

阿多カルデラおよびその周辺における 地磁気特性について (第2報)

——伏角異常と阿多カルデラ壁の問題——

野 添 俊 雄

Earth's Magnetic Anomalies of Ata Caldera and Its Neighboring Area (Part 2)

——A subject between dip anomalies and Ata caldera wall——

Toshio Nozoe

1. はじめに

筆者は第1報において、鰻池周辺の伏角の特性について述べた。阿多カルデラは、その内側に鰻池とともに池田湖、池底、成川、山川などのカルデラを含み、しかも始良カルデラおよび類似の陥没地と串刺し状にならんで有名な Volcano-tectonic depression とされているところの鹿児島湾を形成している。

本報においては、第1報をうけて更に阿多カルデラおよび周辺全域に亘り、測機舎製の GIT-TR 磁力計を用いて、1968年から1970年にかけて地磁気の各成分の測定を繰り返して測定を行ったので、その伏角について阿多カルデラおよびその周辺の等伏角線図をつくり、伏角異常と阿多カルデラ壁との関係について検討した。

2. 測定結果の考察

1) 高度対伏角の式

伏角は地域によって異常性をもっている。筆者は第1報で求めたように高度伏角の式として

$$y = ax + b \text{ とおき}$$

$$\begin{cases} b \sum I + a \sum h \theta_i = \sum \theta_i \\ b \sum h + a \sum h^2 = \sum \theta_i h \end{cases}$$

として、阿多カルデラおよびその周辺全域にとった306点について、 θ を求め、また開聞岳、池底、大野岳などについては、その地域の測点によって各々の θ の式を求めた。

$$\theta = 43^\circ 17' + 0.53h \cdots (1) \quad \text{阿多カルデラ全域についての式}$$

θ, h はそれぞれ、伏角と高度を表わす。鰻池周辺に関して求めた式とは大きく違っているが、これは、鰻池は比較的の高い地点の一局部地域なので、大きな差ができたと考えられる。開聞岳はこの地域ではもっとも高い山であるが、その高さの割には大きくない。池底は代表的なカルデラを形

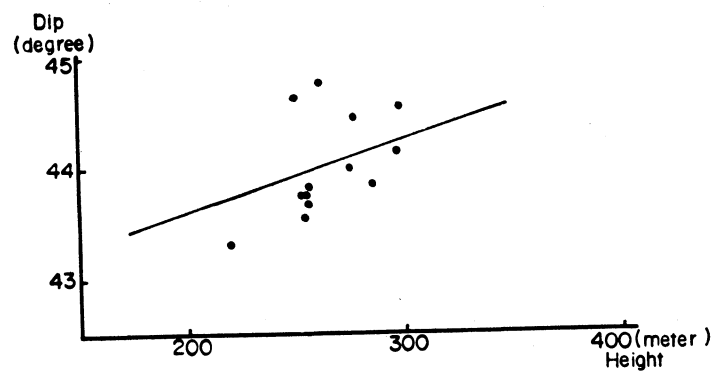


Fig. 1. Dip to Height at IKEZOKO.



Fig. 2. Survey position.

成しているので同じ方法で算出した。一方大野岳は余り高い山ではないが、阿多カルデラの西側の外にあるとされているので開聞岳との式の比較のため求めた。

$$\theta = 43^{\circ}04' + 0.37h \cdots \cdots (2) \text{ 開聞岳}$$

$$\theta = 42^{\circ}21' + 0.38h \cdots \cdots (3) \text{ 池底}$$

$$\theta = 43^{\circ}06' + 1.17h \cdots \cdots (4) \text{ 大野岳}$$

(2) と (4) の式とは、高度についての比例定数が大きくちがっている。これは両者の成因やその後の火山活動による噴出物によっても大きな関係があるものと考ええる。この違いは、開聞岳は阿多カルデラ縁の内側に噴出した火山であって、大きな陥没をしたと考えられる地溝の一部と考えられるためである。Fig. 1 は池底カルデラの式を示す。Fig. 2 は等伏角線図に用いた測点の位置を

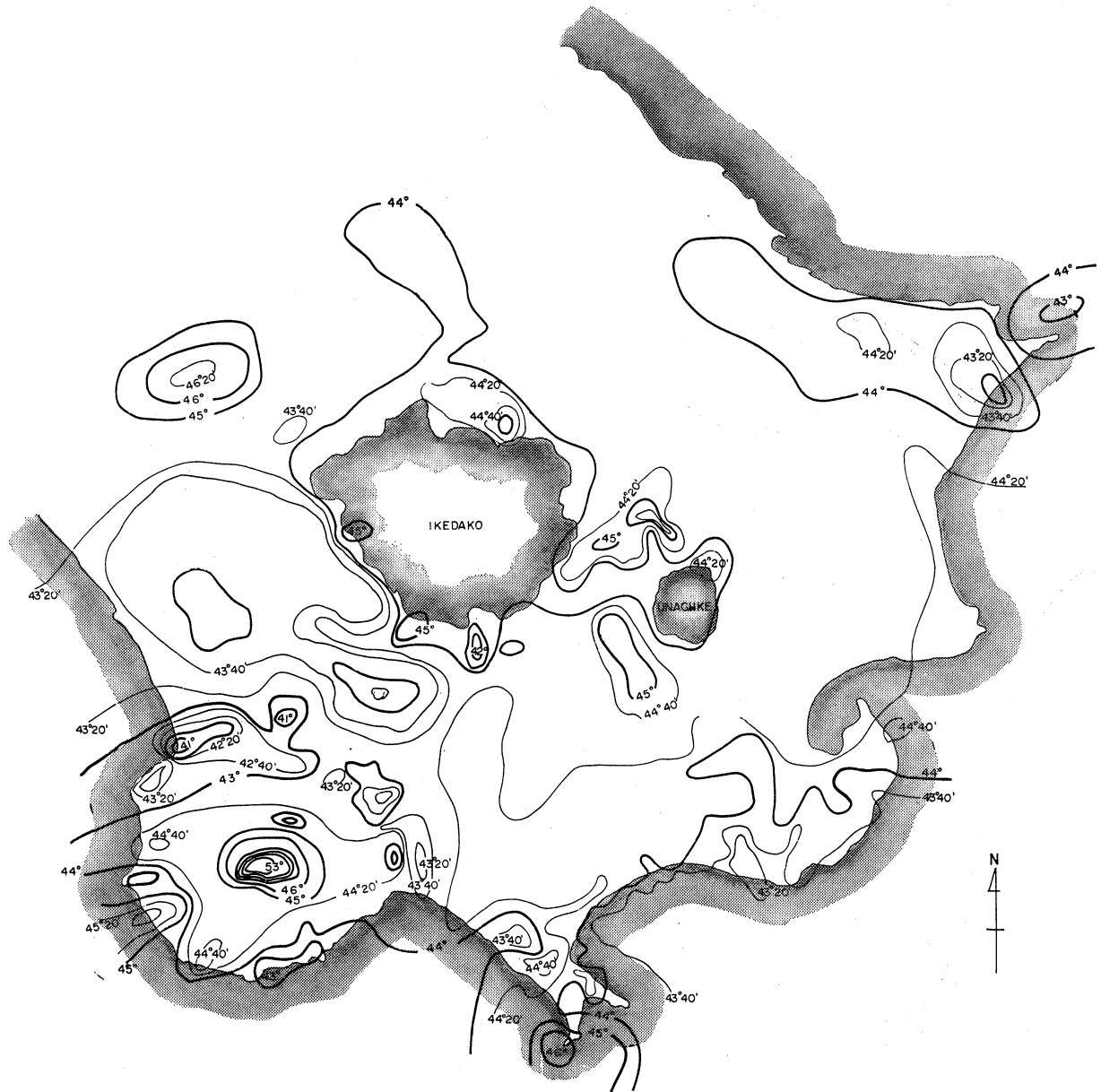


Fig. 3. The similar magnetic dip line by survey.

番号にて示したもので、池田湖北東部に測点が少ないのは、地形的に測定が困難のためである。

2) 等伏角線図の作成

鹿児島湾のカルデラおよび阿多カルデラ周辺についての全磁力については、航空機観測による測定がができているのであるが、地磁気各成分については航空機では不可能であるが、地上における伏角の測定は、伏角を独立に測定することができ、しかも伏角は全磁力と垂直成分または水平成分のいずれかを測定することによっても可能なため、両方から求めて値の正確さをたかめることができたことである。また、伏角 θ は全磁力 F 、水平成分 H 、垂直成分 Z と

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Z}{H} = \sin^{-1} \frac{Z}{F} = \cos^{-1} \frac{H}{F}$$

の関係にある。したがって測定値の精度をたかめることができた。しかし可能な限りの努力をし



Fig. 4. The similar magnetic dip line by height correction.

たにもかかわらず、山岳地の測定は思うにまかせず、密な測点の観測ができなかった。機械的な測定によって描かれた等伏角線が Fig. 3 である。

高度伏角の式 (1) より、その観測地点の高度値を考慮して算出した各点の伏角値によって描いたのが、Fig. 4 である。したがって Fig. 4 は全く高度によって決定される等伏角線をなしている。

Fig. 4 は Fig. 3 に比較して簡単な曲線状をなしている。しかし Fig. 3 は明瞭に伏角の異常性を表わしている。殊に池田湖周辺、開聞岳、長崎鼻周辺の等伏角線は複雑で、これは、地形的異常とカルデラのベース以下の地形と無関係な広い異常とが重なったものと考えられる。この三地域の中でもっとも興味ある地域が開聞岳の北東地域である。この地域は複雑なため屢々測定を繰返して漸くその地域の等伏角線の様相をまとめることができた。Fig. 3 が阿多カルデラの特色を表示するものと考えられるのである。しかしこの問題の検討は簡単ではない。伏角の異常をもたらす要素はいろいろあるからである。それにもかかわらず、この問題を検討しようというのは、阿多カルデラの境界については、T. Matumoto の阿多カルデラ線の提唱があるからで、カルデラと伏角異常との相関々係について、伏角値の異常の面から検討する所以である。

3) 観測による伏角値と高度修正による伏角値の関係

等伏角線図の作成において、この問題には若干ふれたのであるが、伏角の異常を知るためには、適当な基準を必要とする。高度修正による伏角値は適当な基準値として考えられるので、この基準値と比較し検討すれば、相対的關係を知ることができる。観測値は次のように整理して検討することにした。紙面の都合で 2, 3 の資料についての具体例を示すにとどめる。Fig. 5 は測点ごとの高度修正による伏角値の差を図示したものである。

Table 1. The relation between dip by survey and dip by height correction.

No	Height (h) m	h^2	Dip by survey (θ_i)	θ_i	$h\theta_i$	$\theta_i - \frac{\sum \theta_i}{n}$	Dip by height correction (θ_i')	θ_i'	$\theta_i - \theta_i'$
1	325	105625	44° 05'	2645	859625	-1'	46° 07'	2767'	-122
2	288	82944	43° 54'	2634	758592	-12'	45° 50'	2750'	-116
3	230	52900	44° 06'	2646	608580	0	45° 19'	2719'	-73

Fig. 5 に表示された値はどのような意味をもつかを考えよう。この値は観測された伏角値が (1) 式を用いて算出された値との差で、比較的な違いを示している。Fig. 6 は差の値の正負によって描いたものである。この図の特徴は、

(a) 南北に負のもっとも大きな溝が走っていることである。しかも開聞岳の中心部（火口を含む）より西側よりその中心線をもっている。

(b) 池田湖周辺は複雑で、東方に負値の大きい地域があり、その中に池底、鰻池などのカルデラをも包んでいる。この地域は地形的理由もあって測点が少ないので、明確でない点がある。

(c) 南北方向の負の溝地域の左右は正の地域をもち、田良海岸、および成川から山川港にかけて負の値を示している。

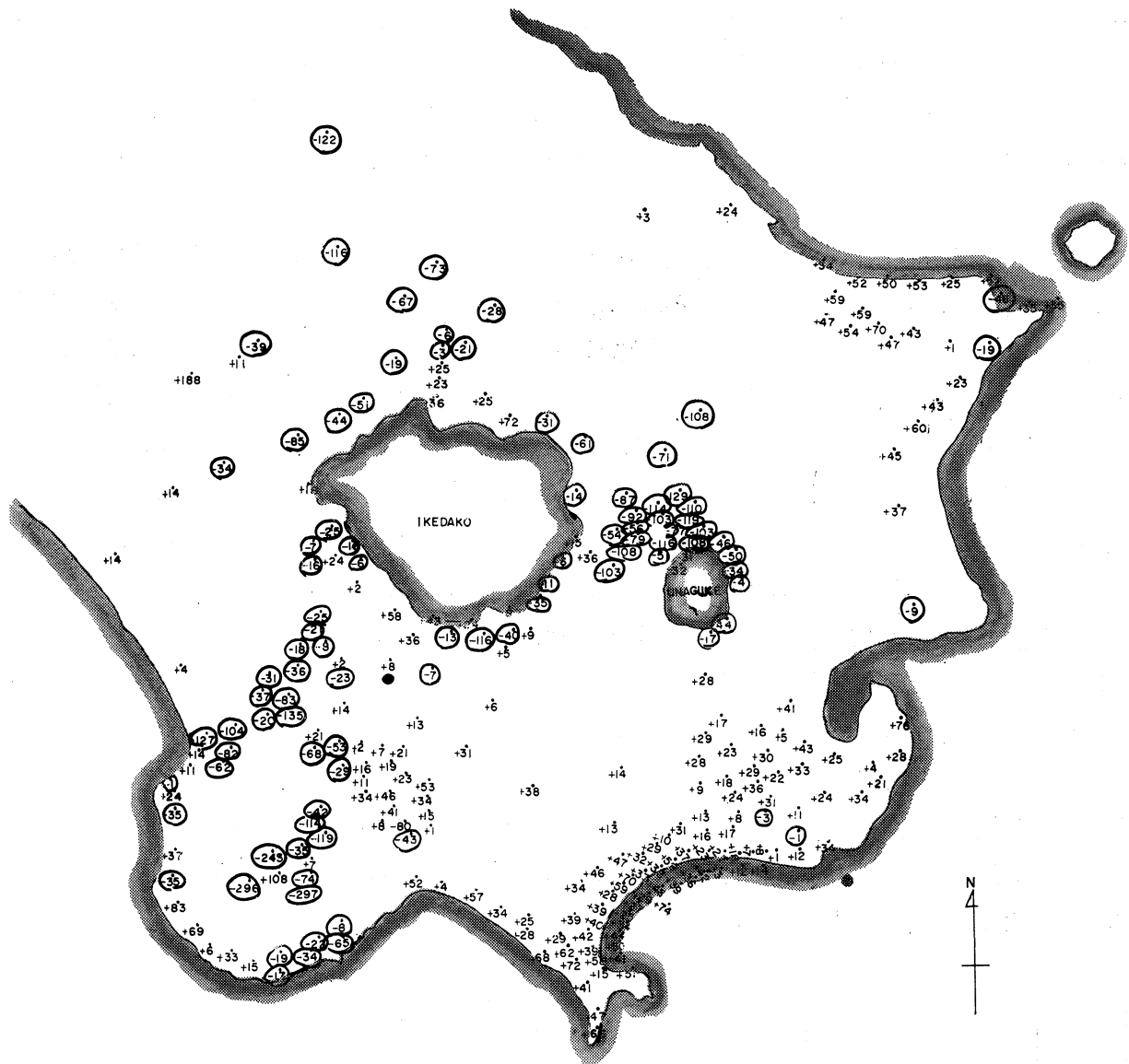


Fig. 5. The difference between dip by survey and dip by height correction.

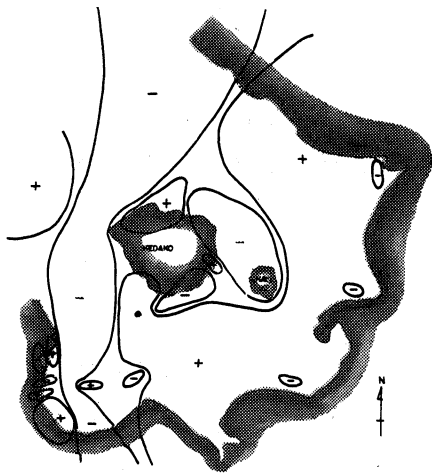


Fig. 6. The outline of magnetic dip by height correction.

(a), (b), (c), の現象から, Fig. 5, 6 に示された伏角値差の負の地域は次の節で考察しよう。

4) カルデラ壁と伏角異常の問題

第3節の Fig. 5 を詳細に検討すると, カルデラ壁およびその周辺では, 一般的に低くなっていることに気付く, 若干の例外はあるがその周辺地域よりも低いのである。この理由はいろいろ考えるが, 少なくとも地形的理由が大きく関係するであろう。またカルデラの成因に大き

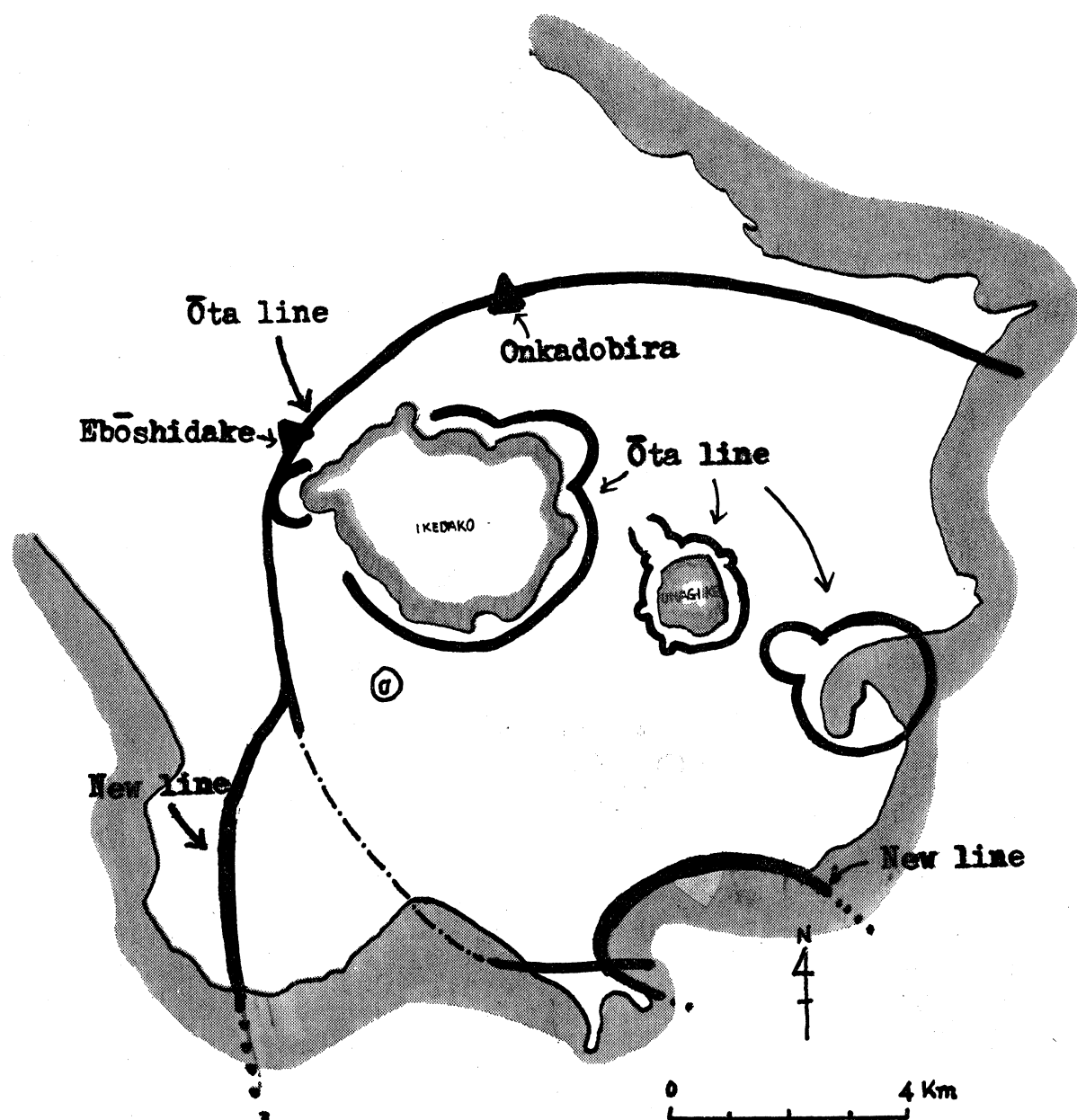


Fig. 7. Determination of New caldera line at Mt. Kaimon and Nagasakibana.

い関係があるにちがいないが、ここでは理論的証明は後に残して、測定の結果から一つの仮設を設定しよう。

「カルデラ壁での伏角値は、その周辺部に比較して低い値をとる」

この仮設によって、T. Matumoto の提唱する阿多カルデラの境界線を検討しよう。今この境界線を R. Ōta の研究より Ōta ラインと呼ぶことにすると Ōta ラインで点線で示されているところ、開聞岳北東の山麓付近の解釈が、伏角の方からは理解できない。開聞岳の中心部一帯は、南北に走る伏角値の溝の中で、もっとも著しい地域である。この南北方向の伏角値の溝を形成する線は、鹿児島湾 V. T. D の西側の壁を形成するものであろう。そして姶良カルデラ、それに続く鹿児島

島湾の中央部のカルデラに類似する陥没地、更につづく阿多カルデラの成因から考えても、その西側の境界線が、鹿児島湾 V. T. D の西側の壁に接すると考えるのが自然である。したがって Ōta ラインは開聞岳付近で大きく西側を弧を描いて続いていくと考える。著しく低い伏角値を示す線は、開聞岳の火口より西側にずれている。仮説に立脚するならば Ōta ラインの点線で描かれている部分は Fig. 7 のように書くべきであることを提唱する。それでは Ōta ラインの長崎鼻附近はどのように解釈すべきであろうか？ この解釈をするため標準偏差値をも合わせて検討しよう。

Fig. 8 によると、Ōta ライン周辺は標準偏差の負の値が続いているが、それぞれの観測地点は高度がちがっているのです、そのことを考慮して検討しなくてはならない。その例として開聞岳の頂

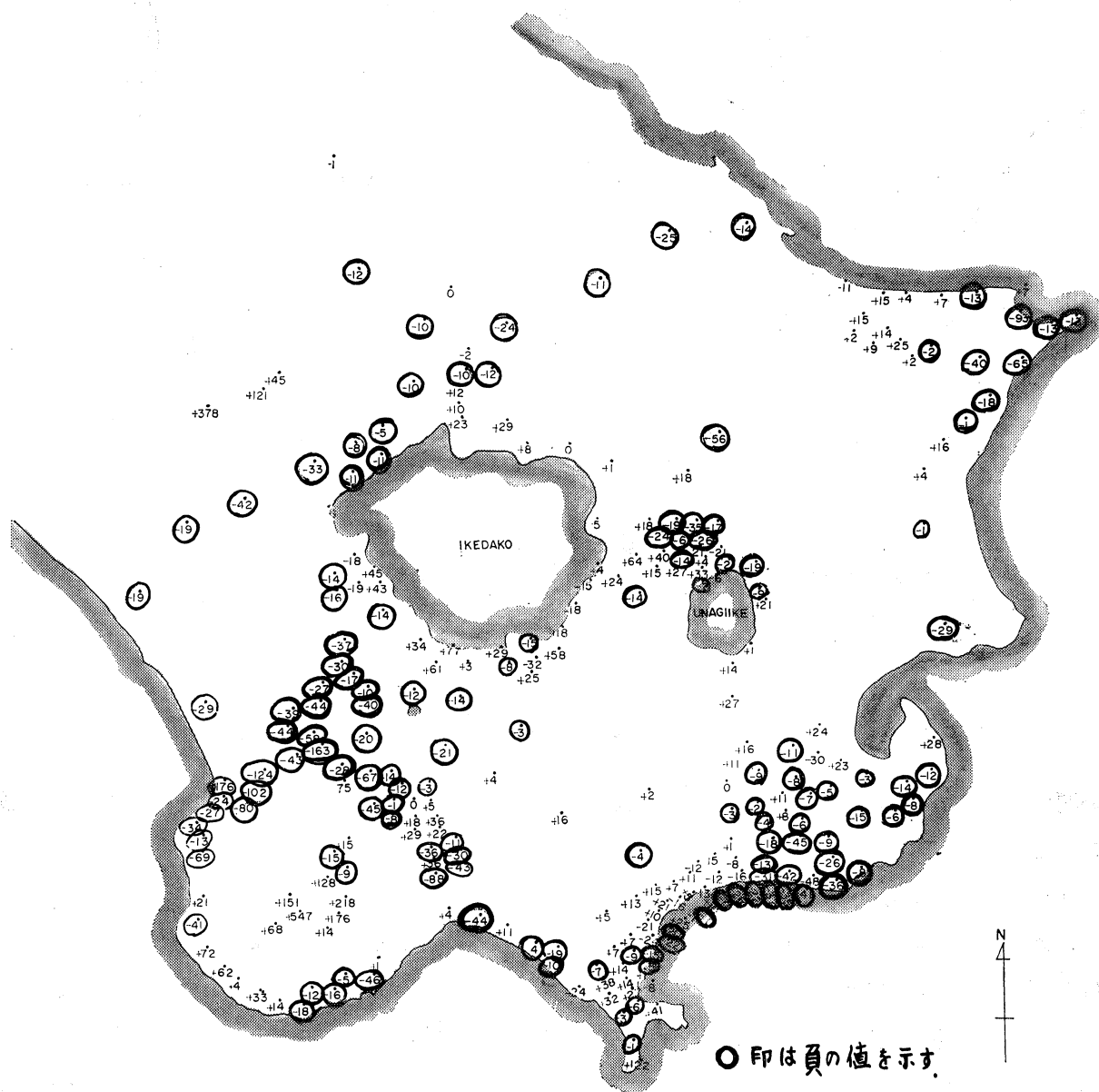


Fig. 8. Standard Deviation.

上付近は、標準偏差が大きく正の値をとっている。しかし開聞岳一帯は高度の考慮をすると大きく負の値をとる地点なのである。一方池田湖の北側から東側にかけての一带は、測点地の高度が大きいにもかかわらず、しかも標準偏差値が負の値を示すことは、「カルデラ壁での伏角値は、その周辺部に比較して低い値をとる」という仮説は、ここでも明らかに成立する。

長崎鼻周辺の Ōta ラインはどのように解釈するかという問題であるが、赤水鼻から竹山に到る線は標準偏差が負の連続であり、この海岸線は測点について高度の差はみられないので明瞭に仮説を満足すると考える。また地形的にもこの海岸線は美しい絶壁をなしているので、カルデラの北壁であると判断する。今このカルデラを赤水カルデラと呼ぶことにしよう。赤水カルデラは阿多カルデラの中に含まれる一つのカルデラというわけで、赤水カルデラの南壁は、その後のはげしい陥没のため海中に没してしまったと考える。(Fig. 7 参照)

写真は赤水鼻から竹山への美しい絶壁の海岸で、竹山の方から赤水鼻方向に向かって撮影したもので、鹿児島銀行の厚意によるものである。

筆者が、伏角異常から新しく提唱する阿多カルデラの新しいラインと、新しく提唱する赤水カルデラは、地質学的、岩石磁気学的にも証明されねばならないと考える。

5) 赤水カルデラと地質学的考察

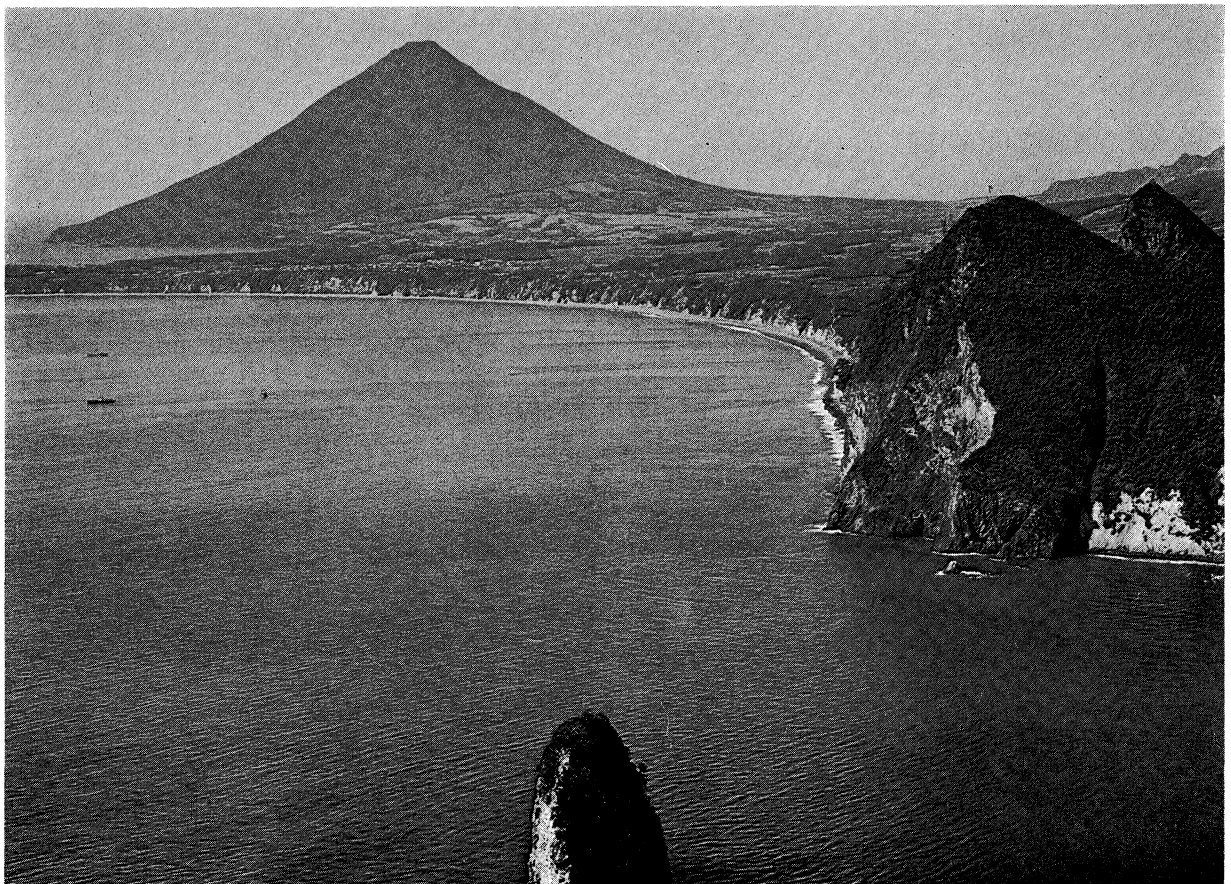


Fig. 9.

南九州一帯には広く溶結凝灰岸が分布している。松本唯一（T. Matumoto）はそれぞれが単一の火口または噴出地域より噴出されたと考えてカルデラを想定し、阿多カルデラと命名した。

その形は東西に長く中央がくびれる巨大なもので、二つの円形に近い指宿カルデラと肝付カルデラからなるものとしている。阿多カルデラおよびその周辺の地質研究については、R. Ōta, Kawati, Kino 等の研究があり、阿多火砕流については S. Aramaki, T. Ui の詳細な研究がある。また重力異常については I. Yokoyama の研究がある。それ等によって新カルデラとその周辺について簡単な考察をしよう。

Ōta の地質調査報告によると、阿多カルデラの構造線は魚見岳南壁から鬼門平、烏帽子東麓を経て開聞岳北麓につらなって長崎鼻付近にのびている。ここで問題なのは、Ōta 論文に点線で記入されている開聞岳周辺と長崎鼻、赤水岳付近である。

T. Matumoto は赤水岳、魚見岳を構成する溶結火砕岩は阿多火砕流と同一であるとしている。しかし、S. Aramaki は赤水岳と魚見岳の溶結火砕岩の相当な部分は局地的な堆積物で、大規模な阿多火砕流主体とは明らかに区別され则认为している。しかも赤水鼻付近の海岸は、S. Aramaki によると最大径 2 m に達する花崗岩質の岩石の研究から、おそらくこれ等は赤水岳火山の火口またはその付近の正確な位置不明の火口群から噴出されたものと述べている。このように T. Matumoto の主張する阿多カルデラの地域は、阿多火砕流の研究から、その主体の噴出した場所としては不適当である等の問題点が多い。したがって赤水岳を含む新しいカルデラの想定は局地的な火砕流の問題の解釈に適切な噴出場所として考えられることである。また I. Yokoyama の重力異常の研究によると、鹿児島島の中央部にブーゲ異常の中心があり、しかもブーゲ異常は鹿児島湾口に沿って細長く負の異常がのびているように見えることで、これは筆者による伏角異常のもっとも著しい帯状の地域が、同じく鹿児島湾口に沿ってのびているのと類似している。このことは鹿児島湾 V. T. D と密接な関係にあり、阿多カルデラの構造線が開聞岳をも含んで大きく迂回し、長崎鼻付近をすっぽり内側に包含する新しい阿多カルデラの輪郭を提唱する所以である。勿論、新カルデラは池田カルデラ等と同じく阿多カルデラの中に含まれていると考えるのである。

3. む す び

阿多カルデラおよびその周辺の地磁気を測定して、その資料を整理して等伏角線図を作成しているうちに、伏角値の異常さがカルデラ壁と興味ある関係にあることに気付いた。その結果 T. Matumoto の提唱した阿多カルデラの境界線は、開聞岳とその周辺で修正すべきであることを提唱し、新カルデラの存在を提唱した。

鹿児島湾 V. T. D 地帯の航空磁気測量は、東北大学の加藤、高木教授、海上保安庁水路部の歌代氏らによって行われているが、筆者が地磁気の成分ごとの測定を行ったのは、伏角の特性と地上での観測の意義を考えるからであって、阿多カルデラの構造をきめるためには、何か少しでも新しい物理量による観測の必要を痛感したからである。

本報告においては、「阿多カルデラ縁では伏角値が小さい」ということである。しかも若干の例外はあるにしても、伏角値はカルデラ縁から周辺部に向っては増大するというのである。このことは更に多くのカルデラについて観測を行って確かめていきたい。

もっとも、カルデラの構造は複雑であり、カルデラ学説もいろいろと論ぜられてはいるが、カルデラ周辺の伏角の異常によってカルデラの構造を研究しようとするものである。

この研究をすすめるに当って、GIT-TR 磁力計の補正をお願いした鹿屋の磁気観測所の方々および測定にご協力いただいた高植利邦、森本広徳、松田心一、柿川宏の諸氏に厚くお礼を申し上げます。

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, 水上武震研集報, 18 (1940), 388.
- 4) 湯村哲男: 験震時報, 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, 大林辰蔵: 震研集報, 24 (1946), 207.
- 8) 野添俊雄: 桜島火山周辺における地磁気特性について, 鹿大教研究紀要 (1968).
- 9) 太田良平: 鹿児島県指宿地方地質調査報告, 地質調査月報, 17, 3 (1966).
- 10) 行武毅, 萩原幸雄, 火山の磁気, 火山 (1965).
- 11) 荒牧重雄: カルデラ学説に関するいくつかの問題, 火山, 2 (1969).
- 12) 横山 泉: カルデラ構造に関する考察, 火山 (2), (1969).

Summary

In order to study earth's magnetic anomalies of Ata caldera and its neighboring area, examined about the relation between magnetic dip and caldera wall in the south of SATSUMA peninsula, and create a map of similar magnetic dip in Ata caldera. We find that magnetic dip have low value at in and around caldera wall generally, for that reason, we can determine the caldera wall through surveyed magnetic dip. As the result of the consideration from dip anomalies, we obtained the new line of Ata caldera at Mt. Kaimon and the others.