

桜島およびその周辺地域での全磁力測量 - (II)

東京大学地震研究所 行武 毅・吉野登志男

地磁気観測所 河村 謙 大島 汎海

京都大学理学部 田中 良和

1. ま え が き

桜島では1962年以来地磁気観測所によって島内約10点で地磁気3成分の測定が繰り返され、1965年頃より1974年頃までの約10年間にこれらの測点のうち南部の点古里のみで約3'の伏角のはぼ一様な異常減少が認められ、地下4.5kmに中心をもつ半径1.6kmの球状部が 4×10^{-3} emu/ccの磁化を失ったとすれば、この伏角変化を説明できると考えられている⁽¹⁾⁽²⁾。その後前回の総合観測期間(1975年3月13日-20日)に島内および鹿児島湾周辺部に18点の全磁力観測点網を整備し第1回の集中測量を実施した。その結果から地表での全磁力異常分布が航空磁気測量⁽²⁾よりえられた分布と良く調和すること、湾型変化等の外部磁場変化が鹿屋と桜島内とで10-15%異なり、この違いは阿蘇に至るかなり広い地域に亘ることが見出された⁽³⁾。地磁気観測所ではその後も引き続き主として島内の測点について2-3ヶ月毎に全磁力測量を繰り返し、今回の集中総合調査に至った。

今回の調査において地磁気分野では

- i) 全回整備した測点を主に新設または移設点を加えた20点における全磁力測量
- ii) 桜島内および鹿児島湾周辺の7点における全磁力連続観測
- iii) 桜島熔岩試料の岩石磁気測定

を実施した。この報告はそのうちの主として全磁力測量に関するものである。

2. 全 磁 力 測 量

(1) 観測期間

1976年10月30日-11月1日(LT)

以下すべて時刻はLTで表わす。この期間中10月30日7時に中規模の磁気嵐が発生し、

11月1日22時まで続いた。鹿屋における $K_{max} = 5$ (10月31日1.5時-1.8時、

21時-24時), 水平分力Hの最大レンジは105γであった。このため今回の測量は磁気嵐のDR場, DP場中にも行わざるをえなかった。

ii) 使用測器と器差

測量には次の3台の携帯用プロトン磁力計が用いられた:

測機舎製 739B (東大震研) 器差 0.72γ

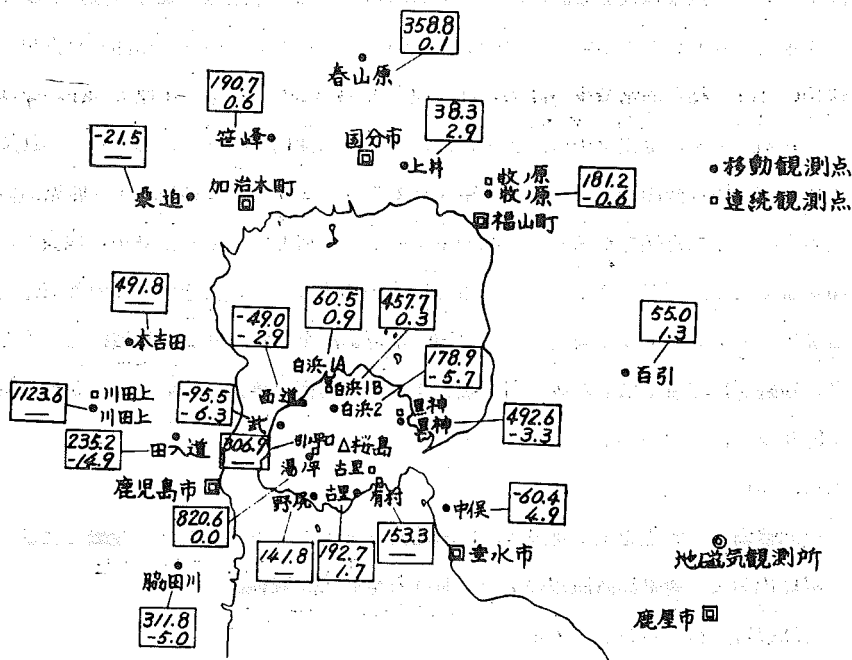
測機舎製 739C (地磁気観) 器差 0.54γ

国際電子製 611G (地磁気観) 器差 2.24γ

器差測定は観測終了後地磁気観測所鹿屋出張所の基準プロトン磁力計MOPE-IIIと比較することによって行われた。

iii) 測点

桜島内および鹿児島湾周辺部における地磁気観測点の分布を第1図に示す。



第1図 地磁気観測点の分布と全磁力測量結果 (鹿屋基準点に対する各測点の全磁力差および前回 (1975年3月) 調査後の全磁力差の変化)

前回の集中調査 (1975年3月) と同一測点は白浜1A, 白浜2, 西道, 武 (前回調査では連続観測点), 古里, 湯ノ平, 黒神, 脇田川, 田入道, 笠峰, 春山原, 上井, 牧ノ原, 百引および中俣の15点である。前回の測点のうち野尻は1975年9月に使用不能となり, 同年11月新点野尻2を設けた。本吉田, 桑迫もその保持状況に明らかに異常が認められ, 今回の観測は行われず, それに替って新たに川田上, 本吉田2, 桑迫2および笠峰2の4点

第1表 全磁力測量結果(前回調査結果と比較のため鹿屋を基準として1975年3月22日0時の値に引き直して表示)

PLACE		DATE (LT)	F	δF	FRAY	F	FR(1975)	FR(1975)	D	
S 1A	白浜1A	1976 Oct. 30	18:09 - 18:19	45971.6	0.72	45910.4	60.5	45942.4	45941.5	0.9
S 2	白浜2	Nov. 1	11:10 - 11:19	46062.2	0.72	45882.6	178.0	46060.8	46066.5	-5.7
		Nov. 1	16:35 - 16:45	46074.0	2.24	45892.8	179.0	46060.9	46066.5	-5.6
SAL	西道	Oct. 30	18:46 - 18:55	45863.5	0.72	45911.8	-49.0	45832.9	45835.8	-2.9
TAK	武	Nov. 1	17:32 - 17:44	45795.6	2.24	45888.9	-95.5	45786.4	45792.7	-6.3
NOZ 1	野尻1	-	-	-	-	-	-	46020.2	-	-
NOZ 2	野尻2	Oct. 31	19:50 - 19:59	46010.9	0.72	45868.4	141.8	46023.7	-	-
FS	古里	Oct. 31	19:16 - 19:25	46044.4	0.72	45851.0	192.7	46074.6	46072.9	1.7
YUN	湯ノ平	Oct. 31	20:28 - 20:37	46693.9	0.72	45872.6	820.6	46702.5	46702.5	0.0
KUR	黒神	Oct. 31	16:28 - 16:40	46343.0	0.72	45849.7	492.6	46374.5	46377.8	-3.3
WAK	脇田川	Oct. 30	18:37 - 18:39	46222.0	0.54	45909.7	311.8	46193.7	46198.7	-5.0
		Nov. 1	14:02 - 14:12	46203.3	0.54	45890.3	312.5	46194.4	46198.7	-4.3
TH	田入道	Oct. 30	20:08 - 20:21	46148.0	0.54	45912.3	235.2	46117.1	46132.0	-14.9*
		Oct. 31	19:48 - 19:58	46103.5	0.54	45868.0	234.7	46116.9	46132.0	-15.1*
KAW	川田上	Nov. 1	19:17 - 19:26	47016.1	0.54	45892.0	1123.6	47005.5	-	-
YS 1	本吉田1	-	-	-	-	-	-	46379.9	-	-
YS 2	本吉田2	Nov. 1	18:02 - 18:11	46380.3	0.54	45888.0	491.8	46373.7	-	-
KWA 1	桑迫1	-	-	-	-	-	-	45886.8	-	-
KWA 2	桑迫2	Nov. 1	18:15 - 18:24	45868.6	0.72	45889.4	-21.5	45860.4	-	-
SAS 1	辻峰1	Nov. 1	15:25 - 15:34	46084.2	0.72	45892.8	190.7	46072.6	46072.0	0.6
SAS 2	辻峰2	Nov. 1	16:06 - 16:15	46317.1	0.72	45894.0	422.4	46304.3	-	-
HAR	香山原	Oct. 31	17:11 - 17:21	46228.7	0.54	45869.4	358.8	46240.7	46240.6	0.1
KAM	上井	Nov. 1	00:12 - 00:24	45916.4	0.54	45877.6	38.3	45920.2	45917.3	2.9
MK	牧ノ原	Oct. 31	15:40 - 15:50	46008.9	0.54	45827.2	181.2	46063.1	46063.7	-0.6
MOB	百引	Nov. 1	21:54 - 22:03	45945.5	0.72	45889.8	55.0	45936.9	45935.6	1.3
NK	中俣	Nov. 1	23:10 - 23:20	45833.9	0.54	45893.8	-60.4	45821.5	45816.6	4.9*
ARI 1	有村1	-	-	-	-	-	-	46393.7	-	-
ARI 2	有村2	Nov. 2	02:30 - 04:29	46054.3	0.80	45900.2	153.3	46035.2	-	-
S 1B	白浜1B	Nov. 2	02:30 - 04:29	46358.5	0.64	45900.2	457.7	46339.6	46339.3	0.3
HIK	引ノ平口	Nov. 2	02:30 - 04:29	46208.0	0.88	45900.2	306.9	46188.8	-	-

が設けられた。測点の地表からの高さはいずれも150cmで、新設点については今後の再測精度を高めるため、測点から東西南北4方向の磁場傾度が測定され、10 γ /m以内の点が選ばれた。

また外部磁場変化の違いを考慮し、桜島内に有村2(前回の連続点有村1と異なる)、古里、引ノ平口、白浜1Bおよび黒神2の5点、周辺部に牧ノ原、川田の2点の全磁力連続観測点が設けられ毎分観測が行われた。

iv) 測量の結果

第1図および第1表に測量の結果を示す。第1表では

F : 各測点における全磁力値,

F_{KAY} : 対応する時間の鹿屋における全磁力値

$$\Delta F = (F - \delta F) - F_{KAY},$$

$$F_R(1976) = \Delta F + F_{KAY}(1975年3月22日0時)$$

δF : 使用測器の鹿屋MOPE-ⅢAに対する器差,

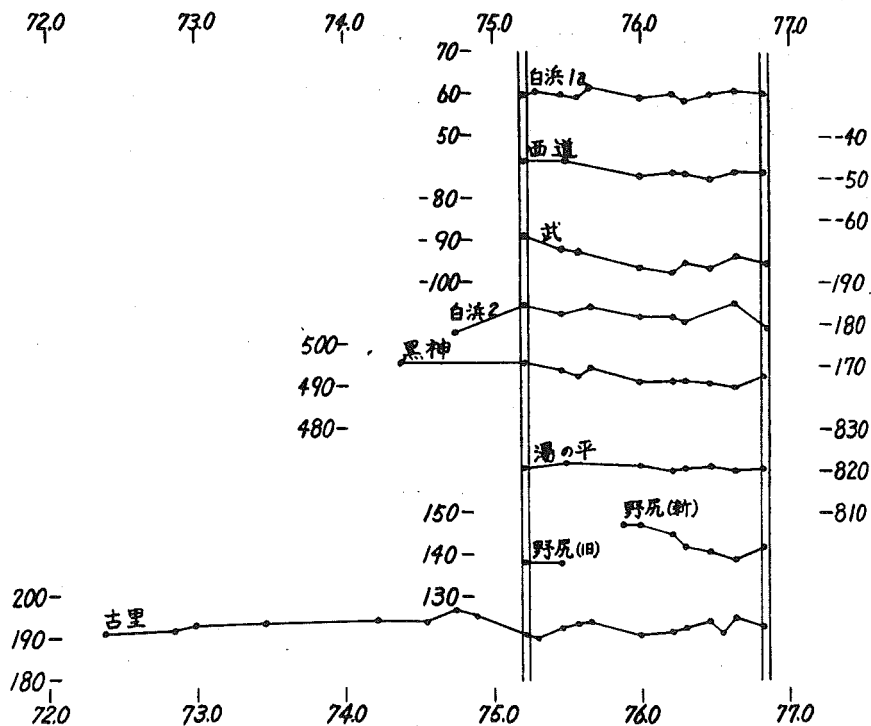
(但し γ_p 差分未補正)

$$D = F_R(1976) - F_R(1975)$$

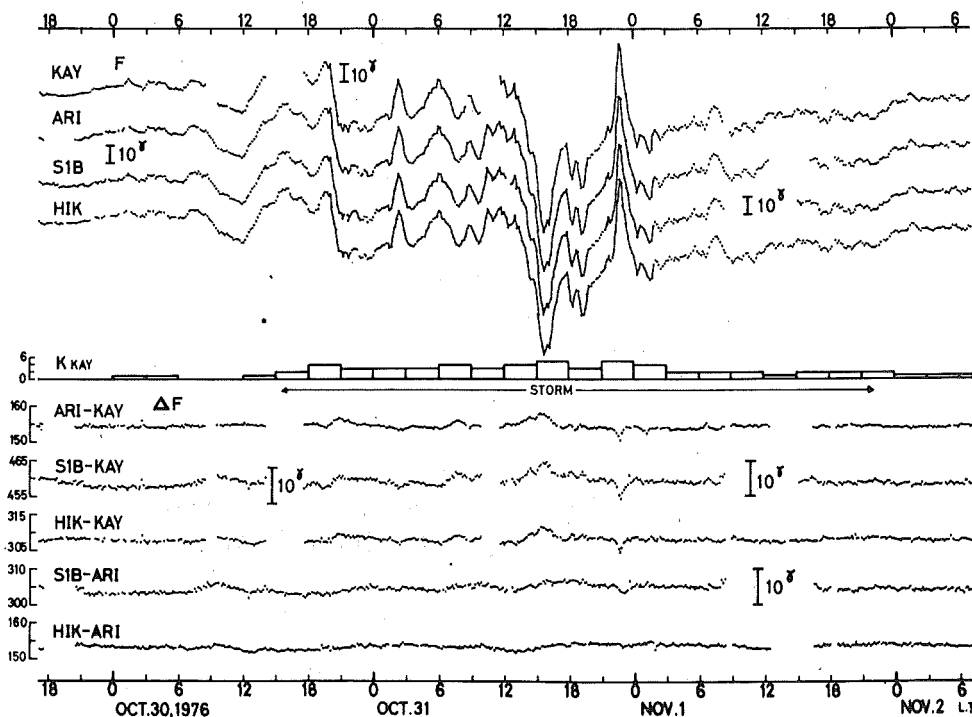
である。各測点とも観測は10秒若しくは15秒間隔で行われ、その10分以上の値の平均値を対応する鹿屋の毎分値平均と比較した。表の下段は連続観測点有村1, 有村2, 白浜1B, 引ノ平口について同様の値を示した。また第1図の測点の囲いの中の数字は、上段が器差 δF を補正した測点と鹿屋との全磁力差 ΔF , 下段が前回の集中総合調査における測量値との差Dである。

測点の変更のあった南側の野尻を除くと、過去1年7ヶ月の全磁力変化は北端の白浜1A, 白浜1Bでやや増加しているものの島内北側の他の測点ではいずれも明らかな全磁力の減少, 南側の古里で増加を示し、中央部の湯ノ平では殆んど変化が認められない。周辺部では鹿児島市周辺の脇田川, 田入道で全磁力の減少, 鹿児島湾北岸では牧ノ原を除きやや増加, 大隅半島の百引, 中俣で増加を示した。ただし田入道および中俣では周辺の建造物等に変化があり変化値に疑問がある。

2回の集中総合観測期間の中間に、2, 3ヶ月おきに地磁気観測所で実施した島内における全磁力測量の結果を第2図に示す。横軸は時間(単位:年), 縦軸は各測点とも測点と鹿屋との全磁力差である。白浜1Aを除き北部の西道, 武, 白浜2, 黒神で数 γ の減少, 古里でわずかの増加が認められ、その結果からも、多少の起伏はあるが全体としての傾向は第1表の結果と同様に、島全体の帯磁が強まる場合に予期される全磁力変化に一致する。



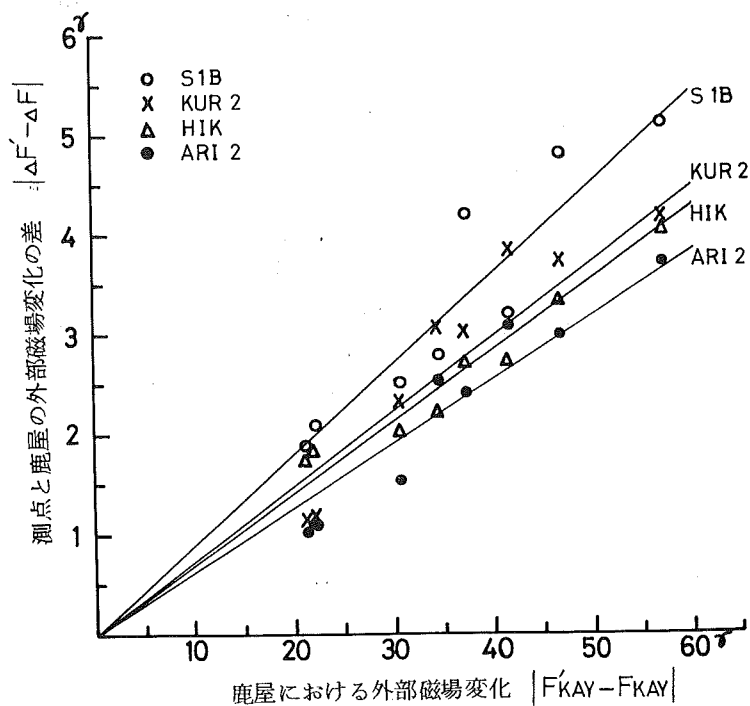
第2図 桜島内8測点における全磁力の経年変化(鹿屋基準点に対する差で表示)



第3図 鹿屋基準点と連続観測点(有村2, 白浜1B, 引ノ平口および黒神2)における全磁力と測点間の全磁力差の変化ならびに鹿屋におけるKインデックス

3. 外部磁場変化に伴う地磁気変化の地域性

前回の結果から鹿屋と島内各点との間で外部磁場変化の差のあることが認められ、湾型変化程度の周期の急変化では島内の変化は鹿屋に比して10～15%小さいことがわかった。今回の測量は止むをえず磁気嵐中で行われたので、測量値の信頼度を確めるため有村2，白浜1Bおよび引ノ平口の各連続点と鹿屋との全磁力差と外部磁場変化との関連をはじめに検討した。その結果を第3図に示す。上段に各測点の全磁力変化，中段に鹿屋におけるK指数，下段に測点相互の全磁力差を示した。各点はすべて10分間の平均値である。この期間の最初の約1日と終りの数時間は静穏状態であり，明瞭な静穏日日変化を示しているが，島内各点と鹿屋間および島内測点間の全磁力変化に5～10%程度の日変化の差が認められる。同様に磁気嵐主相（DR場）中の速い変化DP（例えば10月31日15時～17時の減少，22時～24時の増加）の差が前回の湾型変化の場合と同じく見出される。この磁気嵐中に現われた周期1～2時間の速い変化8例の振巾比を全磁力10分間平均値について比較した結果が第4図および第2表である。



第4図 桜島内の連続観測点における外部磁場変化の差（横軸は鹿屋基準点における全磁力変化
縦軸はその変化に対応する各測点と鹿屋との全磁力変化の差）

第2表 周期1～2時間の外部磁場変化とその鹿屋基準点に対する変化差の比（8例の平均値，単位%）

	有村2	白浜1B	引ノ平口	黒神2
$\frac{\Delta F' - \Delta F}{F_{KAY} - F_{KAY}} (\%)$	6.18 ± 1.03	9.06 ± 1.23	7.14 ± 0.70	7.46 ± 1.51

第4図において横軸は鹿屋における外部磁場変化 $F'_{KAY} - F_{KAY}$ ，縦軸は測点と鹿屋とのその変化の差

$$(F' - F) - (F'_{KAY} - F_{KAY}) = \Delta F' - \Delta F$$

を表わす。図から明らかなように，各測点とも外部磁場変化は鹿屋における変化より小さい。また測点相互の変化にも差があり，平均的にみると有村2，引ノ平口，黒神2，白浜1Bの順に鹿屋との変化差が大きくなる。第2表に同じ変化について鹿屋の全磁力変化に対する各測点と鹿屋との全磁力変化差の比を表わした。すなわちこのような急変化時に行われた測量値は各測点とも10分間平均であっても数%程度の誤差を生ずる可能性が高い。しかし第2図のような繰り返し測定の結果は個々の観測値には吟味が必要であるが，全体的傾向には充分信頼がおけるであろう。

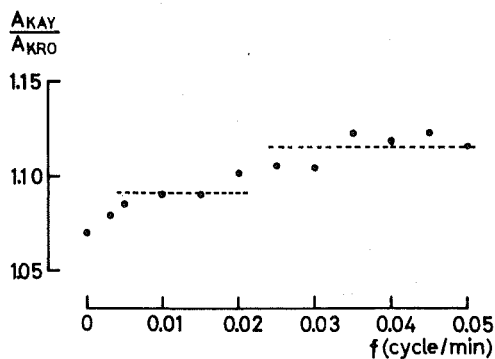
同様に著者の一人⁽⁴⁾は桜島東部の黒神で1975年1月以来全磁力連続観測を続けており，周期1～2時間，振巾20%程度の湾型変化では，黒神の変化は鹿屋に比べ，その振巾が約2%小さく，またより緩やかな変化については，夜間には黒神の変化は鹿屋に比して小さいが，昼間には同等または幾分大きくなることを報告した。

1976年10月16日 30日，31日および11月1日(LT)の4日間の黒神，鹿屋における全磁力毎分値をそれぞれ1日毎に区切り自己相関法を用いてパワースペクトルを求め比較した結果を第3表および第5図に示す。第3表のTは周期(単位分)，Pはパワー，Aは振巾である。また $R(\omega) = \log_{10} \frac{P_{KAY}}{P_{KRO}}$ を表わす。この結果から1～3時間周期の変化に対しては第2表の結果と一致し黒神の振巾は鹿屋に比して約8%，また20～30分の短周期変化では約10%小さいことが分かる。第5図は周波数に対するこの振巾比 $\frac{A_{KAY}}{A_{KRO}}$ を示す。破線はそれぞれ周期1～3時間および20～30分の変化に対する平均振巾比である。

第2表から明らかなように同じ桜島内の測点であってもこの $\frac{A_{測点}}{A_{KAY}}$ の値は変化の周期のみでなく場所によっても異なる。1～3時間の周期については黒神の約0.92に対して有村では0.94とみなしうるであろう。第6図に10月31日14時～17時および22時～24時のDR磁場中のDP-1磁場に対してこの補正を行った結果を示す。図の上段には鹿屋，黒神および有村に

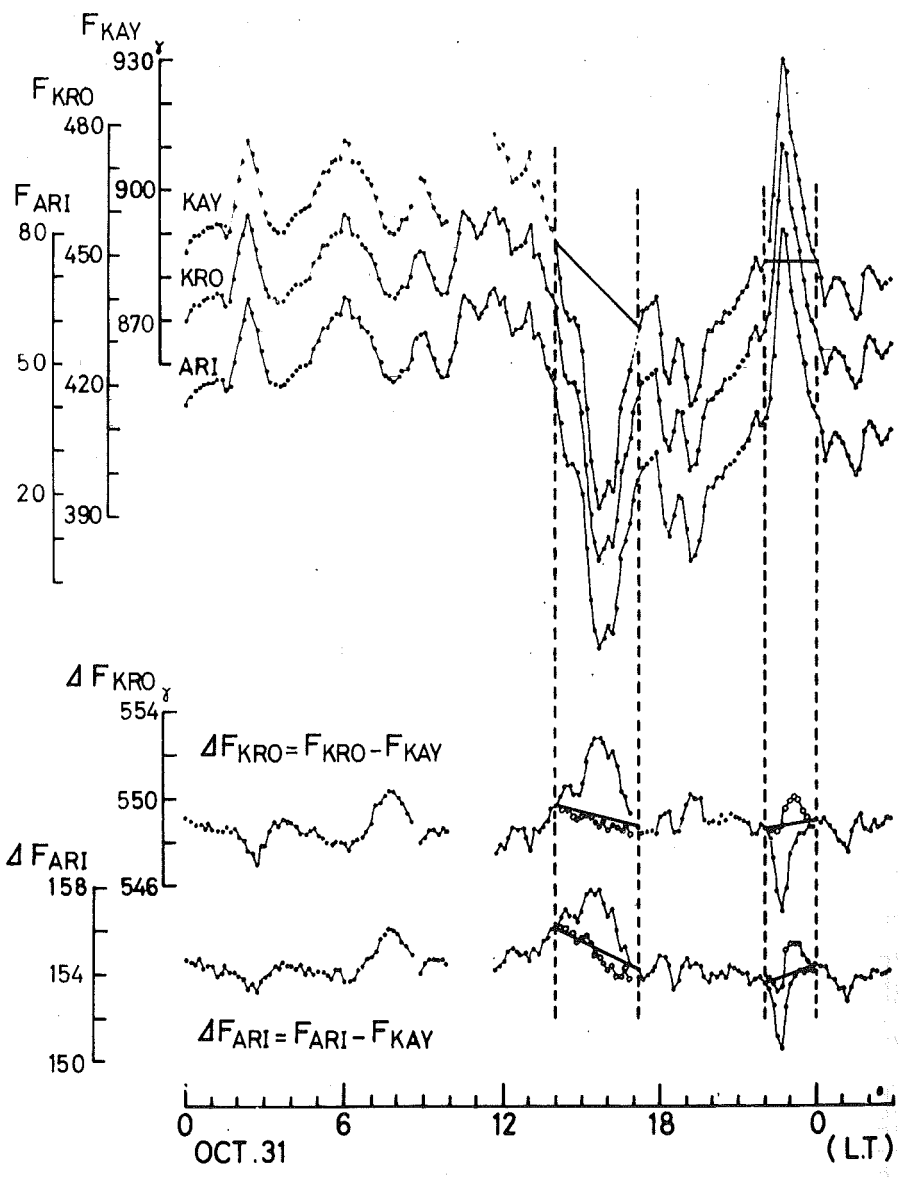
第3表 外部磁場変化の周期と黒神2に対する鹿屋のその全磁力変化比（自己相関法によるパワースペクトルから算出）

k	f (cycle/min)	T (min)	R(ω)	$\frac{PKAY}{PKRO}$	$\frac{AKAY}{AKRO}$	$\frac{AKRO}{AKAY}$
1	0	-	0.0590	1.146	1.070	0.943
4	0.003	333	0.0664	1.165	1.079	0.926
6	0.005	200	0.0709	1.177	1.085	0.922
11	0.010	100	0.0748	1.188	1.090	0.917
16	0.015	67	0.0747	1.188	1.090	0.918
21	0.020	50	0.0833	1.211	1.101	0.909
6-21			0.0759	1.191	1.091	0.916
26	0.025	40	0.0866	1.221	1.105	0.905
31	0.030	33.3	0.0856	1.218	1.104	0.906
36	0.035	28.6	0.0997	1.258	1.122	0.892
41	0.040	25	0.0979	1.253	1.119	0.893
46	0.045	22.2	0.1008	1.261	1.123	0.890
51	0.050	20	0.0949	1.244	1.115	0.897
26-51			0.0943	1.243	1.115	0.897



第5図 外部磁場変化の周波数 (cycle/min)と黒神2に対する鹿屋の全磁力振巾比との関係。破線は周波数帯に対する振巾比の平均値

おける全磁力10分間平均値を、下段にはその黒神一鹿屋および有村一鹿屋の全磁力差（黒丸）を示す。白丸は黒神に対して8%，有村に対して6%の補正を施した結果を表わす。 外部磁場



第6図 周期1~2時間の外部磁場変化DP-1に対する振巾比による補正例，白丸が補正後の全磁力差。鹿屋に対する有村2および黒神2の振巾比としてそれぞれ0.94および0.92を採用

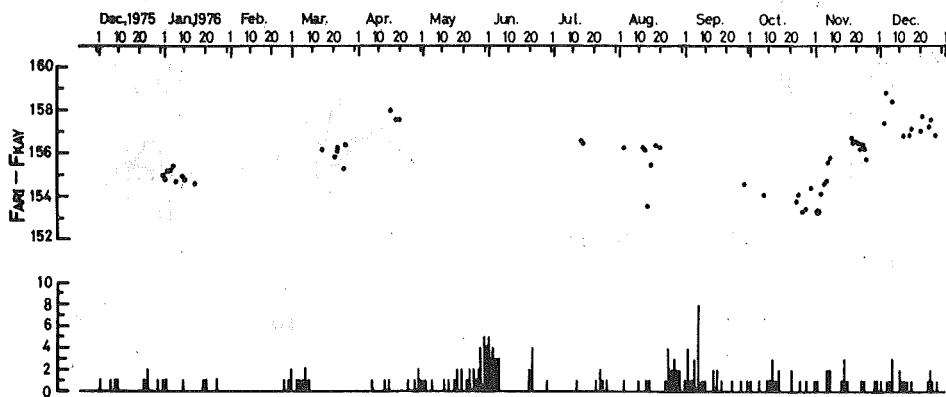
変化がないと仮定した場合の鹿屋における全磁力10分平均値を F_{KAY}^* とすると，外部磁場変化の相違による分を補正した測点と鹿屋の真の全磁力差 ΔF^* は

$$\Delta F^* = (F - F_{KAY}) + (1 - K)(F_{KAY} - F_{KAY}^*)$$

で与えられる。このKが前出の $A_{\text{測点}} / A_{KAY}$ に対応する。明らかにこのような手法による外部磁場変化の差の補償は可能であることがわかる。ただこの例では全磁力変化中のDP-1の振巾の推定が充分でないために部分的に補償の過不足が認められる。またDR場の補償は行われていないので、それによる測点間の差はいぜんとして残るが、更にこの結果を周期の長い変化に対するKを用いて補正すれば静穏時に近い状態における全磁力差がえられるであろう。

4. 結果の考察

これまで火山における地磁気観測は玄武岩質火山に限られる傾向にあったが、安山岩質火山の場合も、山体による明瞭な磁気異常分布があり、火山活動に関連すると思われる地磁気変化も数γ程度で充分検出可能である。観測時刻の選定と測点の維持が確かであれば、却って磁場傾度の小さい測点の選定が容易で、再測の精度はむしろ高いと考えられる。更に火山の南側、北側の点を含む数点での連続観測は一層効果的であると考えられる。第7図に有村における1年間にわたる全磁力連続観測から静穏時夜間値(0時-2時間の毎10分値平均)の鹿屋との差および桜島の日々の爆発回数を示した。有村の観測に欠測が多く充分な対比はできないが、短い期間にも数γ程度の全磁力差のある程度有意と思われる変動が見出される。測点を増し、より安定な測器の使用が望まれる。



第7図 全磁力差(静穏時夜間値)変化と桜島火山の日々の爆発回数

前回の結果から外部磁場変化の差は少なくとも阿蘇から桜島に至る広い範囲にわたるものと考えられるが、桜島火山活動と地磁気変化の関連を追求するには、この局所的磁気異常分布の状態を

理解しておくことが必要であろう。それにはこの地域における一定期間の3成分連続測定の実施が望まれる。

測量は静穏日の夜間に行われることが望ましいが、外部磁場変化のより詳しい地域特性がわかれば、多少の磁場変化のなかで測量が行われても、噴火予知に必要な測量精度を維持することは十分可能である。

全磁力連続測定結果のより詳しい解析および採取した岩石試料による岩石磁気測定も現在実施中で近く報告されるであろう。

終りに今回の実施計画について御助言をいただいた国立極地研究所長永田武博士並びに実施に当り御援助、御協力をいただいた加茂幸介教授をはじめ桜島火山観測所の方々に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 気象庁地磁気観測所(1975), 火山噴火予知連絡会会報3, 40
- (2) 松崎卓一・歌代慎吉(1966), 水路部研究報告991, No.1, 23
- (3) 行武毅・柳原一夫・大島汎海・栗原忠雄・田中良和(1975), 桜島火山の総合調査報告
43
- (4) 田中良和(1976), 京都大学防災研究所年報 Vol.19B, 81