

24. 浅間山の電磁気学的調査 (第1報)

地震研究所 {本 蔵 義 守
 小 山 茂

(昭和53年4月28日受理)

1. はじめに

1977年秋に実施された浅間山集中火山観測の一環として、地磁気・地電流の観測を行った。目的は以下の4項目にわたって調査することにある。(1)浅間山の全磁力分布調査、(2)全磁力繰返し測量のための磁気点の選定、および測量域内の磁気ノイズに関する調査、(3)自然電位に関する予備観測、(4)国鉄信越線からの迷走電流に関する調査。

火山の全磁力分布に関しては、航空磁気測量 (KATO et al., 1962) によるのが現在では普通であるが、火山体表面における測量から全磁力分布が求まるかどうかを試みた。また、地表における観測からは、航空磁気測量では検出できないような局所的異常、たとえば小規模の熔岩流または火砕流などによる局所的異常を調べることが可能であろう。(2)に関連して、全磁力分布からみた磁気点の配置は、個々の磁気点における全磁力経年変化の原因を議論するのに役立つと思われる (本蔵・他, 1976)。

全磁力繰返し測量は、火山活動に関連する全磁力変化を調べることが目的である。火山地帯では、強く帯磁した岩石が不規則に分布することが多く、磁気勾配がきわめて大きいのが普通である。したがって、繰返し測量のための磁気点としては、磁気勾配の小さな場所を捜し求めなければならない。浅間山付近では、これに加えて、信越線からの迷走電流による磁気ノイズが大きいと予想されるので、予備調査として、この磁気ノイズを調べておく必要がある。

(3)、(4)は地電流に関する観測である。このうち(4)は、信越線からの迷走電流の流れる方向を利用して、火山活動を調べようというものである。つまり、火山内部で温度が上昇したり、あるいはマグマが上昇したりすれば、火山体の電気伝導度が変化するはずである。そうすれば、地表を流れる電流が電気伝導度変化によって影響を受け、電流の方向が変化することも考えられるのである。これに対して、(3)は火山活動に関連する自然電位そのものの変化を調べるものである。

2. 浅間山の全磁力分布

携帯用プロトン磁力計を用い、主として登山道に沿う124カ所で全磁力を測定した。第1図は測点の分布を示す。今回は火山斜面の南半分を重点的に調べた。日変化の影響はハケ岳地磁気観測所のデータを用いて除去し、同観測所における1977年9月の月平均値、46.155 γ (ガンマ, SI 単位系ではナノテスラ, nT) に準拠して各測点での値を求めた。

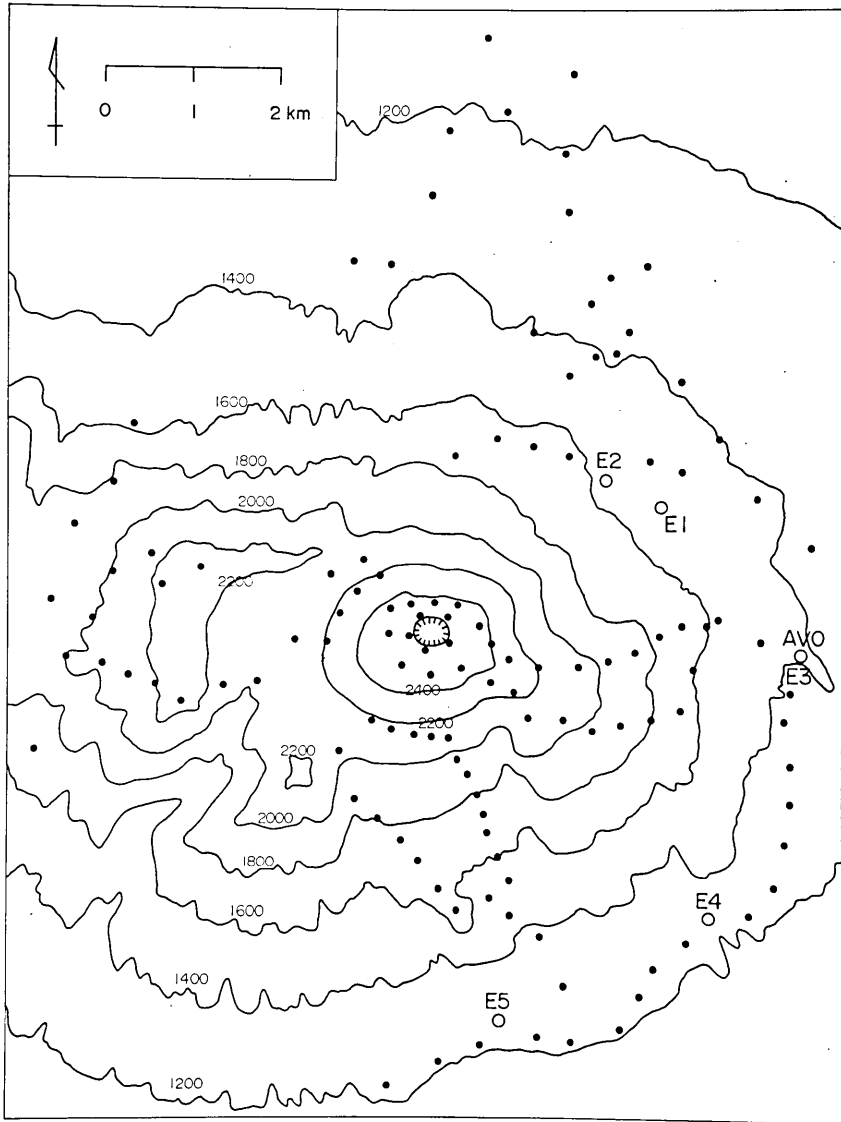


Fig. 1. Distribution of observation points on the Asama Volcano and in its vicinity. Contours indicate the height from sea level in meters. AVO denotes the Asama Volcano Observatory. Large circles shown by E1~E5 indicate localities of observation points for the repeated survey of the geomagnetic total intensity.

第2図はこうして求めた値から得られた全磁力分布である。単位は γ で、図に示した値に $45,000\gamma$ を加えた値が実際の全磁力値である。火口の東側には、局所的に $48,500\gamma$ を越える所が存在する。また、南側斜面一帯で全磁力が $47,000\gamma$ を越えていることが特徴的である。

上記のように求めた全磁力分布から磁気異常を得るためには、浅間山付近の標準的全磁

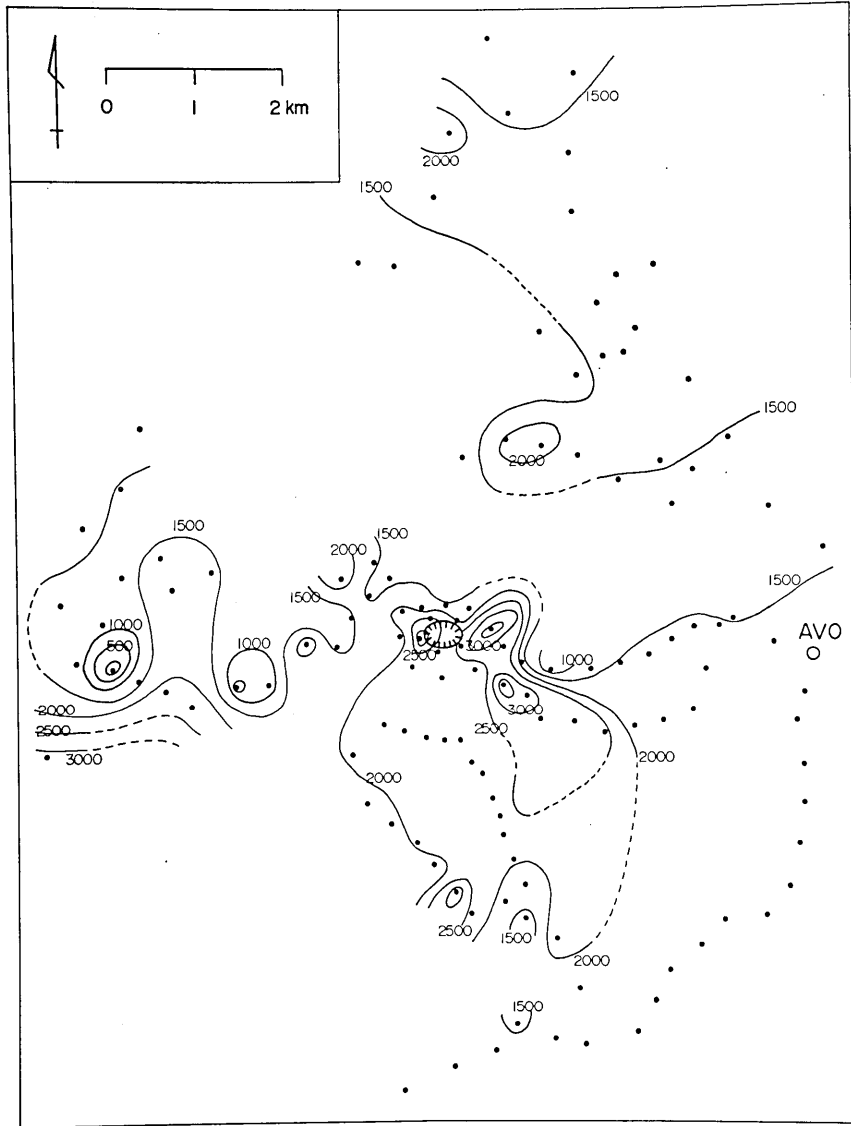


Fig. 2. Distribution of the geomagnetic total intensity in the Asama Volcano area. Values are given in gammas (nanoteslas in the SI unit system). Real values are obtained by adding 45,000 gammas to the values shown in the figure.

力値がわかっていなければならない。国土地理院が実施している全国磁気測量の結果によると、浅間山付近での1977年9月頃の標準全磁力は $46,550\gamma$ 程度である(石川雄一:私信)。この値を標準全磁力値とした時の磁気異常を示したのが第3図である。単位は γ である。

この図からわかるように、 500γ 程度の正の異常が南側斜面一帯を覆っており、火山体



Fig. 3. Magnetic anomalies in the Asama Volcano area. Values are given in gammas.

全体としては、現在の地球磁場の方向に近い帯磁構造をしていると考えられる。山頂付近には、 $2,000\gamma$ に達する正の異常が局部的にみられる。特に東側斜面には、 $2,000\gamma$ の正の異常と 500γ の負の異常が対になって存在していることがわかる。この異常を起こす双極子を考えると、その方向は、現在の地球磁場方向よりは少し東に向いているように見える。しかし、測点が少ないのではっきりしたことはいえない。黒斑山、車坂峠を結ぶ西側稜線にも、 $1,000\gamma$ に達する負の異常が2カ所に存在する。これらは浅間山の東斜面にみられる

負の異常と同質のものかもしれない。

今後さらに測点をふやして測量を行えば、局所的異常も含めて、もっと詳細な磁気異常図ができると思われる。特に、今回の測量では測点の少なかった北側斜面での測量が必要となろう。南側斜面一帯でみられた 500γ の正の異常に対応する負の傾向が、北側斜面一帯でみられるかどうかは、興味深いことであろう。

3. 全磁力繰返し測量

火山活動に伴う地磁気変化の例は少なくない (RIKITAKE and YOKOYAMA, 1955; JOHNSTON and STACEY, 1969)。帯磁の強い玄武岩質熔岩 (たとえば伊豆大島の三原山) に比べ、安山岩質の浅間火山の場合、地磁気の変化は小さいことが予想される。したがって、磁気点の選定、測量方式などには注意を払う必要がある。測器として用いるプロトン磁力計の精度は 1γ 程度であるので、この面だけからは全磁力数 γ の変化は検出可能である。プロトン磁力計のセンサーの位置を、測量の都度厳密に決めていたのでは能率が悪いが、たとえば 5 cm 程度のずれが許されるとすれば、センサーの位置決定は容易である。つまり、磁気勾配の小さい所に磁気点を定めると、測定はかなり容易に行われる。

今回は磁気点として5点選んだが、その位置は第1図 E1~E5 に示してある。磁気点を磁気異常の大きい所を選べば、予想される変化量も大きいと思われるが、第3図からわかるように、E1~E5 はこの意味からは理想的な場所とはいえない。しかし、繰返し測量のためには、磁気点は容易に到達できる場所に設置される必要があるので、やむを得ない面もある。各磁気点における磁気異常は第1表に示した。第1表には各点における磁気勾配も示してある。再測の際のセンサーの位置の精度を $\pm 5\text{ cm}$ とすれば、測定誤差は E4 を除いて 1γ 程度であることがわかる。E4 については、特に上下方向に注意する必要があるが、この点での誤差は 2γ 程度と考えてよいであろう。

全磁力繰返し測量は、約 35 km 南方に位置する八ヶ岳地磁気観測所を基準点としている。しかし、わずか数 km しか離れていないにもかかわらず両地点での全磁力変化が同一ではない場合もある (大地・柳原, 1969)。特に、振幅が数十 γ にも達する日変化の様相は場所によって異なる場合がよくある (MORI and YOSHINO, 1970)。したがって、基準点と測量域との間に全磁力変化の違いがあるかどうかを調べておく必要がある。この目的のために、携帯用磁力計を用いて浅間火山観測所構内で連続測定を試みた。

Table 1. Magnetic anomalies and magnetic gradients at observation points.

Observation point	Magnetic anomaly	Magnetic gradient	
		Horizontal	Vertical
E1	-150γ	$0.1\ \gamma/\text{cm}$	$0.1\ \gamma/\text{cm}$
E2	-60	0.05	0.1
E3	80	0.05	0.05
E4	250	0.05	0.4
E5	-330	0.1	0.2

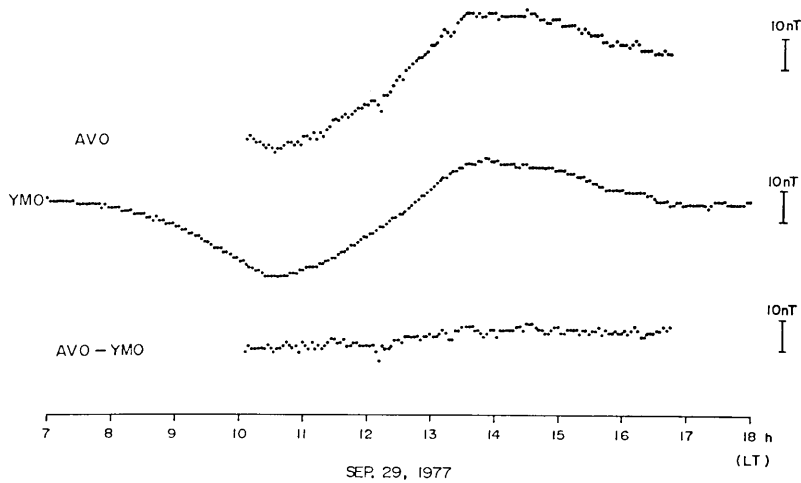


Fig. 4. Daily variations of the geomagnetic total intensity observed on Sep. 29, 1977 at YMO (Yatsugatake Geomagnetic Observatory) and AVO (Asama Volcano Observatory), and difference between AVO and YMO. Bars indicate scale length for 10 gammas (nanoteslas).

第4図にその結果を示す。9月29日には典型的な日変化がみられた。この図から明らかのように、AVO (浅間火山観測所) と YMO (八ヶ岳地磁気観測所) の差は一定ではなく、最大 6γ 程度の違いがある。つまり、測量域の方が八ヶ岳観測所よりも日変化の振幅が約16% 大きいことがわかる。一方、浅間山より北方に位置する草津白根山における磁気測量の時の全磁力連続観測では、測量域と八ヶ岳観測所との全磁力差は全磁力日変化の10% 以内であった (河村・他, 1977)。

したがって、浅間山付近の地下構造は電磁氣的に異常ではないかと推測される。このため、CA 的手法を用いて、異常があるかどうかを調べる必要があると思われる。全磁力差に日変化の影響が現われるため、磁気測量は日変化の影響をあまり受けない夕方から夜間にかけて行うとよい。

第4図からわかるように、AVO における全磁力にはノイズが多い。これは信越線からの迷走電流による磁気ノイズである。磁気点における測定は1分ごとに20分間行うことにしているが、迷走電流によるノイズがこの方式ではどの程度であるかを調べた。その結果、20分間測定すればほとんどの場合、平均値が 1γ 以内に正しく求まることがわかった。しかし最悪の場合、平均値が 2γ 程度ずれることがある。したがって、AVO 付近 (E3) では、迷走電流が原因の誤差は平均値に関して 2γ 程度であると考えておく。北方の E1, E2 ではこれより小さく、南方の E4, E5 ではこれよりもう少し大きいと思われる。

以上のことから磁気点における測定値の誤差は、日変化の影響のない場合、E4 で $\pm 4\gamma$ 、その他の点では $\pm 3\gamma$ と考えてよい。これらは誤差としては大きいですが、浅間山周辺に関してはやむを得ないであろう。

第1回の測定結果を第2表に示す。この時は日変化の激しい日中での観測であったために、 ΔF (各測点での全磁力値と YMO での全磁力値との差) には日変化の影響が入って

Table 2. Results of the first survey of the geomagnetic total intensity.

Observation point	$\Delta F(\gamma)$	Date
E1	241.3±0.8	Sep. 28, 1977 : 11 ^h 49 ^m ~12 ^h 08 ^m
E2	330.8±0.6	" : 15 ^h 16 ^m ~15 ^h 35 ^m
E3	478.7±1.0	" : 16 ^h 23 ^m ~16 ^h 42 ^m
E4	651.0±1.2	Oct. 3, 1977 : 15 ^h 57 ^m ~16 ^h 16 ^m
E5	69.5±1.8	Oct. 7, 1977 : 10 ^h 39 ^m ~10 ^h 58 ^m

Table 3. Results of the second survey of the geomagnetic total intensity.

Observation point	$\Delta F(\gamma)$	Date
E3	479.2±0.7	Apr. 17, 1978 : 17 ^h 36 ^m ~17 ^h 55 ^m
E4	651.3±1.2	" : 18 ^h 24 ^m ~18 ^h 43 ^m
E5	68.9±1.2	" : 19 ^h 22 ^m ~19 ^h 41 ^m

いると思われる。1978年4月17日にE1, E2を除く他の3点で第2回目の測量を実施した。その結果を第3表に示した。これらの表に示された誤差は20個の測定値の標準誤差であって、諸々の影響を考慮した誤差ではない。これらの表から、1977年9月から1978年4月までの間に全磁力の有意な変化はなかったと結論できる。

4. 地電流測定

AVO 構内に電極を埋設し、自然電位の測定を行っている。電極はいずれも炭素棒である。電極間隔はNSで100m, EWで92mである。1時間ごとの値から日平均値を求め、これをプロットしたものが第5図である。NSに関しては、電極埋設直後を除いて安定しているようである。EWについては、ドリフトが3カ月間程度続いた。もう少し観測データを蓄積しないと確定的なことはいえないが、NSの記録から判断する限り、10mVを越える自然電位の変化は検出できそうである。

自然電位測定用の電極を利用して、別の研究も行っている。AVO付近にはかなり強い迷走電流が流れている。この電流の振舞と火山活動との関係を議論できるかどうかを調べることを考えた。迷走電流の様相は複雑で(柳原・大島, 1953)、電流源を調べることは容易ではない。しかし迷走電流の詳細はわからなくとも、たとえばAVO付近である定まった方向に迷走電流が流れることがわかれば、迷走電流を利用できるかもしれない。

迷走電流には短周期成分が卓越しており、長期間連続観測の目的には、周期10分程度の変動を用いるのが適切である。そこで、7.5分~2.5時間の周期帯用のバンドパスフィルター(Trigg, 1972)を用いて短周期成分とドリフトを除去した。第6図に記録の例を示す。NS(S), EW(S)は自然電位差で、感度をおとして記録している。NS(F), EW(F)がバンドパスフィルターを通した後の記録である。NS(F)とEW(F)は非常によく似ており、両成分の振幅比から電流の方向が定まることがわかる。この方向がどの程度一定であるかを調

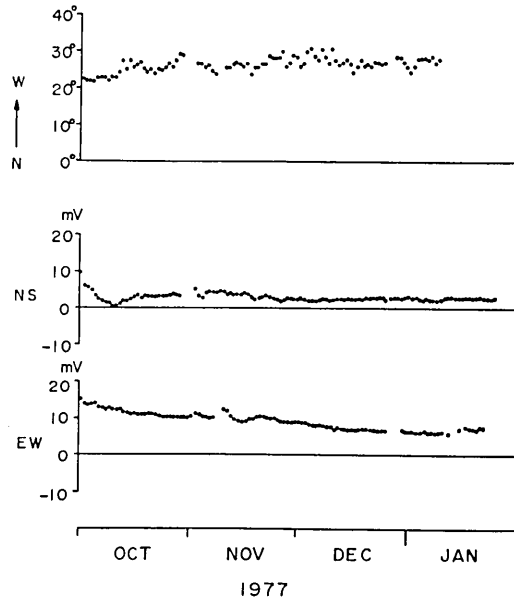


Fig. 5. Daily means of NS and EW components of self-potential at the Asama Volcano Observatory. The upper figure shows the direction in which electric currents leaving from the Shin-etsu line flow at the observatory.

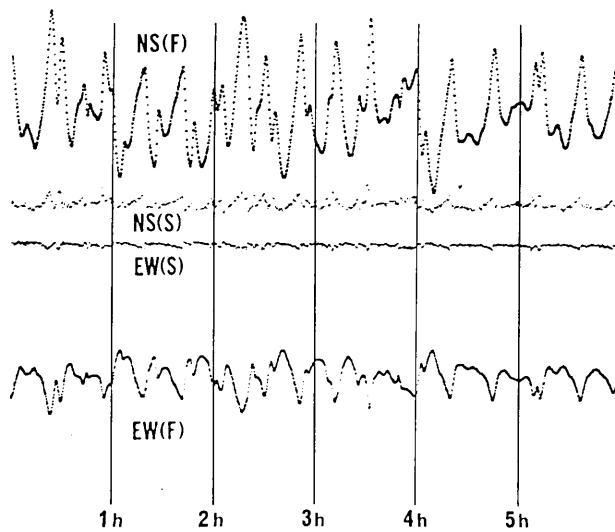


Fig. 6. An example of records of electric potential. F denotes band-pass filtered records. The sensitivity of components of self-potential indicated by S is lowered to investigate variations of long duration.

べた結果を第5図の上段に示した。NNW—SSEの方向に電流が流れており、約3カ月間の測定では、方向の変動は 10° 以内であることがわかる。

電気伝導度の高い物質が地表付近に出現すれば電流の流れる向きが変化するということは、理論的にはわかっている (HONKURA, 1976)。しかし、変化量は必ずしも大きくはないので、 10° 程度のばらつきは大きいといえよう。しかし、平均操作を施すことによって長期的変化を検出することは、不可能ではないかもしれない。別の観測点で同じような観測を行えば、迷走電流源での変動はある程度除去できるかもしれない。したがって、2点における電流方向の差を調べれば、もう少し小さな変化を検出することが可能になるかもしれない。

5. ま と め

今回の調査は今後の観測のための予備調査的な面も強いが、基礎的データは十分得られたことと思う。地電流の連続観測は今後も継続して行い、火山活動との比較を試みる予定である。全磁力繰返し測量に関しては、磁気点をもう少しふやす必要があろう。測量は少なくとも毎年1回、できれば数回実施することが望ましい。今回の調査の成果の1つとして、浅間山付近は電磁気的に異常であるかもしれないということが示唆されたことがあげられる。この点に関しては、地磁気短周期変化観測、全磁力連続観測などを行うことによって、異常であるのかどうか、また、異常であればその原因は何であるのかなどについて調べるべきであろう。

謝 辞

浅間火山観測所の行田紀也、小山悦郎両氏には、諸観測にわたって御協力頂いた。特に、地電流観測に関して、記録計の保守、電線切断の修復など、多大な労力を払って頂いた。下鶴教授からは集中観測に関していろいろと御指導を賜った。地震研究所火山部の方々との討論には益する所が多かった。以上の皆様方に厚く感謝いたします。

参 考 文 献

- HONKURA, Y., 1976, Perturbation of the Electric Current by a Resistivity Anomaly and its Application to Earthquake Prediction, *J. Geomag. Geoelectr.*, **28**, 47-57.
- 本藏義守・吉野登志男・行武 毅, 1976, 1970年秋田県南東部地震前後の全磁力観測結果, CA研究会(1976)講演集, 139-144.
- JOHNSTON, M. J. S. and F. D. STACEY, 1969, Volcano-magnetic Effect Observed on Mt. Ruapehu, New Zealand, *J. Geophys. Res.*, **74**, 6541-6544.
- KATO, Y., T. MATSUO, and A. TAKAGI, 1962, Aeromagnetic Surveys over the Oshima Island, *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 5, Geophys.*, **14**, 65-80.
- 河村 諒・大地 洸・森 俊雄・行武 毅・本藏義守・小山 茂, 1977, 草津白根山における地磁気測量, CA研究会(1977)講演集, 225-230.
- MORI, T. and T. YOSHINO, 1970, Local Difference in Variations of the Geomagnetic Total Intensity in Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **48**, 893-922.
- 大地 洸・柳原一夫, 1969, 地電流および全磁力の Island Effect, CA研究会(1968, 1969)講演集, 175-178.

- RIKITAKE, T. and I. YOKOYAMA, 1955, Volcanic Activity and Changes in Geomagnetism, *J. Geophys. Res.*, **60**, 165-172.
- TRIGG, D., 1972, An Amplifier and Filter System for Telluric Signals, Publications of the Earth Physics Branch, Ottawa, **44**(1), 1-5.
- 柳原一夫・大島汎海, 1953, 福島・米沢間電気鉄道による原町地電流の擾乱, 柿岡地磁気観測所要報, **6**, No. 2, 119-134.
-

24. *Magnetic and Electric Investigations of the Asama Volcano.*

By Yoshimori HONKURA and Shigeru KOYAMA,
Earthquake Research Institute.

As a part of the intensive observations of the Asama Volcano, we made magnetic and electric investigations of the volcano. In order to obtain a general feature of the anomalies of the geomagnetic total intensity in the Asama Volcano area, measurements of the total intensity were carried out mainly on the flank of the volcano. As a result, a positive anomaly of 500 gammas (nanoteslas) which covers the southern flank was found in addition to strong positive and negative anomalies of local extent.

Aiming at detecting changes in the geomagnetic total intensity associated with volcanic activities, we set up five observation points where the total intensity was to be measured every minute for twenty minutes. The first and second surveys were made in September, 1977 and in April, 1978, respectively. No significant changes were observed during this period.

The electric potential is also being measured at the Asama Volcano Observatory. One of the purposes is to investigate the relation between the changes in self-potential and volcanic activities. The other is to examine whether or not any changes can be observed, particularly in association with volcanic activities, in the direction in which electric currents leaking from the electric railway (the Shin-etsu line) tend to flow at the observatory. As a preliminary result, it was found that changes of 100 mV/km in self-potential and 10 degrees in the direction of leakage currents should be significantly detected.
