南側のオンネトー・雌阿寒岳・フレベツ岳を結ぶ線に沿って，重力異常の水平勾配の大きな場所がほぼ東西方向に伸びており，この付近の地下に急傾斜の密度不連続面があることを示している．ここで，低重力異常の中心を通る南北方向のプロファイルを示せば，Fig. 7 (a) ののようになる．これらの密度不連続面が構造性の断層によるものかどうかは，現在のところ定かではないが，南側の不連続面に沿ってフレベツ岳・雌阿寒岳・阿寒富士等のカルデラ形成後に噴出した火山が存在することから，これらの火山に沿って地下に弱線構造があることが考えら

られる．一方，カルデラの西縁は，中心を通る東西プロファイル（Fig. 7(b)）からも明らかなように，地形と同様，重力異常からもあまり明瞭ではない．

ところで，佐藤（1965）による地質学的調査からは，阿寒カルデラの構造は基盤の知床方向に支配され，北東－南西方向に伸びており，また，カルデラ南東壁の内側数 km に，カルデラ壁とほぼ平行に，顕著な断層（阿寒断層）が走っていることが示されている．また，カルデラ内の地熱地帯（噴気口・温泉）の分布も，ほぼ北東－南西方向に連らなっている（福富・他，1969）．しかし，測定点が十分ではなく，あまり詳しいことは言えないが，重力異常図（Fig. 6）から推定される阿寒カルデラの地下構造は，基盤の知床方向とは斜交する，東西方向に卓越しているように見える．ここでは，これ以上の議論は控えるが，この問題についての今後の調査・研究が望まれる．

重力異常図（Fig. 6）より推定されるカルデラ縁は，0 mgal の等異常線に沿う線，もしくは，0 mgal と 5 mgal の等異常線の中間程度に位置するものと思われる．ただし，西側の境界は，前述したように明瞭ではない．これを地形上のカルデラ外縁と比較すれば，特にカルデラの北側および南側では，重力異常から推定されるものの方が，地形上の外縁より内側にあり，はるかに小さい．このことは，荒牧（1969）の指摘するように，現在のカルデラ縁は，カルデラ形成後の浸食の影響を受けており，実際のカルデラ縁よりもかなり外側に拡大されている可能性もある．以上の推定が正しいとすれば，佐藤（1965）の推定したカルデラ底の中心（フレベッ岳付近）は，むしろカルデラ南縁に位置し，真の中心はフレベッ岳の北約 3 km 付近となる．

Ⅳ．阿寒カルデラの地下構造

次に，観測された重力異常をもとに，阿寒カルデラの地下構造を推定してみよう．もとより，重力異常のみからは一義的に地下構造を決定することはできない．しかし，現段階では，他の地球物理学データが乏しいので，ここでは重力異常だけから地下構造を推定することにする．

阿寒カルデラの局所的重力異常は Fig. 6 からわかるようにほぼ東西方向に伸びており，中心を通る南北方向では，2 次元モデルが適用可能である．ここでは，友田・千秋（1956）による 2 次元 $\sin x/x$ 法を用いて地下構造を推定する．この方法は地上で観測された重力異常を地下の平面上に凝縮された質量によるものとして，その凝縮面上の密度分布を求める方法であり，さらに，2 層間の密度差を仮定することにより，その凝縮面の凹凸を知ることができる．$\sin x/x$ 法を用いるに当って，Fig. 7 で示される局所異常の南北プロファイルを 1 km おきに読みとり，これを入力データとした．ところで，このデータをそのまま用いて計算すると，短波長成分によるノイズのため，計算結果は大きなばらつきを示し，不自然な結果となる．そこで，友田・千秋（前出）によって示されている，短波長成分を考慮せずに計算を行なう方法を用いて，5 km 以下の波長をもつ変化は考慮しないで計算を行なった．パラメーター（凝縮面深度および密度差）を色々変えて計算を行なったが，これらのパラメーターの値のとり方には，かなり任意性が含ま

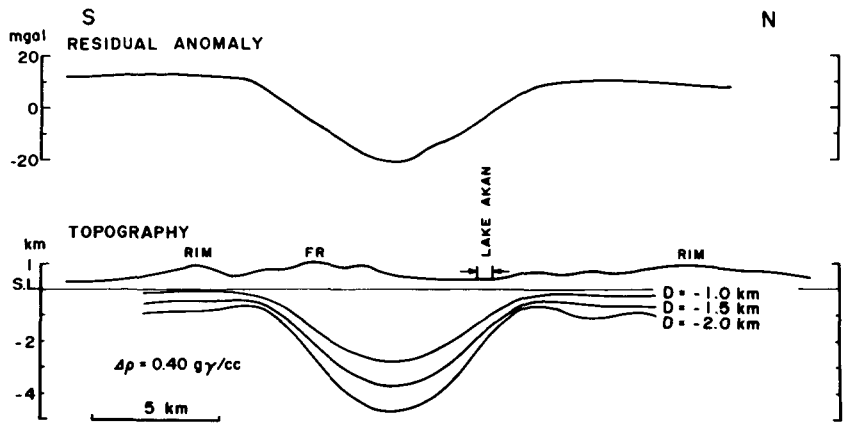

Fig. 8. Profiles of the residual gravity anomalies, topography and deduced subsurface structure on Akan Caldera. D denotes the mass condensation depth adopted in the sin x/x method.

れる．一般に，密度差を小さくすることや，凝縮面を深くすることは，基盤面の凹凸をより大きくする結果となる．Fig. 8 は，密度差（$\Delta\rho$）が 0.40gr/cc で，凝縮面深度（D）が海水面下 1.0km, 1.5km および 2.0km の代表的な 2 つの例について図示したものである．Fig. 8 より，カルデラ中心での基盤面までの最大深度は，およそ，2.7～4.7km となる．これは，屈斜路カルデラや支笏カルデラでの推定最大深度とほぼ同じ値である．

ところで一般的に重力異常分布は，3 次元的な地下構造についても，1 次近似的には地下構造を示すものと考えられるので，阿寒カルデラの 3 次元的な地下構造も，ほぼ重力異常分布（Fig. 6）と同様な形状をもつものと推定される．すなわち，1 次近似的には断面がほぼ東西方向に長軸をもつだ円形，もしくは短形の，じょうご型の構造をもっているものと思われる．したがって，阿寒カルデラは倒立円錐形の地下構造をもつ一般の低重力異常型カルデラとは若干異なり，噴出中心は東西方向に伸びる横長の形状をもつものと推定される．したがって，阿寒カルデラは，佐藤（1965）の指摘するように，単純なカルデラというよりも，“火山構造性大陥没地”に類するものとも言えよう．しかし，阿寒カルデラも，カルデラ内では低重力異常――質量欠損――が観測され，また，カルデラ形成時に大量の火山砕屑物を噴出し，カルデラ周辺に広く堆積させた点などは，他のカルデラと全く同様である．著者の 1 人（横山，1975）は，一般の低重力異常型カルデラでは，その噴出は中心噴火であるのに対して，New Zealand の Taupo-Rotorua Depression に代表される“火山構造性大陥没地”は，割れ目噴火であり，後者が前者よりも激しい活動であったことを除けば両者は相似していることを示しているが，以上に示した阿寒カルデラでの解析結果も，上記の説とは矛盾するものではない．

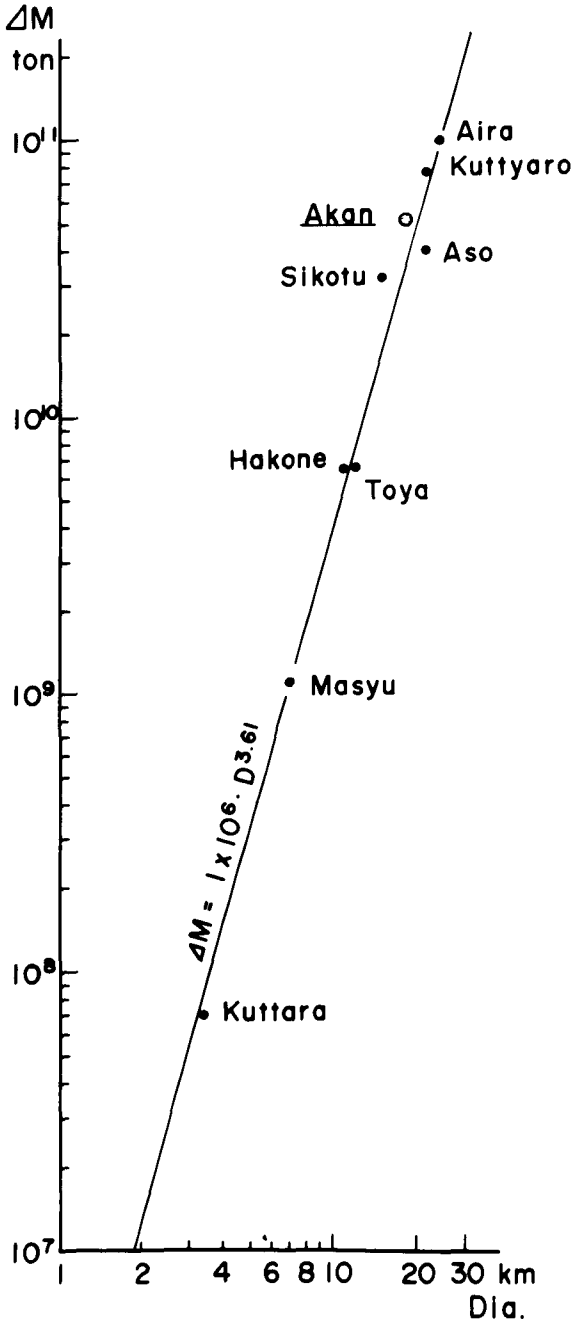

Fig. 9. Relationship between mass deficiency and diameter of calderas in Japan. A hollow circle shows the present estimation for Akan Caldera.

V. 質量欠損量の推算

以上でみてきたように，阿寒カルデラにおいては，低重力異常——質量欠損——が観測される．

ここで，阿寒カルデラにおける質量欠損量を求めてみょう．質量欠損量を求めるためには，GAUSS の法則にしたがって重力残差異常（Fig. 6）を，0 mgal の等異常線で面積分すればよい．ところで，0 mgal の等異常線は，西側で閉じていないため，直接 Fig. 6は使用できない．そこで，阿寒カルデラを，長径：短径：深さの比が 2：1：0.75 の倒立だ円錐と仮定し，大川（1975）の方法を用いて計算する．実際のカルデラの形状は，さらに複雑であろうが 1 次近似的には倒立だ円錐とみなしうる．中心（−21 mgal）から −7.5 mgal の等異常線まで面積分して，3.8×10^{10} tons を得る．大川（前出）によれば，この値は，全体の値の73%であるので，全質量欠損量は 5.2×10^{10}tons となる．ここで求められた質量欠損量は，上記の仮定の粗さを考慮すれば，精度のよいものとは言えないが，少くとも桁はあっているものと思われる．参考までに，現在までに得られている．日本のカルデラにおける直径と質量欠損量との関係に，今求められた阿寒カルデラにおける質量欠損量を，カルデラの平均直径を 18.5km としてプロットすれば，Fig. 9のようになる．質量欠損の原因であるカルデラ堆積物は，噴出物の fall-back と，爆発の際に破砕された旧山体の fall-back とから成っている．ここで，カルデラ堆積物と基盤との密度差を 0.4gr/cc と仮定すれば，上

で求めた質量欠損量より，カルデラ堆積物の体積は 130 km^3 となる．今，堆積物の密度（ρ_d）を 2.1gr/cc，また旧山体（ρ_m=2.5 gr/cc），および噴出物（ρ_e=1.5 gr/cc）の fall-back の体積を，それぞれ v_m，v_e とすれば，簡単な比例計算より，v_m= 78 km^3，v_e = 52 km^3 となる．一方，YOKOYAMA（1963）により，質量欠損量（ΔM）と，カルデラの外へ噴出された噴出物の体積，（V_m），消えた山体の体積（V_e）との間には，

$$\Delta M = v_e \cdot \rho_e - (V_m - V_l) \cdot \rho_m$$

なる間係があることが示されている．右辺第 2 項は，旧山体の fall-back の総量（$= v_m . \rho_d$）を示す．ここで，$\Delta M = 5.2 \times 10^{10}$ tons，v_m = 78 km^3 を上式に代入すれば，阿寒カルデラの外へ出た噴出物の体積（V_e）として，165 km^3 を得る．この噴出物の一部は溶結凝灰岩（ρ = 2.0 程度）となっているために，実際の体積は上記で求めた V_e よりも小さくなっていることが推定される．以上の推算は，1 次近似的なものであり，決して精度の良いものではないが，従来行なわれてきている地質学的な方法よりも少なからず根拠のあるものであろう．なお，参考までに，地表面での観測から推定される阿寒カルデラ周辺での噴出物の体積は，約 100 km^3 となっている（石川・他，1969）．

Ⅵ．おわりに

一般の低重力異常型カルデラとは異なる“火山構造性大陥没地”であると言われている阿寒カルデラにおける重力異常から，その地下構造，噴出機構，および噴出物量の推算などについて議論した．その結果，阿寒カルデラも一般のカルデラと同様に低重力異常が観測され，横長の断面をもつ，じょうご型構造をもっていることが解明された．今後，さらに詳しい解析が望まれるが，そのためには重力測定点の補充の他，地震探査等の他の地球物理学的探査や，ボーリング等の調査が必要である．

謝辞 1975年 7 月の測定に際しては，北海道大学理学部札幌地震観測所の江原幸雄氏，および当教室の大学院生の岡本純氏には大変お世話になった．ここに記して感謝の意を表する．

なお，本報告の計算には，北海道大学大型計算機センターの FACOM 230−75 を使用したことを付記する．

文　献

荒牧重雄，1969．カルデラに関するいくつかの問題．火山，第2集，**14**，55－76．

福富孝治・藤木忠美・須川　明，1969．阿寒湖の温泉湧壺についての予備的調査．北海道大学地球物理学研究報告，**21**，23－31．

GEOGRAPHICAL SURVEY INSTITUTE, 1955. Gravity survey in Japan (1), I, Gravity survey in Hokkaido district, *Bull. G. S. I.*, **4**, 23－99.

石川俊夫・勝井義雄・大場与志雄・佐藤博之，1969．北海道のカルデラについての2・3の問題．火山，第2集 **14**，97－108．

勝井義雄，1958．阿寒・屈斜路火山群．地球科学，**39**，19－29．

三谷勝利・藤原哲夫・石山昭三，1964．5万分の1地質図説明書「上足寄」，北海道開発庁．

森　俊雄，1965．根釧原野における重力異常．北海道大学地球物理学研究報告，**14**，59－71．

大川史郎，1975．Gauss の定理による異常質量の推算――カルデラへの適用――．北海道大学地球物理学研究報告，**34**，45－54．

佐藤博之，1965．5万分の1地質図説明書「阿寒湖」．地質調査所．

友田好文・千秋鋭夫，1956．単位重力に対する応答を用いて地下構造その他を求める方法．測地学会誌，**3**，95－101．

YOKOYAMA, I., 1958. Gravity survey on Kuttyaro Caldera Lake. *J. Phys. Earth,* **6**, 75－79.

横山　泉・村瀬　勉・音田　功・田島広一，1958．屈斜路湖，阿寒湖，および摩周湖地域における重力測定．―序　報―．火山，第2集，**3**，51－52．

YOKOYAMA, I., 1963. Volcanic calderas and meteorite craters with the special relation to their gravity anomalies. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser.* VII, **2**, 37－47.

YOKOYAMA, I. and M. AOTA, 1964. Geophysical studies on Sikotu Caldera, Hokkaido, Japan. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser.* VII, **2**, 103－122.

横山　泉，1965．カルデラの構造と成因．火山，第2集，**10**，119－128．

YOKOYAMA, I., 1966. Crustal structures that produce eruptions of welded tuff and formation of calderas. *Bull. Volcanol.,* **29**, 51－60.