

鹿児島湾内の海上磁気測量

吉川 圭三・湯脇 泰隆・住友 則彦
西村 進・阿部 悦夫・桂 京造
江頭 庸夫・笹嶋 貞雄

1. ま え が き

霧島火山帯の中でも代表的な活火山の一つに数えられる桜島火山について、昭和31年以来、各種観測計器が島内に設置され、その活動の状態が観測されている。これらの長期にわたる観測成果の蓄積から、近年、ようやく噴火予知実現の兆候が見えてきている。他方、霧島火山帯の地質学的、地球物理学の特性を調べることによって、霧島火山帯における桜島火山の火山学的位置づけを明らかにする必要もあると考えられる。

火山地帯の地球物理学的研究の手段としては、地磁気や重力の測量がしばしば用いられる。鹿児島湾周辺では、すでに、海上保安庁水路部¹⁾や建設省国土地理院²⁾による航空磁気測量がなされており、桜島火山による磁気異常が一様帯磁の回転槽円体ではゞ近似し得ることなどが明らかにされている。また、桜島の北方の湾内は、はゞ始良陥没カルデラに一致するものと在来見なされているが、ここでは、1965年に海上磁気測量が京都大学³⁾(理学部地質学鉱物学教室・防災研究所附属桜島火山観測所)によって実施され、その磁気特性が明らかにされている。さらに、桜島の周辺から北部鹿児島湾周辺にかけて、重力および重力鉛直勾配の精密測定もなされ、それらの10年に及ぶ経年変化観測によって火山体地下における活動状態が監視されている。

一方、松本⁴⁾は、南九州の薩摩・大隅半島一帯に広く分布している溶結凝灰岩や地形的考察から鹿児島湾北部(桜島を含む)に始良カルデラを、また指宿市東方の湾内に中心を有し、開聞岳・池田湖を含む地域に阿多カルデラの存在を推定している。前者については、北部湾内のはゞ中心において、重力のブーゲー異常が -30 mgal にも達することから、横山⁵⁾は中央陥没地形の大型クラカタウ型カルデラであることを結論している。後者に関しては、荒牧⁶⁾らは最近阿多火砕流堆積物の分布調査によって、阿多カルデラの噴出口の位置を知林島の北方海中に推定している。これらの問題点をより明らかにすること、および湾内の一般的な磁気特性を調べるため、昭和47年11月末より12月にかけて、プロトン磁力計による海上磁気測量を行なった。これは、地質学的には推定しがたい鹿児島湾の海底地下構造についての知見を得るとともに、先に述べた桜島・開聞岳・口永良部島・諏訪の瀬島などに連なる霧島活火山列の総合的な調査の第1段階として行なったものである。今回の測量だけでは十分な資料も得られていず、また、航空磁気測量成果との比較による数値的な解析も未了で、上記の問題について結論を下すには至っていないが、とりあえず今回の調査の概略をまとめて、序報として報告する。

2. 測 定

昭和47年11月29日から3日間、鹿児島湾内山川港を基地として、プロトン磁力計(ZEONIX)を用い、鹿児島大学水産学部の練習船「敬天丸」(308 ton)によって、海上磁気(全磁力)測量を実施した。測定範囲は、桜島の南方、はゞ $31^{\circ}33'N$ から山川港沖 $31^{\circ}10'N$ あたりまでの海域で、測線は Fig. 1 に示す通りである。用いた磁力計の精度は、 $\pm 1\gamma$ で測定は30秒ごとに行ない、計測値はデジタル・プリンターに記録させた。船の位置は5分ごとに、gyrocompass による交叉方位法およびレーダーで決定した。図中の黒丸は、決定された船の位置を示し、また番号は、採用した測定値の測点番号で、Table 1 に記載した測定資

Table 1 Results of geomagnetic survey (total intensity) on the Bay of Kagoshima

NO.		Latitude	Longitude	Depth	F	NO.		Latitude	Longitude	Depth	F
		N	E	m	$\times 10^7$			N	E	m	$\times 10^7$
A	1	31° 33.6	130° 35.0	50	4579	E'	58	31° 21.7	130° 45.7	62	4581
	2	33.2	35.4	15	4610	F	59	21.6	44.3	170	4575
	3	32.9	36.2	58	4636		60	21.5	43.4	242	4588
	4	32.3	36.8	164	4610		61	21.3	42.7	254	4589
	5	32.1	37.4	176	4622		62	21.2	42.0	264	4587
	6	31.7	38.2	197	4608		63	21.0	40.9	257	4590
	7	31.2	39.0	226	4609		64	21.0	40.1	263	4591
	8	30.7	39.8	178	4616		65	20.9	39.0	268	4588
	9	30.3	40.4	86	4611		66	20.7	38.2	247	4584
A'	10	29.9	41.1	52	4593		67	20.6	37.4	243	4583
B	11	29.7	41.1	60	4605		68	20.6	36.4	221	4582
	12	29.6	40.4	82	4605		69	20.4	35.4	119	4580
	13	29.5	39.6	156	4610	F'	70	20.0	35.2	104	4583
	14	29.4	38.8	—	—		71	19.7	36.1	166	4583
	15	29.3	37.6	282	4601	G	72	19.5	37.0	176	4583
	16	29.0	36.5	254	4601		73	19.2	37.6	130	4582
	17	29.0	35.6	110	4603		74	18.8	38.4	169	4585
	18	28.9	34.8	82	4600		75	18.4	39.4	—	4583
	19	28.7	33.8	58	4603		76	17.9	40.1	147	4564
	20	28.5	32.9	25	4601		77	17.5	41.0	110	4580
B'	21	28.3	32.7	32	4601		78	17.1	41.4	114	4587
C	22	28.2	33.9	60	4598	G'	79	16.7	42.0	111	4576
	23	27.8	34.5	88	4596	H	80	18.6	45.5	94	4593
	24	27.3	36.2	—	4598		81	18.8	44.8	182	4593
	25	27.1	37.0	284	4597		82	18.9	43.9	234	4590
	26	27.0	38.0	285	4595		83	19.0	43.1	224	4591
	27	26.8	39.0	285	4594		84	19.2	42.2	214	4591
	28	26.6	40.0	285	4591		85	19.4	41.3	214	4588
	29	26.4	40.8	252	4594		86	19.6	40.4	230	4588
	30	26.1	41.9	204	4594		87	19.8	39.6	224	4589
C'	31	25.8	42.8	154	4590		88	19.8	38.6	210	4582
D	32	25.7	42.0	194	4589		89	20.1	37.7	224	4582
	33	25.7	41.3	264	4592		90	20.2	36.9	214	4586
	34	25.6	40.4	279	4592		91	20.3	36.0	162	4583
	35	25.5	39.4	284	4594	H'	92	19.8	35.6	134	4583
	36	25.3	38.4	290	4596	I	93	19.4	36.8	156	4582
	37	25.2	37.4	294	4596		94	19.2	37.1	126	4584
	38	25.1	36.4	164	4596		95	18.9	37.8	152	4583
	39	25.0	35.8	188	4593		96	18.5	38.5	158	4582
	40	24.8	34.9	105	4596		97	18.4	39.0	153	4579
D'	41	24.7	33.9	87	4595		98	17.8	39.8	114	4576
	42	24.6	33.0	58	4596		99	18.3	41.1	75	4577
	43	29.5	32.6	47	4595		100	17.0	41.5	54	4577
	44	24.2	33.8	74	4591		101	16.5	41.8	86	4577
	45	24.1	34.8	94	4596		102	15.9	42.0	91	4571
	46	23.9	35.6	112	4596		103	15.8	42.4	108	4571
	47	23.8	36.5	265	4595		104	15.6	42.9	124	4570
	48	23.7	37.3	284	4590		105	15.3	43.5	124	4577
	49	23.5	38.2	284	4592		106	15.2	44.2	121	4574
E	50	23.4	39.1	284	4596		107	14.9	44.6	116	4574
	51	23.2	39.9	284	4597	I'	108	14.7	45.2	102	4572
	52	23.0	40.9	256	4589	J	109	12.8	44.4	101	4577
	53	22.9	41.8	255	4586		110	12.6	41.3	80	4575
	54	22.7	42.6	226	4581		111	13.6	41.6	86	4576
	55	22.6	43.5	214	4593		112	14.6	41.6	80	4581
	56	22.4	44.5	271	4572		113	15.3	41.6	74	4576
	57	22.2	45.3	75	4572	J'	114	16.3	41.7	80	4578

料の番号に対応している。また同時に水深を音響測深儀で毎分測定した。なお、磁気測定に当って、船体磁気の影響をさけるため、磁力計の検出器はプラスチック製の小艇に設置し、本船と約 80 m (予備調査によって船体磁気の影響を除き得ると確認した距離) 離して曳航した。今回用いた検出器は、陸上測定用のものであったため、小艇の動揺が大きい時は測定値に数ガンマーのばらつきがあった。

3. 測定結果および考察

全磁力の局地的異常の概略を求めるに当って、今回は次のような簡便法を用いた。すなわち、まず国土地理院が全国磁気測量から求めた日本付近の平均的な全磁力分布の式

$$\begin{aligned} F(\gamma \text{ 単位}) &= 47144.5 + 547.1 \Delta\phi - 277.0 \Delta\lambda \\ &\quad - 0.39 \Delta\phi^2 + 8.07 \Delta\phi \Delta\lambda - 6.21 \Delta\lambda^2 \\ \Delta\phi &= \phi - 37^\circ, \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ \quad (1965\text{年}) \end{aligned}$$

から、測定地域の全磁力の平均勾配を求めた。これを用いて各点の測定値から緯度・経度に依存する地域傾向を除去した。次に、このようにして仮に base をそろえた各点の値の平均を求め、その平均値からの偏差を相対的な全磁力の局地的異常とみなして **Fig. 2** に示した。従って図中の 0γ の線はこの平均値に相当する。なお、測定期間中は磁氣的に静穏であったこと、および全磁力日変化の振幅が、鹿屋地磁気観測所 ($31^\circ 25.2' \text{N}$, $130^\circ 53.0' \text{E}$) において平均 20γ 以下であったので、今回は外部磁場の補正は省略した。一方、**Fig. 3** は水路部によって高度 2000 m でなされた航空磁気測量の成果である。これと対比しながら、先に求めた海上における全磁力局地的異常図 (**Fig. 2**) に見られる鹿児島湾内の主な磁気特性について述べる。

1. 桜島の南側に最大 360γ の正の異常群が見られる。これは、桜島溶岩による影響と考えられる。
2. 垂水沖に約 30γ の負の異常が存在する。これは、野添⁷⁾による陸上の全磁力測定に見られる垂水周辺の負異常と関連があるようである。この負異常は付近に分布する流紋岩の自然残留磁化が逆帯磁している事実⁸⁾によってよく説明される。またこの負異常は、航空磁気測量にも見られることから、source はさらに深いものと考えられ、あるいは、陸上噴出のこの流紋岩溶岩をもたらした火山岩頸 (volcanic neck) とも考えられよう。
3. 湾内中央部に、かなり広域にわたって $20 \sim 70 \gamma$ の正の異常が見られる。しかし、海底地形には特にこれを説明する特徴が認められず、しかも、航空磁気測量にはこれにほぼ対応すると思われる異常が見られることから、やはり、source はやや深いものと考えられるが、構造その他の詳細は今回の資料だけでは不明である。
4. 古江沖の最大較差 200γ の交互に並ぶ正・負の異常や、知林島の北西、北東および東の海域に見られる最大較差 290γ の正・負の異常は、海上磁気測量にのみ見られるもので、この場合 source は浅いと考えられる。古江沖の場合は、海底地形との関連がほとんど見られないことから、帯磁率の大きい玄武岩あるいは安山岩が海底近くに dyke 状に貫入しているものと想像される。これに反して、知林島近辺の場合は、**Fig. 4** に示すごとく、海底地形と異常の相関は高いので、海底に噴出した溶岩の一樣帯磁による影響と考えられる。なお、同図は測線 I-I' に沿った断面の例 (全測定値から得られた異常値を示している) であるが、測線 G-G' にも海底地形に対応したほぼ同じパターンの異常が見られる。
5. 野崎鼻沖にもほぼ 90γ の正の異常が見られる。これは野崎鼻近辺に分布している安山岩類と関連が

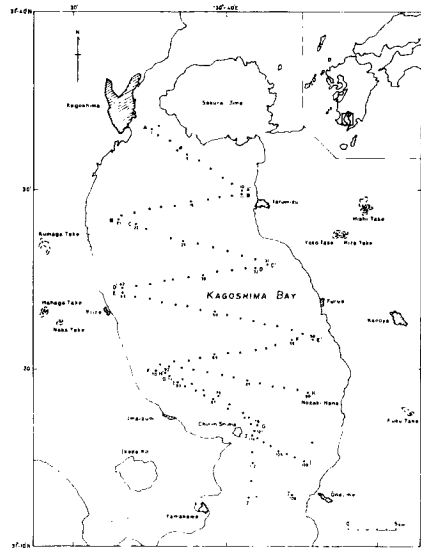


Fig. 1 Course map of the shipborne magnetic survey on the Bay of Kagoshima, Kyushu, Japan.

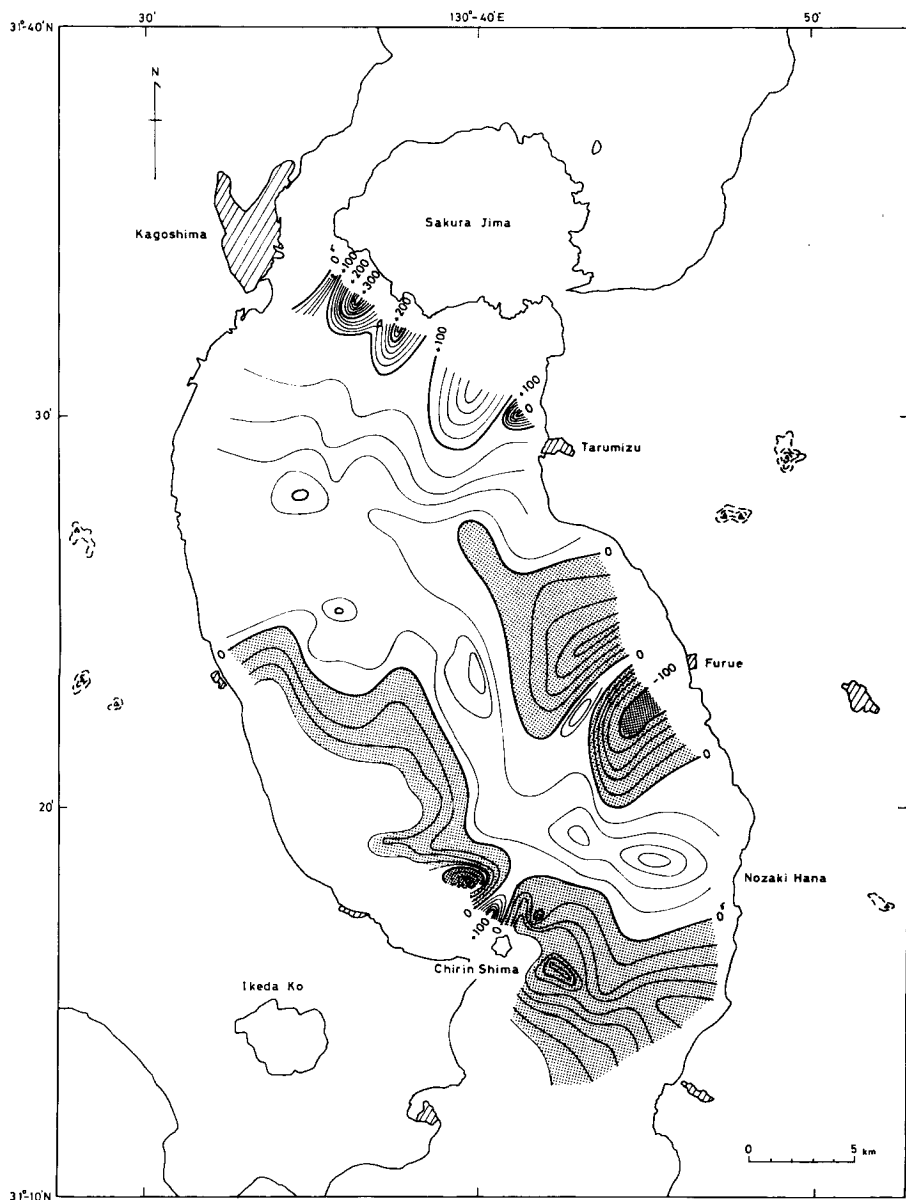


Fig. 2 Isoanomaly chart of the total intensity observed on the Bay of Kagoshima, Kyushu, Japan (unit: gamma).

あるのかも知れない。航空磁気測量にも認められる弱い正の異常に対応するものとすれば、source はやや深いと考えられる。

前述したごとく、荒牧らは、薩摩・大隅半島における阿多火砕流中の捕獲岩や層序の詳細な分析および降下軽石層の厚さの測定などから、松本が推定した阿多カルデラの位置をかなり北方に移し、知林島の北東の海中に噴出口を推定した。この場合、横山による重力のブーゲー異常負中心推定位置と調和的であることを

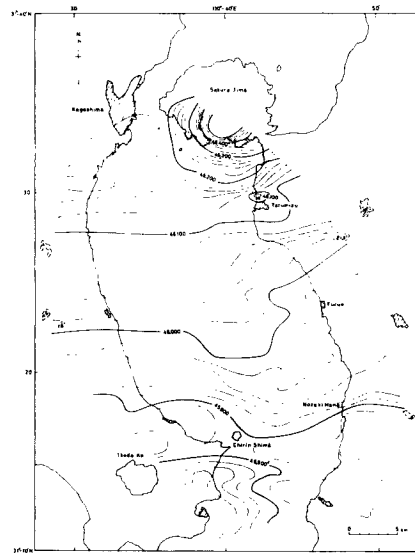


Fig. 3 Aeromagnetic chart (height: 2000 m) over the Bay of Kagoshima obtained by the Hydrographic Office, Japan (1964).

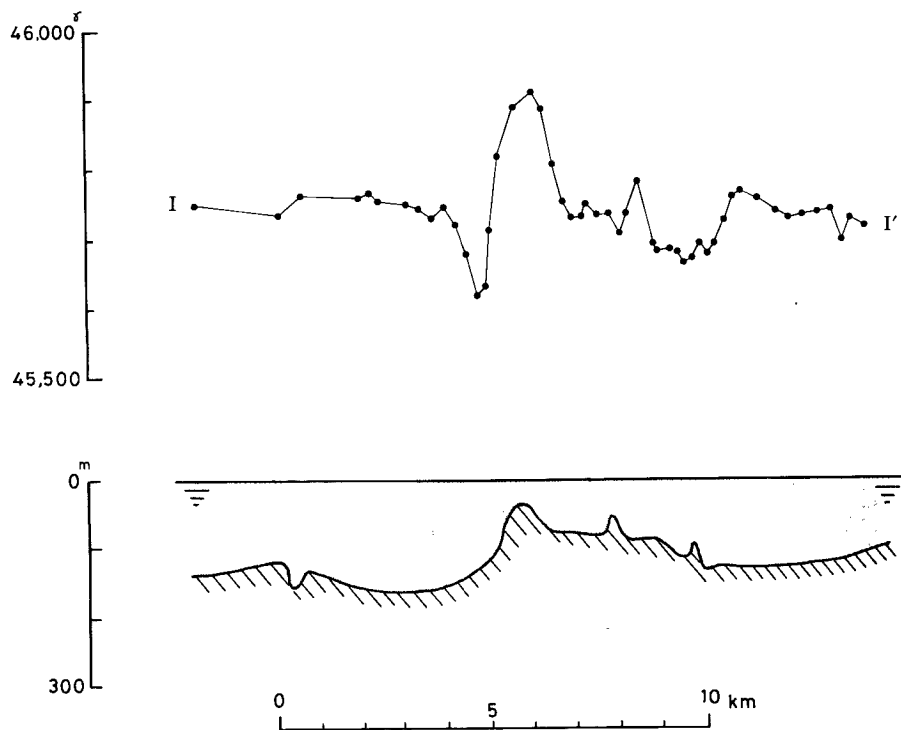


Fig. 4 Example of the profile showing a good correlation between magnetic anomaly and sea-bottom topography.

傍証としてあげている。上に述べた、古江沖や知林島近辺さらに野崎鼻沖などの磁気異常分布が、荒牧らの言う阿多カルデラの位置を立証する磁気資料として直ちに結びつけ得るか否かは断言できないが、観測された磁気異常は、海底に噴出もしくは貫入した、恐らく安山岩質火山岩に関連するのではないかと考えている。これらの点については、今後更に詳しい磁気測量や、海底重力測量を行なうことによって、次第に明らかにして行きたいと思っている。

おわりに、今回の観測に多大の御協力を下さった敬天丸船長邊見富雄氏、次席一等航海士嶋田起宣氏をはじめ、乗組員の諸氏に心から謝意を表します。また、磁力測定に御援助をいただいた京都大学大学院生川崎広吉君に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 松崎卓一・歌代慎吉：鹿児島湾周辺の地磁気異常について，Report of Hydrographic Researches No. 1, 1966, pp. 23-25.
- 2) 井内登・関口昌雄・藤田尚美：西南日本における航空磁気測量結果について，測地学会誌，第16巻，第1・2号，1970, pp. 23-33.
- 3) 初田基一郎・阿部悦夫・吉川圭三・江頭庸夫：桜島北部における海上磁気測定，日本火山学会講演，1965.
- 4) Matsumoto, T.: The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu, Japan, Jour. Geol. Geogr., Vol. 19, Special number, 1943, pp. 1-57.
- 5) Yokoyama, I.: Gravity survey on the Aira caldera, Kyushu, Japan, Nature, Vol. 191, 1961, pp. 966-967.
- 6) 荒牧重雄・宇井忠英：阿多火砕流と阿多カルデラ，地質学雑誌，第72巻，第7号，1966, pp. 337-349.
- 7) 野添俊雄：桜島火山周辺における地磁気特性について（第1報）—桜島における地磁気の特性—，鹿児島大学教育学部研究紀要，第20巻，1968, pp. 6-15.
- 8) 笹嶋貞雄：本邦火山における Blake reverse event の存在について，日本地質学会年会講演，1973.

SHIPBORNE MAGNETIC SURVEY ON THE BAY OF KAGOSHIMA, KYUSHU, JAPAN

By *Keizo YOSHIKAWA, Yasutaka YUWAKI, Norihiko SUMITOMO,*
Susumu NISHIMURA, Etsuo ABE, Kyoza KATSURA,
Tsuneo ETO and Sadao SASAJIMA

Synopsis

Shipborne geomagnetic surveys were carried out on the Bay of Kagoshima using a proton precession magnetometer in November, 1972. Total magnetic intensity was observed within the accuracy of few gammas. Preliminary geomagnetic anomalies were calculated and compared with the results obtained by aeromagnetic surveys of the Hydrographic Office, Japan.

Some qualitative discussions on the characteristic anomalies in the central part of the Bay of Kagoshima are described.