

# 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——

野 添 俊 雄

## Earth's Magnetic Anomalies in the Neighbourhood of Volcano Sakurajima. (Part I)

——Earth's Magnetic Anomalies in Sakurajima——

By Toshio NOZOE.

Faculty of Education, University of Kagoshima.

### 1. 緒 言

1955 年以来、桜島火山は頂上火口における活発な噴火をつづけている。この火山活動の研究は各方面において、幾多の方法によって行なわれているが、複雑な火山活動の予知の問題は充分解決されていない。筆者はこの数年来桜島火山活動と地電流の変化の問題にとりくんできたが、地電流はその原因の多様性のため、火山活動による変化の解析には更に長期にわたる継続観測の必要があると思われる。したがって本研究においては、地電流の原因の大きな要素である地磁気を直接測定して、その方面より桜島火山活動との相関関係をしらべるための基礎的資料を得るため、桜島およびその周辺の磁気を測定したので、その第1報として桜島の磁気特性について報告することにした。観測の理論的予想は気象庁地震課の湯村氏の論文<sup>1)</sup>によるもので、その結論は「地下 2 km のところに活動源がある場合、もっとも簡単な磁氣的連続観測によって可能な磁力計の精度は Z 成分で 24 ガンマー伏角で 4'、地下 2.5 km のところに活動源がある場合、Z 成分で 3 ガンマー、伏角で 0.4' の精度の観測をしない場合磁氣的観測は不可能である」という。現在桜島火山の頂上火口の活動源は比較的浅いところにあるとされているので、感度のよい磁力計による磁氣的監視の方法が可能であるかどうかの見とおしを立てるため、桜島および鹿児島湾周辺の地磁気特性について基礎的観測を行なったものである。

### 2. 桜島火山と磁気特性の問題

火山の多くは磁性鉱物を含む岩石によって構成されていて、局地的磁気異常を示すもので、したがって継続的に精密な地磁気の測定を記録するならば、火山活動の有力な監視ができ、活動の機構が推論できると考えられる。桜島の磁気研究については、Minakami<sup>2)</sup>、Hatakeyama Yumura<sup>4)</sup>氏等によって研究が行なわれている。しかし広範囲にわたる測定なため問題点が残されているので筆者は水平、垂直、全磁力、伏角について桜島およびその周辺にわたって測定し、その特性につい

て検討した。

桜島は始良カルデラの中央火口丘としてできていて、一見円錐火山の型をしているが、実際は複雑な構造を有している。中央の隆起部は北岳、中岳、南岳といずれも 1100 m 級のそれぞれ火口をもつ三つの円錐丘からできている。それに複雑な数個の寄生火山と山腹から噴出した溶岩流とが、桜島火山を構成している。したがって噴出の年代の異なる溶岩が全島をおおっている桜島の磁気分布は、興味ある特性が予想されるのである。殊にその溶岩に含まれる  $\text{SiO}_2$  の量の多少が帯磁率に与える影響が考えられた。

しかし地磁気異常の原因にはいろいろの理象があることが知られている。又地殻の運動による伏角の異常、山体の傾斜による垂直分力の変化、地盤の上昇沈下による伏角の異常、地温の変化によるもの等、多くの研究がなされている。

このような面からみる時、桜島火山はそれを構成する地殻が周期的に膨脹、収縮をくりかえして山体の傾斜は勿論、大噴火の前後はげしい上昇沈下現象を示すことが報告されている。したがって地磁気の長期にわたる継続的観測は、その火山構造の解明に重要な一つの鍵をにぎるものであろう。殊にこの十余年来活発な活動をつづけている桜島火山の地殻内圧力、温度の変化、および岩漿運動が磁気に与える効果は考慮すべきである。又、一般に重力偏差をひき起す地殻の過不足によっても地磁気異常をひき起すが、地磁気の異常を起す物質が一樣に帯磁しているときは、ポアソンの次の関係があることが知られている。

$$P = J \frac{dW}{dl}$$

$P$ : 磁気ポテンシャル

$W$ : 重力ポテンシャル

$i$ : 帯磁の方向

$J$ : 帯磁の強さ

$P$  によって生ずる伏角の異常分  $\Delta\theta$  が重力偏差に、ほぼ平行することが Minakemi によって発表されているが、このことは山体の変化が伏角異常に関係することを示すものであり、このことは今度の観測においても屢々認められている。

### 3. 桜島における測点の位置と測定器具

測点についてはできる限り多くの点をとるように心掛けたのであるが、測定の能率をあげるため、一周道路を中心として、なるべく道路より離れたところで、平坦な地点を選ぶことにした。しかし桜島では地形的にそのような地点を選定することが困難であった。測定に使用した磁力計は GIT-TR 型 Magnet Meter (測機舎製) で精度は磁力 10 ガンマー、伏角が  $20''$  で携帯に便で、三人で運搬し測定を行なった。この度の研究は桜島および鹿児島湾一帯の地磁気を測定し、とくに桜島における磁気特性についてしらべるのが目的であった。

#### 4. 桜島および鹿児島湾周辺における測定結果

測点はできるかぎり多くの点をとるようにつとめたが、地形的に適当な地点にめぐまれないところも多かった。ここに挙げるのは高度と地形的条件を考慮した桜島の30点と、鹿児島湾周辺の31点の値である。

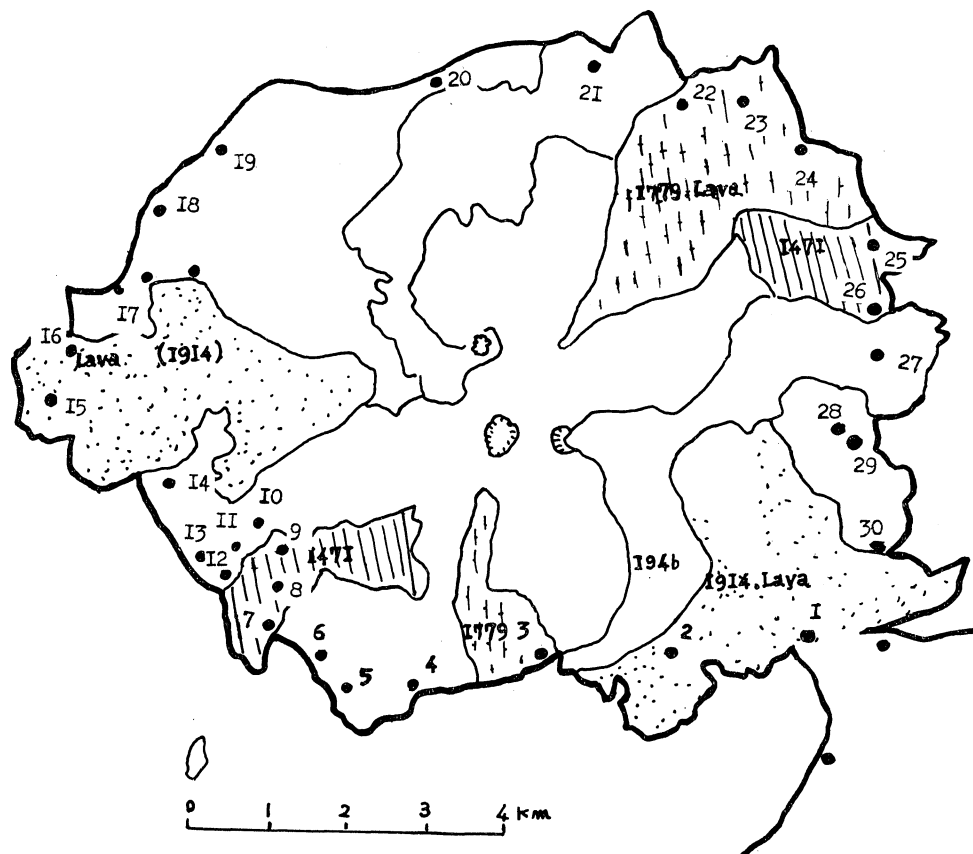


Fig. 1. Distribution of the observation points.  
(No of observation points)

#### 5. 測定結果の吟味とその考察

##### a. 桜島における全磁力の分布

桜島における全磁力の平均値を計算し、それとの差  $\Delta F$  を図に示すと次のとおりである。この表によつて全磁力の分布の特性を列挙すれば、

(1) 桜島における全磁力の分布図を正負によって点線でかこんでみると、正地域と負地域がいくつかの群を形づくっており、面白い対称を示すものと考えられる。今図における A, B, C, D 群と A', B', C', D' 群を比較すると明かに対称を形成している。ただし A 群の中に一部 P 群と記入された例外はあるが、これは袴腰台地一帯であり、地層的にも地形的にも桜島の別の地点には見られないところであり、水路部の全磁力の航空測量によつても理解できる。

Tab. I. Results of magnetic of magnetic survey at Sakurajima.

No of Station	Observation points	Horizontal component	Vertical component	Total magnetic force	$\Delta F$	Dip	$\Delta D$	観測点
1	Sakurajimaguti	36100	31840	48500	+1612	41°42'	-151	桜島口
2	Lava 1914	34050	33200	47430	+ 542	43°48'	- 25	溶岩展望所
3	Arimura	34600	34050	47800	+ 912	43°42'	- 31	有古里
4	Furusato	33480	32020	46240	- 648	44°00'	- 13	古東桜島中
5	Yuno	33200	32840	46840	- 48	44°45'	+ 32	東桜島小
6	Motiki	32820	32680	46470	- 418	45°40'	+ 87	東桜島小
7	Lava 1471.1	33875	32850	47270	+ 282	44°24'	+ 11	文明溶岩
8	Lava 1471.2	33410	33050	47295	+ 302	44°48'	+ 35	"
9	Lava 1471.3	33865	32630	47065	+ 177	44°11'	- 2	"
10	Nojiri. 1	33665	32655	46865	- 23	44°10'	- 3	野尻
11	Nojiri. 2	33630	32800	47040	+ 152	44°27'	+ 14	"
12	Nojiri. 3	33600	32600	46800	- 88	44°15'	+ 2	"
13	Nojiri. 4	33600	32800	47040	+ 152	44°20'	+ 7	"
14	Akamizu	33430	32250	46430	- 458	44°08'	- 5	赤水
15	Lava 1914.1	33600	31850	46200	- 688	43°34'	- 39	大正溶岩
16	Lava 1914.2	33260	30860	45200	-1688	43°01'	- 72	"
17	Hakamagosi	33600	32870	47200	+ 312	44°19'	+ 6	袴小腰池
18	Koike	33600	32800	46800	- 88	44°24'	+ 11	武(郵便局)
19	Take	33600	32650	46820	- 68	44°15'	+ 2	西道
20	Saidō	34000	32600	47000	+ 112	43°45'	- 28	白湯免
21	Sirahama	33830	33250	47000	+ 112	44°20'	+ 7	高湯之
22	Kōmen	33240	33020	47060	+ 172	44°48'	+ 35	湯園之
23	Yunohama	32400	32630	46020	- 868	45°14'	+ 61	浦黑之神
24	Sonoyama	33000	33000	46470	- 418	45°02'	+ 49	"
25	Uranomae	33090	33790	47250	+ 362	45°32'	+ 79	"
26	Kurokami. 1	34190	32250	47230	+ 342	43°08'	- 65	"
27	Kurokami. 2	34010	32630	46650	- 238	43°53'	- 20	"
28	Kurokami. 3	33140	32840	46650	- 238	44°41'	+ 28	"
29	Kurokami. 4	34050	32840	47200	+ 312	44°10'	- 3	"
30	Kurokami. 5	34000	32040	46830	- 58	43°21'	- 52	"

 $\bar{H}=33663$     $\bar{Z}=32640$     $\bar{F}=46888$     $\bar{D}=44^{\circ}13'$ 

Tab. 2. Results of magnetic survey in the neighbourhood of Volcano

No of Station	Observation points	Horizontal component	Vertical component	Total magnetic force	$\Delta F$	Dip	$\Delta D$	観測点
1	Ōdomari	33800	32050	46600	-212	43°33'	-37'	大伊泊敷
2	Izasiki	33800	32050	46600	-212	43°36'	-34'	伊屋敷
3	Oro	33840	32090	46612	-192	43°43'	-27'	根笠
4	Nezime	33440	32200	46650	-162	43°48'	-22'	根占
5	Onezime	33650	32250	46600	-212	43°50'	-20'	根占
6	Hamada	33640	32420	46640	-172	44°00'	-10'	根占
7	Furue	33640	32450	46760	- 52	44°01'	- 9'	根占
8	Kunugibaru	33470	32670	46820	+ 8	44°19'	+ 9'	根占
9	Tarumizuobama	33860	32060	46640	-172	43°29'	-41'	根占
10	Kaigata	34040	32840	47000	+188	44°06'	- 4'	根占
11	Matugasaki	33650	32670	46840	+ 28	44°10'	± 0'	根占
12	Usine	33480	32620	46830	+ 18	44°14'	+ 4'	根占
13	Fukaminato	33850	32620	47050	+238	44°09'	- 1'	根占
14	Fukuyama	33640	32840	47060	+248	44°22'	+12'	根占
15	Kokubu	33660	32840	47070	+258	44°28'	+18'	根占
16	Obama	33210	33250	47030	+228	45°06'	+56'	根占
17	Sigetomi	33470	33060	47040	+228	44°38'	+28'	根占
18	Kagosima	33470	33030	47010	+198	44°30'	+20'	根占
19	Taniyama	33460	32670	46810	- 2	44°17'	+ 7'	根占
20	Goino	33650	32860	47030	+218	44°30'	+20'	根占
21	Sesekusi	34660	32670	46830	+ 18	44°20'	+10'	根占
22	Nukumi	33610	32240	46630	-192	43°55'	-15'	根占
23	Imaizumi	33430	32230	46420	-392	44°07'	- 3'	根占
24	Ibusuki	33060	32650	46420	-392	44°41'	+31'	根占
25	Taisei	33400	32650	46620	-192	44°22'	+12'	根占
26	Unagi. 1	33460	32400	46470	-342	43°58'	-12'	根占
27	Unagi. 2	33250	32440	46430	-382	44°30'	+20'	根占
28	Kawasiri	33680	32610	46840	+ 28	44°20'	+10'	根占
29	Kaimon	33440	32050	46230	-582	43°53'	-17'	根占
30	Ikeda	33620	32240	46470	-342	43°55'	-15'	根占
31	Nisiibusuki	33250	32410	46410	-402	43°13'	+ 3'	根占

 $\bar{H}=33606$     $\bar{Z}=32198$     $\bar{F}=44740$     $\bar{D}=44^{\circ}08'$

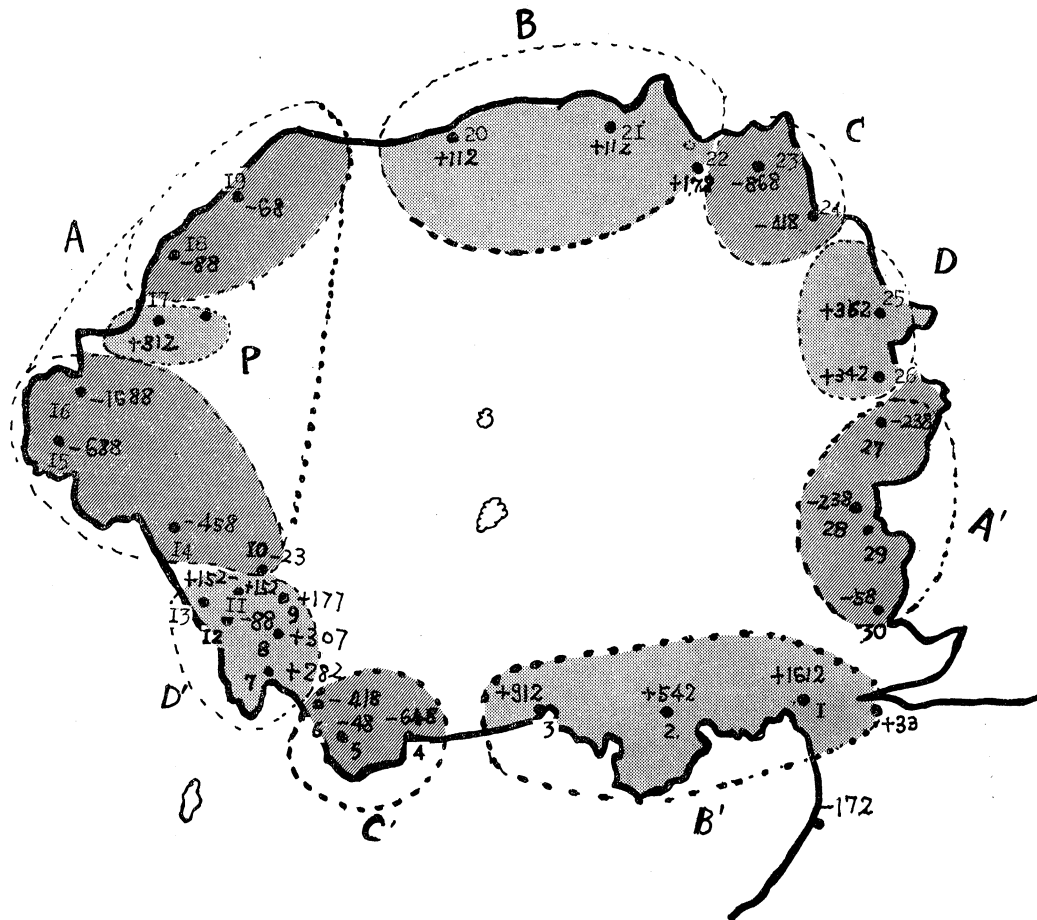


Fig. 2. Total magnetic force (Sakurajima)  
Mean value ; 46888 r

(2) 各群は殆ど溶岩の噴出年代別に形成されていると見ることができる。例えば D, D' は文明溶岩であり、いずれも正の値を示している。又 A, A' 群は対称を示しているが、A 群は大正溶岩とその一帯で、A' 群は昭和溶岩と時代未詳の古い溶岩一帯で形成されている。B' 群は大正、昭和安永の溶岩であり、C' は南岳の古い時代未詳の溶岩地帯で、対称も亦複雑で、これ等については多くの測点によって検討したいと思っている。又これ等の全磁力の異常分布がどのような原因によるものか軽々に判断することができないが、溶岩のもつ残留磁気が大きな要素であろう。又ほぼ東西に分布している B' 群 (大正、昭和) と A 群の中の大正溶岩一帯が、大きく正值および負値を示していることは興味深い。Fig. 4 の分析値によっても、簡単に結論を下すことができない。しかし桜島口一帯の B 群においては、正值が異常に大きく、含有する磁性物質の影響や地形、地質、構造とも密接な関係を予想させる。

#### b. 桜島における伏角分布

伏角についても平均値を求め、それとの差  $\Delta D$  を図示し、その正負の群をつくって考察すると一二の例外はあるが、噴出年代による溶岩地帯の磁気が大きく影響していると考えられる。

(1) 大別して北面の正值 A 域と南面の負値 A' 域とに分けられる。更に細かに検討すると

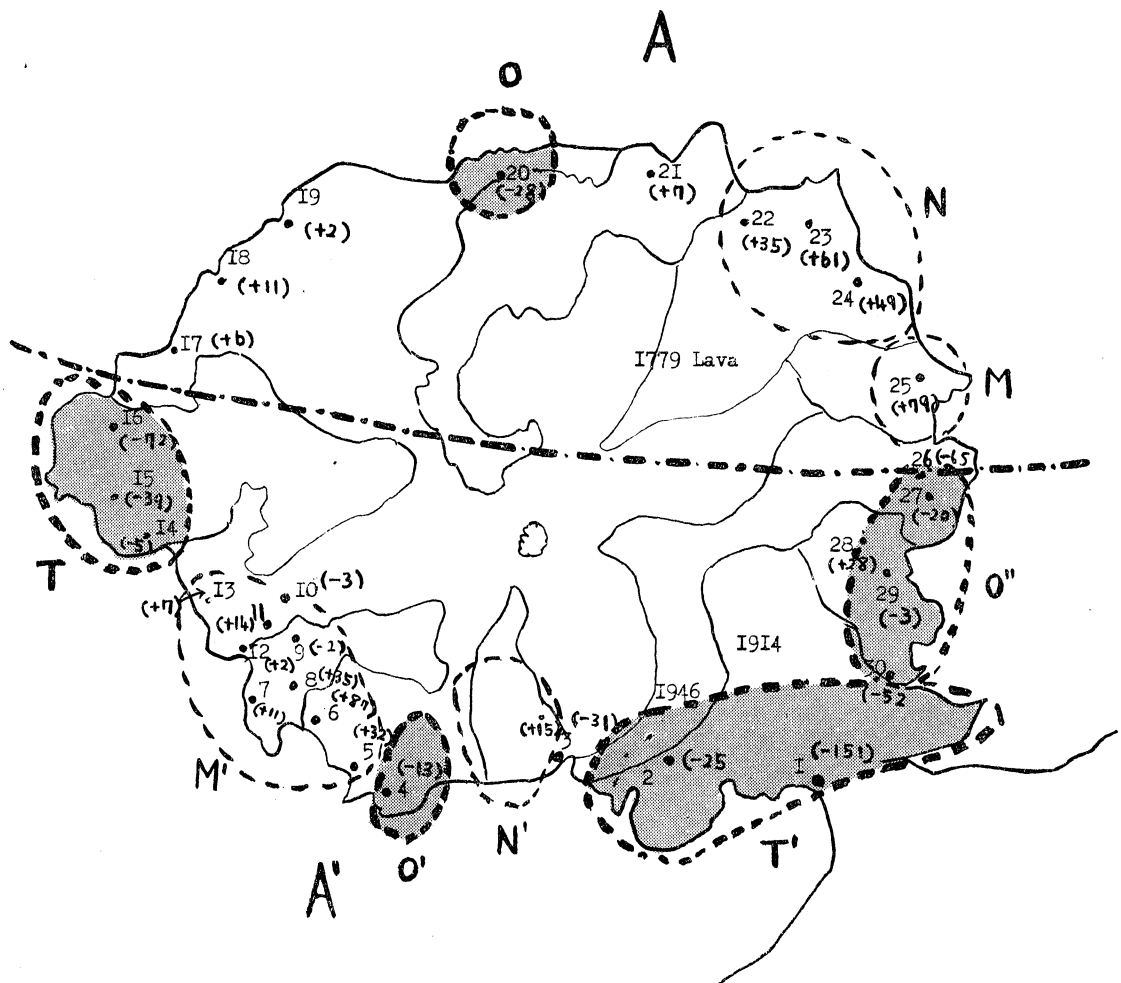


Fig. 3. Distribution of the observation points.  
(NO of observation point)

a. 大正 (T) 昭和 (T' 南岳の基底溶岩, 時代未詳溶岩) 地帯は負の値を示している。

b. 文明 (M, M'), 安永 (N, N') 溶岩, および北岳溶岩一帯は, 新しい溶岩に接し, その影響をうけていると考えられる二, 三の地点 (例えば測点 No. 3, No. 9, No. 10, No. 28 等) を除くと正值を示している。

(a) (b) のこのような現象は文明, 安永等の含有する強磁性物質が大正, 昭和と大きく異なることを示した H. Hamaguti, R. Kuroda, H. Ishikawa の分析値によって, 解釈できる。

今その分析値によって  $(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ti}) \%$  と  $\text{Si} \%$  を表につくってみると (Fig. 4) のようになる。これによると伏角が負値を示す大正, 昭和, 南岳の基底溶岩 (Yuno 一帯) と時代未詳の 0 溶岩では  $(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ti}) \%$  が大きく, 伏角が正值を示す文明, (1471 Lava) 安永 (1779 Lava) と北岳溶岩地域では  $(\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ti}) \%$  が比較的小さい。このことから, 伏角については, 磁性物質の含有%が大きい程, 伏角が小さいことを知ることができた。一方 Si について大きな差異が認められないので, これによっては論じ難い。

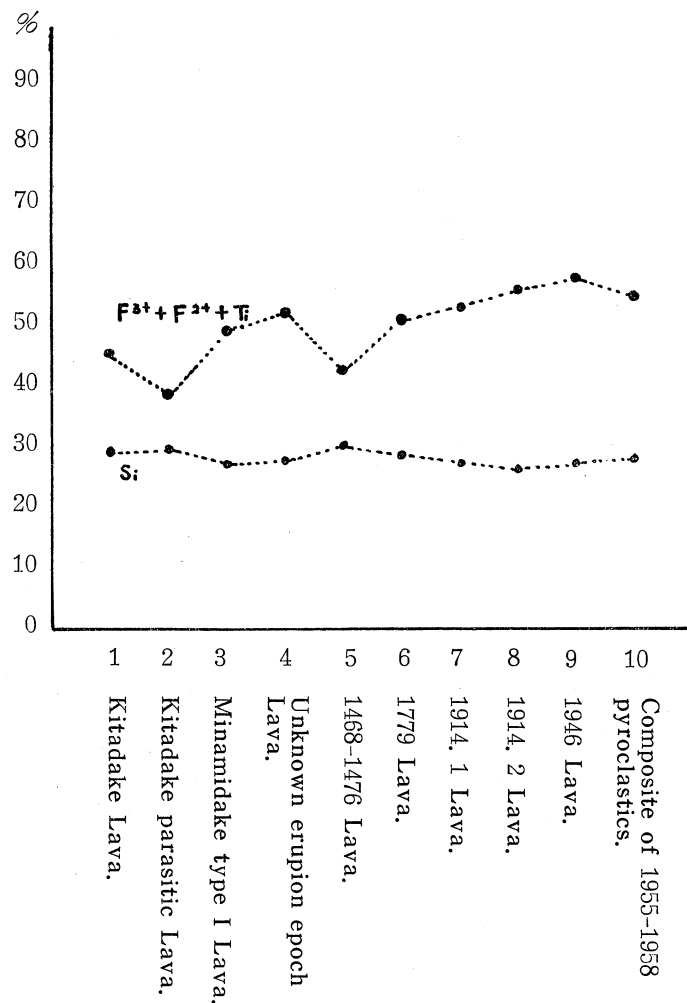


Fig. 4. Si and  $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ti}$  % by H. Hamaguti, R. Kuroda, H. Ishikawa.

#### c. 鹿児島湾周辺における全磁力の分布

鹿児島湾周辺においては多くの測点をとって行なったが、海岸線より遠くない31の測点値によって検討を要なうことにする。Fig. 4はその測点の分布を示すものである。

(1) 全磁力については、二三の異常値を示すところがあるが、概して理解を困難にしているところはない。殊に大隅半島はその南端の大泊(測点 No. 1)から順に上昇していて、地質や地形により変化も少ない。ただし No. 10の測点の附近は、地形的に複雑なため、何回も測定して検討したにもかかわらず、はっきり異常地域であることがわかっている。薩摩半島の方では、その南部の地域において複雑で正負の値が見られ、解析を困難にしている。これは地形の複雑さと、阿多カルデラを構成している地殻の構造も大きく影響していると思われるが、はっきりとその原因を断定することはできない。

#### d. 鹿児島湾周辺における伏角の分布

伏角の分布もまた全磁力の分布に類似している。

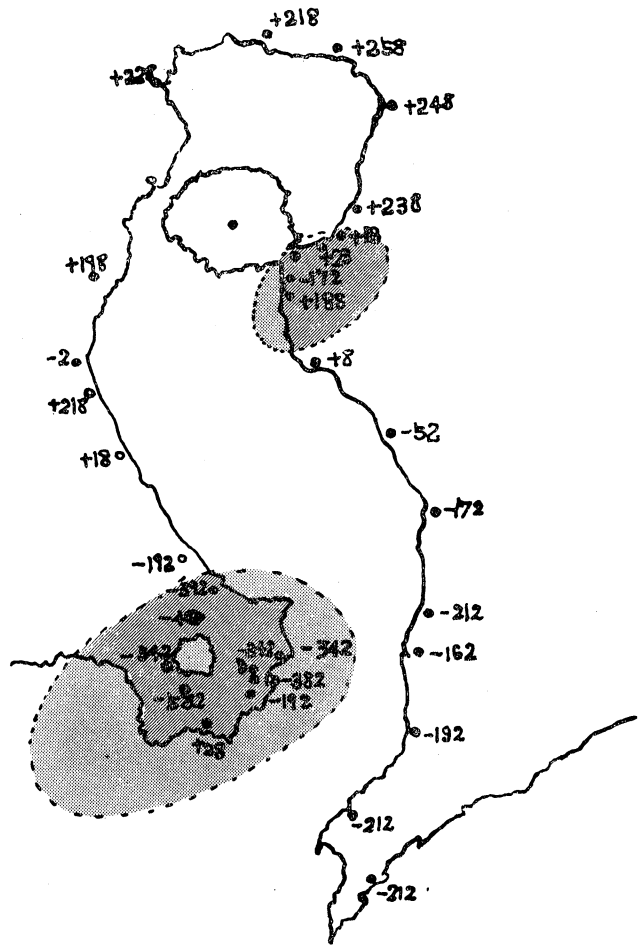


Fig. 6. Total magnetic force  
(Sakurajima and Neighbourhood of  
Volcano Sakurajima)  
Mean value : 46812  $\gamma$

(2) 等伏角線は測点の数が少ないので正確には描くことができないが、大隅半島部と薩摩半島部では大きく傾斜していることが判然としている (Fig. 7)

桜島およびその周辺における地磁気の測定値について、簡単な検討をしてきた。その結論を概説すると

(1) 桜島においては、全磁力および伏角ともに明確な群をつくっていて、それが溶岩と密接な関



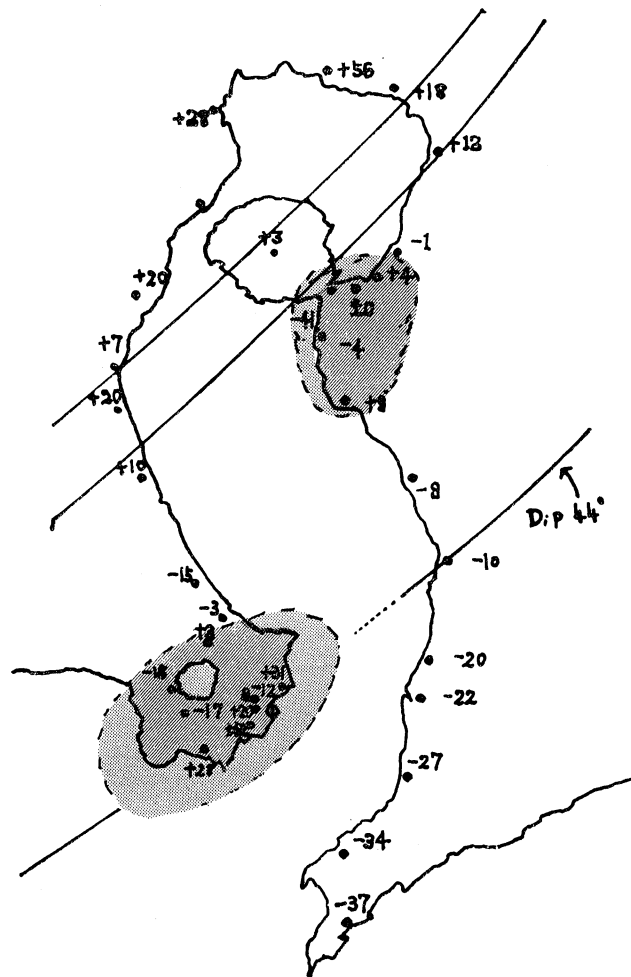


Fig. 7. Dip  
(Sakurajima and neighbourhood  
Volcano Sakurajima)  
Mean value :  $44^{\circ}10'$

係をもっている。殊に伏角においては大正、昭和溶岩地域は明瞭に伏角値が小さく、一方文明、安永溶岩地域は一二の例外を除けば、伏角値が大きく、その例外は両溶岩の接触点に見られるのみである。

(2) 鹿児島湾周辺において、全磁力および伏角について二つの異常地域を見出すことができた。一つは垂水に近い桜島口附近で、今一つは池田湖を含む薩摩半島の南部一帯で、いずれも複雑な地形と地殻構造によるものだろう。これ等の原因については今後の問題として研究をすすめたいと思っている。

おわりにこの研究をすすめるに当って、日本火山学会の席上、水上、荒牧、種子田博士の御懇切なる御指導に厚く感謝するとともに、測定を手伝ってくれた別府、白石、大藪、高田君に厚くお礼を申し上げたい。

#### References

- 1) Nagata : Bull. Earthq. Res. Inst, 16 (1938), 288

- 2) T. minakami : Bull. Earthq. Res. Inst. 18 (1940), 178
- 3) 津屋弘達, 水上 武 : 震研彙報, 18 (1940), 388
- 4) 湯村哲男 : 駿震時報, 21 (1956)
- 5) 長沢隆次 : Science Report Kagoshima University. 12 (1963), 27
- 6) H. Hamaguti, R. Kuroda and H. Ishikawa : Geochim. et Cosmochim. Acta 18 (1960)
- 7) 原田美道, 畠山勉, 大林辰藏 : 震研彙報 24 (1946), 207

### Summary

Earth's magnetic Anomalies of Volcano Sakurajima and circumferences of Kinko Bay determined by the magnetic survey was mentioned in this report. This survey was carried out from 1967 to 1968

Principal results are follows: —

(i) As regards Volcano Sakurajima.

The distribution of dip is depend upon the kind of Lava. The distribution of Magnetic forces is divided into two part, that is, northwest and southwest part of Sakurajima Volcano, the former is a low part, the latter is a high part.

(ii) As Regards circumference of Kinko Bay,

The distribution of magnetic force and dip is influenced by Aira Caldera and Ata Caldera. Moreover, There is a influence of remained magnetism in the rock.