

# 九重火山の火山活動について (1996年9月~1997年1月) \*

Recent Volcanic Activity of Kuju Volcano (September, 1996—January, 1997)

京都大学理学部附属火山研究施設

Aso Volcanological Laboratory, Faculty of Science, Kyoto University

## 1. はじめに

九重火山通称硫黄山の噴火活動が1995年10月に始まって、既に1年以上経過した、この間、火山灰の噴出は、1995年12月および1996年1月に少量観測されたにすぎない。その後は、常時水蒸気の噴出がほとんど変化せずに長期間継続している。このような蒸気噴出の長期間に継続することが今期の九重火山の活動のこれまでの大きな特徴である。すなわち、新火口群からの噴気活動は、若干の盛衰があるものの、依然大きな鳴動を伴って継続している。

地震活動は、1996年5月の泉水山付近(湯坪)の顕著な群発活動の発生後、硫黄山および筋湯地域で群発活動が数回あったがいずれも規模および発生回数が小さかった。しかし、1996年11月21日に個々の規模は小さいが、硫黄山を震源とする地震が短時間に60回を越えた。また、この群発地震活動後、火山性微動と思われる振動波形が数多く観測されはじめた。1997年になってまもなく、1月9日22時ころより11日にかけて、泉水山付近(湯坪、蕨原)のやや広範囲を震源とする規模の大きい群発地震が発生した。

地盤変動では、辺長測量でその後も収縮変化が依然緩やかであるが継続していたが、1997年1月10日の泉水山付近の群発地震の発生後、急激な収縮が観測された。

火口の活動状況は、d火口は依然活発であるが、c火口群の活動も活発で、鳴動が強烈である。特に、d火口は、噴気が極めて勢いよく噴出しているため、火口壁が削られて、火山灰として噴煙に混じることもあり、1996年12月から噴気勢力が盛り返し、噴煙高度が高くなる時もあった。これまで、噴煙も出なくなっていたa2火口やb火口列の西側では、時折、噴煙が上昇するのが認められるようになった。

## 2. 火口状況

新火口群からの噴煙活動は殆ど変化なく、依然としてbおよびc火口列とd火口は活発である。

a2火口・・・東側の火口縁のクラックから噴煙が出るようになったが、勢力はまだ弱い。

a2火口・・・依然、噴気活動が活発で、硫黄の析出が顕著であるが、勢力は弱いながら変化しないまま活動が継続している。

b火口列・・・東側の2つ火口から勢いよく透明ガスの噴出が継続している。

西側の火口群は、火口の形態が成さなくなって地熱活動があるのみで、噴気は出ていなかったが、時折噴気がでるようになった。

c火口列・・・最も勢いのよい透明の噴気が強烈な鳴動を伴って噴出している。

d火口・・・この火口は、長期間にわたり勢力が強く、時折火口から高さ数10m程度、透明の火山ガスが噴出することもある。

このように活動の中心は、b、c、d火口で、特に、c火口列とd火口が活発で、活動状態は、多少の盛衰はあるが、ほとんど変化していない。

## 3. 地震活動

九重火山地域で現在発生している地震活動は、硫黄山付近と西および西北地域の筋湯地域周辺の地震活動との2つがある。

1996年5月の硫黄山北北西の泉水山で群発活動があった後、1997年1月まで大きな規模の地震活動は発生していな

\* Received 21 Feb., 1997

かったが、1月9日22時ころより11日にかけて、泉水山西部の湯坪から北部の蕨原のやや広範囲を震源とする大規模な群発地震活動が発生した。

硫黄山地域の地震活動を観ると、1995年10月以降、1日10回程度の散発的な発生で推移しているが、小規模な群発活動が時折見られ、また、低周波地震の発生頻度も少なくなった状態が続いている。

1996年11月21日に硫黄山直下を震源とする微小な地震が群発した。地震の規模はM1以下と推定され、個々の地震そのものは規模の極めて小さいものであったが、特に、2時台、7時台に集中して発生し、21日だけで、60回を超えた。このような硫黄山を震源とする微小な群発的な地震活動は、11月2日にもあったが、21日以後にも発生し、11月22日、24日、12月2日、20日、23日、24日、25日に発生している。特に、12月23日は、散発的であるが発生回数が多かった。11月21日の群発活動以後、後述の火山性微動と思われる振動波形を12月8日まで観測した。この期間、図に示されるように地震積算エネルギーは上昇せず、横ばいであった。しかし、微動が発生しなくなってからの12月10日ころから、発生回数はそれほど多くなっていないのにも関わらず、積算エネルギーは急上昇している。やや規模の大きい地震が発生する傾向が出てきた。しかし、規模の違いによる震源位置の変化は、観られない。

硫黄山付近で発生するほとんどの地震の震源位置は、観測開始から全期間を通して不変で、現活動火口の北100mから300mの範囲で、地表からの深さ約1kmの領域に集中している。やや深い(地表から3-4km)地震も発生数は少ないが存在する。また、現火口列の南にはほとんど発生していない。

11月21日から12月8日までに発生した火山性微動と思われる振動波形についてまとめると、①継続時間は10秒前後で、最大で40秒程度。②振幅は硫黄山観測点で、2-3  $\mu\text{m/s}$ 。③23日ころから阿蘇カルデラ北部や鶴見岳の観測点でも観測できるようになった。④卓越周波数が徐々に低くなっているようである。表1にこの火山性微動の発生状況をまとめてある。

1997年1月9日から11日にかけての泉水山周辺部の規模の大きい群発地震は、発生回数が1,000回近くに達したことから、震源位置やや広範囲になったことと、発生期間がこれまで長くても数時間程度で終わっていたのが2日以上長期間になったことと、個々の地震の規模が比較的大きかったことが特徴である。また、震源が群発活動の初期には泉水山北部蕨原であったのが、中期には北西部の湯坪へ移り、終期に再び蕨原へ戻ったような動きが観られた。発震機構をもとめると、明らかな正断層タイプの解が得られた。しかし、全ての地震が正断層とは云えず、ストライクスリップ型のものもあるようである。

地震活動については、第1図から第7図までを参照されたい。

表1-1 火山性微動発生状況

発生時刻	最大振幅 ( $\mu\text{m/s}$ )	継続時間 (sec)	備考
NOV., 21 07:17:31	2.8	7	硫黄山周辺だけで観測される
11:49:07	2.8	4	〃
13:37:50	2.8	7	〃
22 03:49:44	2.1	?	〃
23 16:32:47	9.8	10	MKNでも観測される
24 12:58:00	2.1	10	〃
13:19:37	3.5	12	〃
13:19:50	2.1	10	〃
15:22:32	2.1	8	〃
16:11:05	2.1	8	〃
23:47:35	2.1	5	〃
23:47:51	2.8	8	〃
25 06:27:22	2.1	11	〃
27 07:03:54	2.8	8	MKN, HNYでも観測される
28 21:43:41	12.9	25	MKN, HNY, TRMでも観測
22:08:13	2.1	8	MKNでも観測される
29 02:18:08	4.9	17	〃
09:24:23	2.8	10	〃

	12:06:05	1.4	12	〃	**
30	07:22:49	1.4	20	〃	
	17:21:59	1.4	8	〃	
Dec., 01	16:42:45	3.5	40	〃	
02	01:26:19	1.7	10	〃	
	04:46:29	1.7	5	〃	
	04:47:40	1.4	6	〃	
	17:36:00	1.4	5	〃	
	17:36:10	1.4	5	〃	
	20:32:19	5.6	18	〃	
03	00:34:31	3.1	10		硫黄山周辺だけで観測される
	08:14:32	0.7	10	〃	
	08:14:41	0.7	10	〃	
	15:44:51	1.7	12	〃	
	18:08:00	1.4	12		MKNでも観測される
	23:40:00	4.2	16	〃	
04	00:49:49	2.1	10	〃	
	07:01:55	1.4	6	〃	
	09:16:35	2.1	15	〃	
	13:50:45	1.4	3		硫黄山周辺だけで観測される
	13:50:57	2.8	6	〃	
05	04:39:07	2.1	5		MKNでも観測される
	04:39:25	2.1	15	〃	
	13:01:02	2.8	10	〃	
	15:07:00	2.1	20	〃	
07	12:48:51	4.9	10	〃	

表1-2 火山性微動発生状況

発生時刻	最大振幅 ( $\mu\text{m/s}$ )	継続時間 (sec)	備考	
Dec., 08	10:41:52	1.4	5	硫黄山周辺だけで観測される
	10:15:30:10	2.4	4	〃 ***
	17:39:38	2.4	6	〃
	18:10:47	3.1	3	〃 ***
	18:28:11	2.8	3	〃 ***
11	15:07:40	1.4	20	MKNでも観測される
	23:36:55	2.1	5	硫黄山周辺だけで観測される
12	02:04:13	2.8	10	MKNでも観測される
13	23:15:00	1.7	10	硫黄山周辺だけで観測される
20	05:13:06	2.1	35	MKNでも観測される
22	02:49:29	2.8	12	MKN, HNYでも観測される
	02:49:45	4.2	10	MKNでも観測される
	10:56:27	6.3	20	〃*
23	14:21:10	1.4	5	硫黄山周辺だけで観測される
Jan., 09	16:18:07	5.5	10	〃 4HZ モノクロ
	13:05:36:34	4.9	10	MKN, HNYでも観測される
	16:11:48	2.1	7	〃
	14:02:35:50	2.4	8	MKNでも観測される
	15:22:10:21	2.1	10	〃 (地震?)
	16:08:34:56	4.9	25	〃
	18:49:14	3.5	25	〃
	17:06:32:30	2.4	10	硫黄山周辺だけで 4HZ モノクロ

MKN, NBRは阿蘇カルデラ北部観測点

HNYは九重火山北西部万年山観測点

TRMは鶴見岳観測点

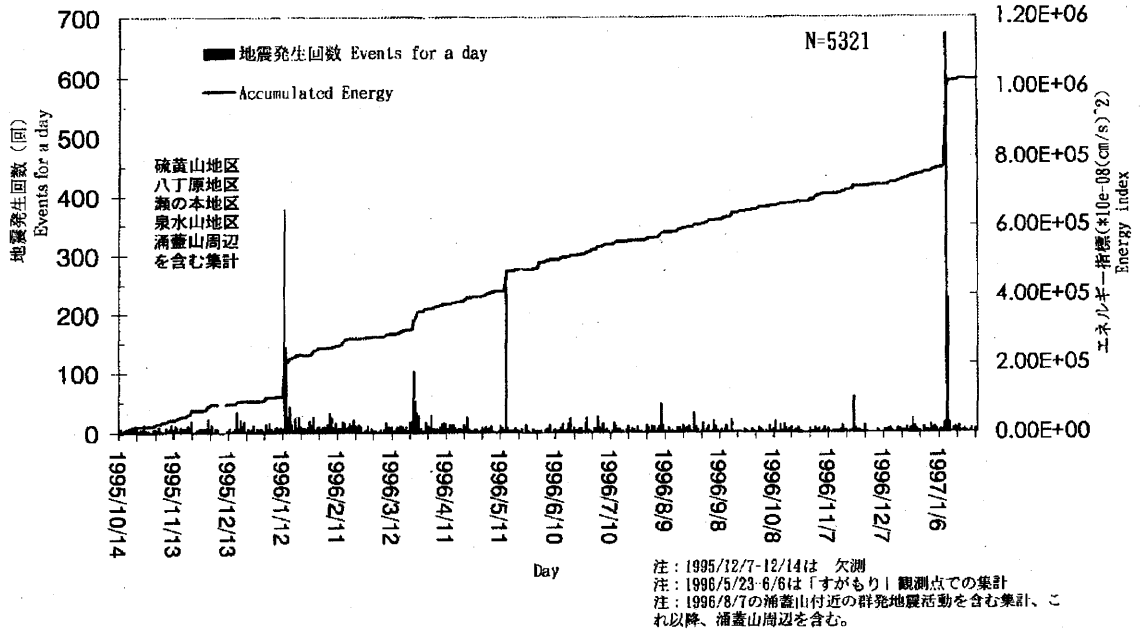
\* 独特な波形

\*\* はっきりとした火山性微動. この時低周波地震発生

\*\*\* 高周波

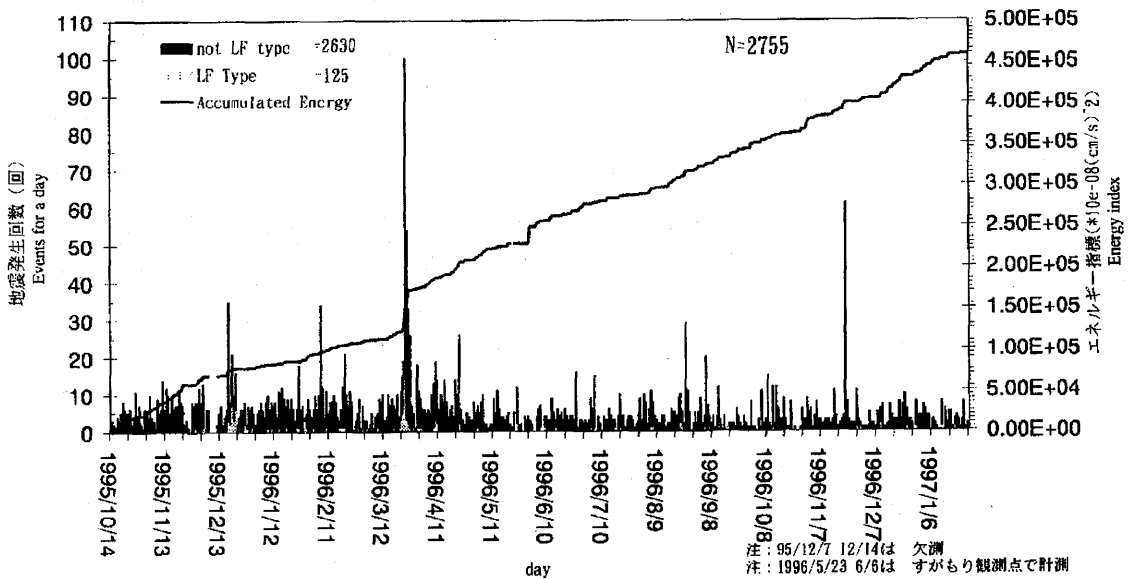
### 九重火山とその周辺の累積地震エネルギー

Released seismic energy accumulation in and around Kuju



### 九重火山 硫黄山地区の累積地震エネルギー

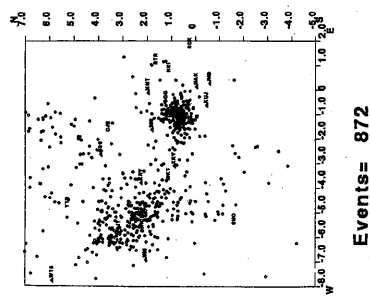
Released seismic energy accumulation at Iwo-yama, Kuju



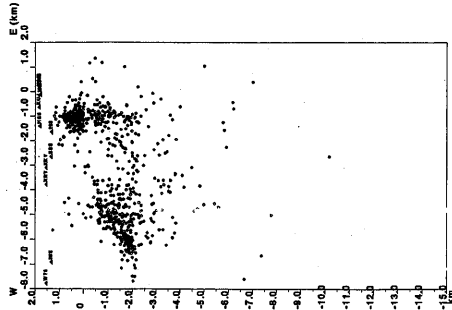
第 1 図 九重火山とその周辺地域および硫黄山地域の地震活動 (日別発生頻度および累積エネルギー)

Fig. 1 Seismicity in and around Kuju Volcano

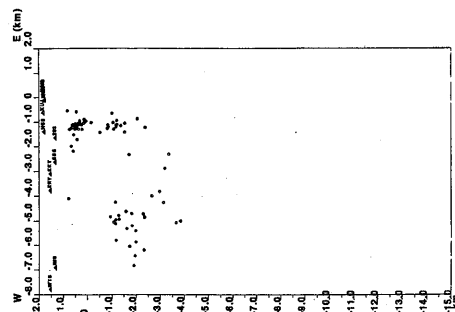
**Kuju**  
Hypocenters  
095 10/16 1:32  
096 9/30 15:37



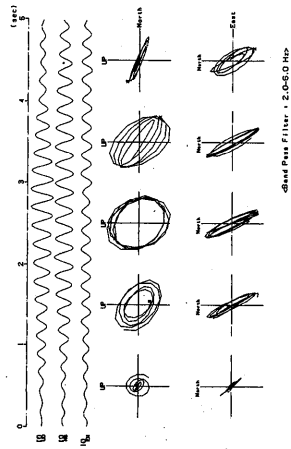
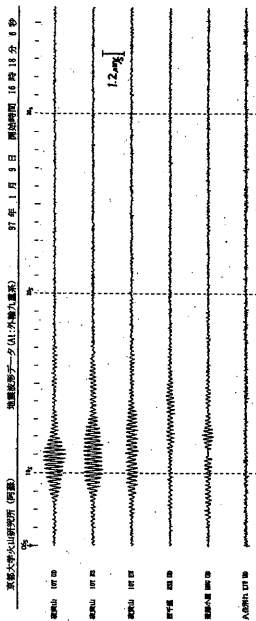
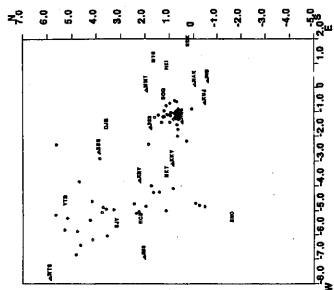
Events= 872



Events= 88

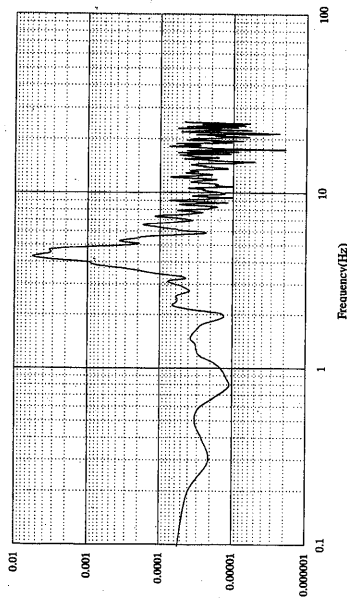


**Kuju**  
Hypocenters  
096 10/2 19:26  
097 1/5 6:48



Grand Pass Filter : 2.0-6.0 Hz

連続モニタースペクトル  
1/9 16:18:00~



第3図 九重火山硫黄山地域で発生した単調な火山性微動と軌跡およびスペクトル (1997年1月9日発生)

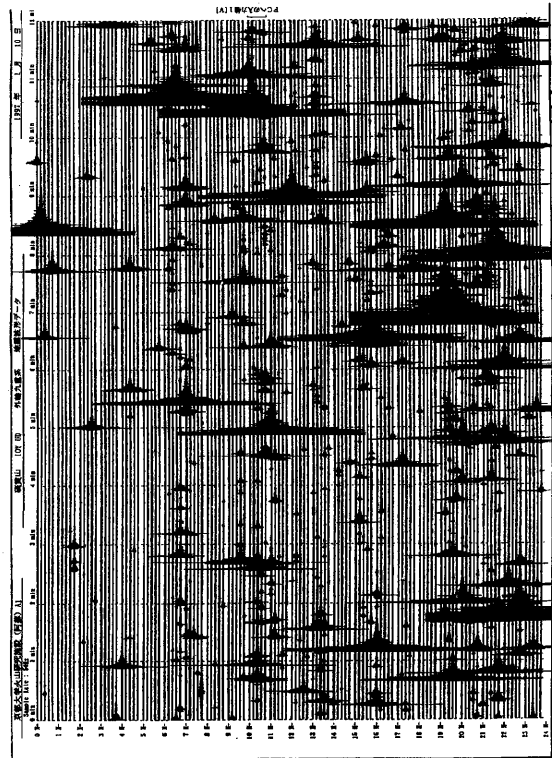
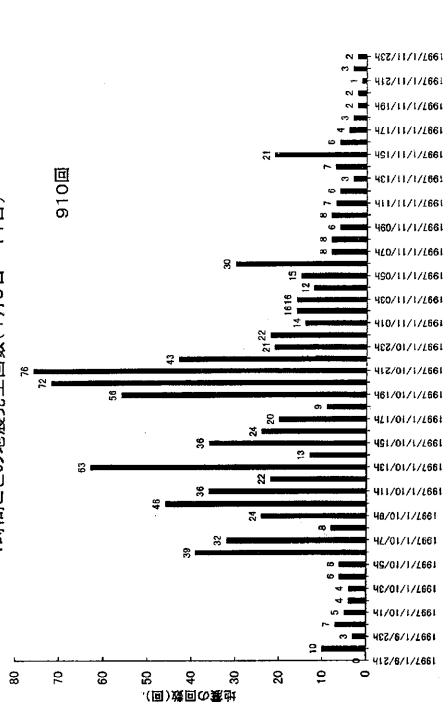
第2図 九重火山とその周辺地域および硫黄山地域の震源分布

(1995年10月16日-1996年9月30日と1996年10月2日-1997年1月5日)

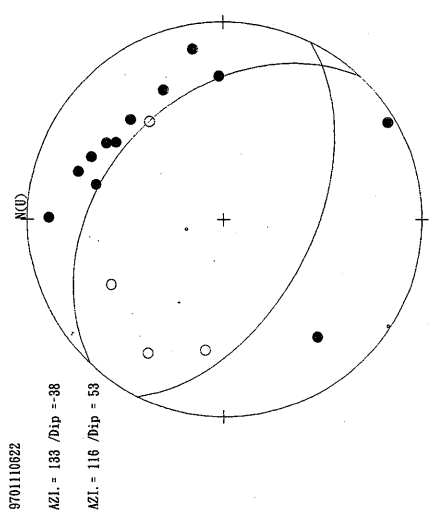
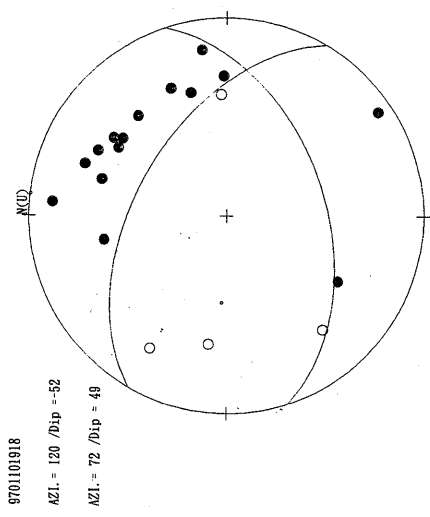
Fig. 2 Map of Hypocenters in and around Kuju Volcano (16, October, 1995-30, September, 1996 and 2, October, 1996-5, January, 1997)

Fig. 3 Wave forms of monotonic volcanic tremor, article motions and Soectrum occurred at Iouyama Area, Kuju Volcano on 9th January, 1997

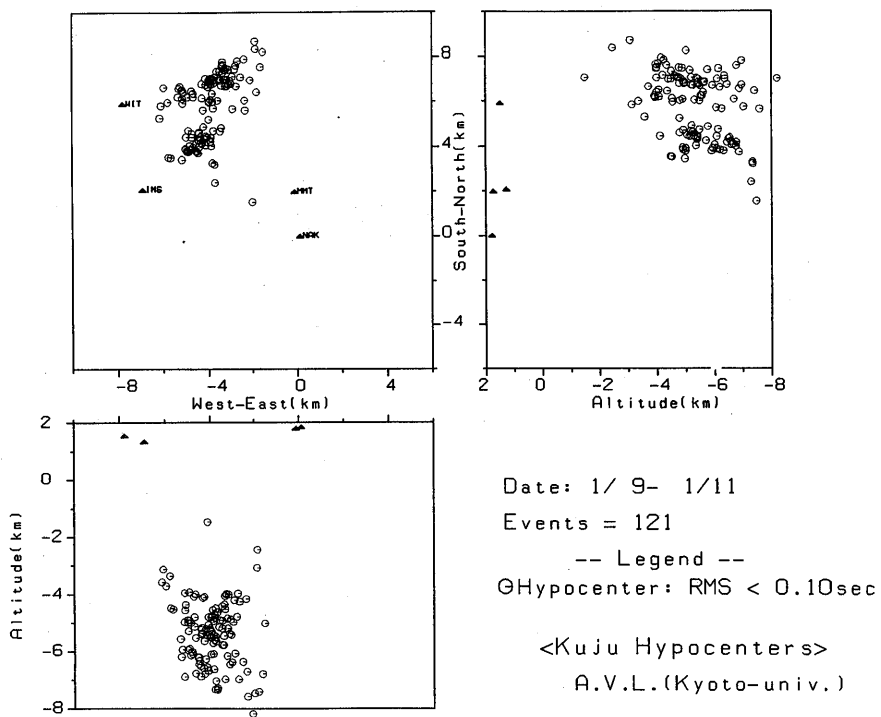
1時間ごとの地震発生回数(1月9日~11日)



第4図 1997年1月9日から11日にかけて発生した群発地震の発生状況  
Fig. 4 Earthquake swarm occurred on 9 - 11, January, 1997

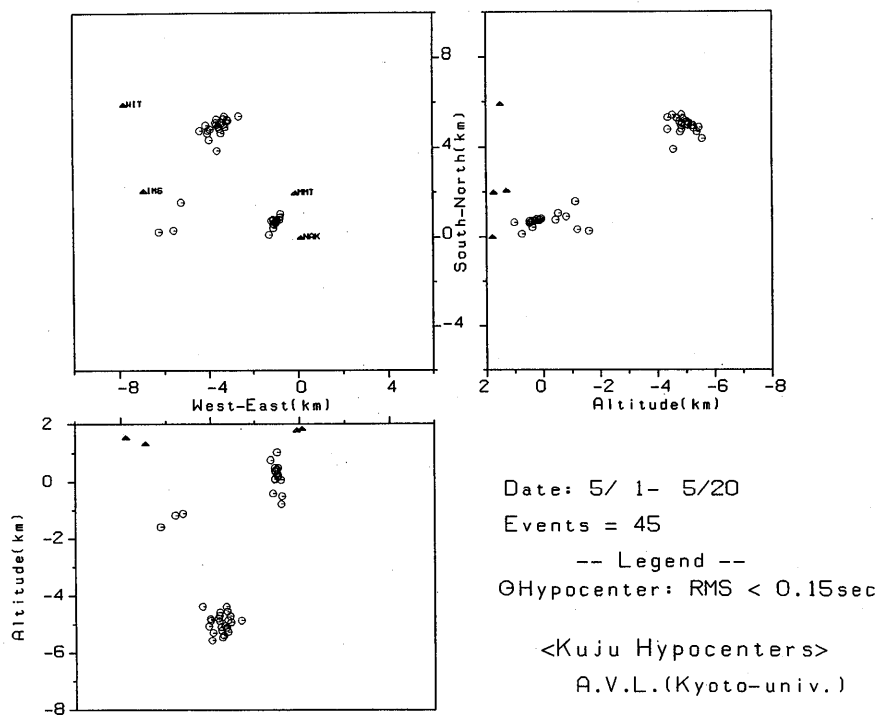


第5図 1997年1月の群発地震の発震機構  
Fig. 5 Focal mechanisms of earthquake swarm occurred on 14, May, 1996



第 6 図 1997年 1月 9日 から11日にかけて発生した群発地震の震源分布

Fig. 6 Map of hypocenters of earthquake swarm occurred on 9-11, January, 1997



第 7 図 前回1996年 5月14日に発生した群発地震の震源分布

Fig. 7 Map of hypocenters of earthquake swarm occurred on 14, May, 1996

#### 4. 地殻変動観測

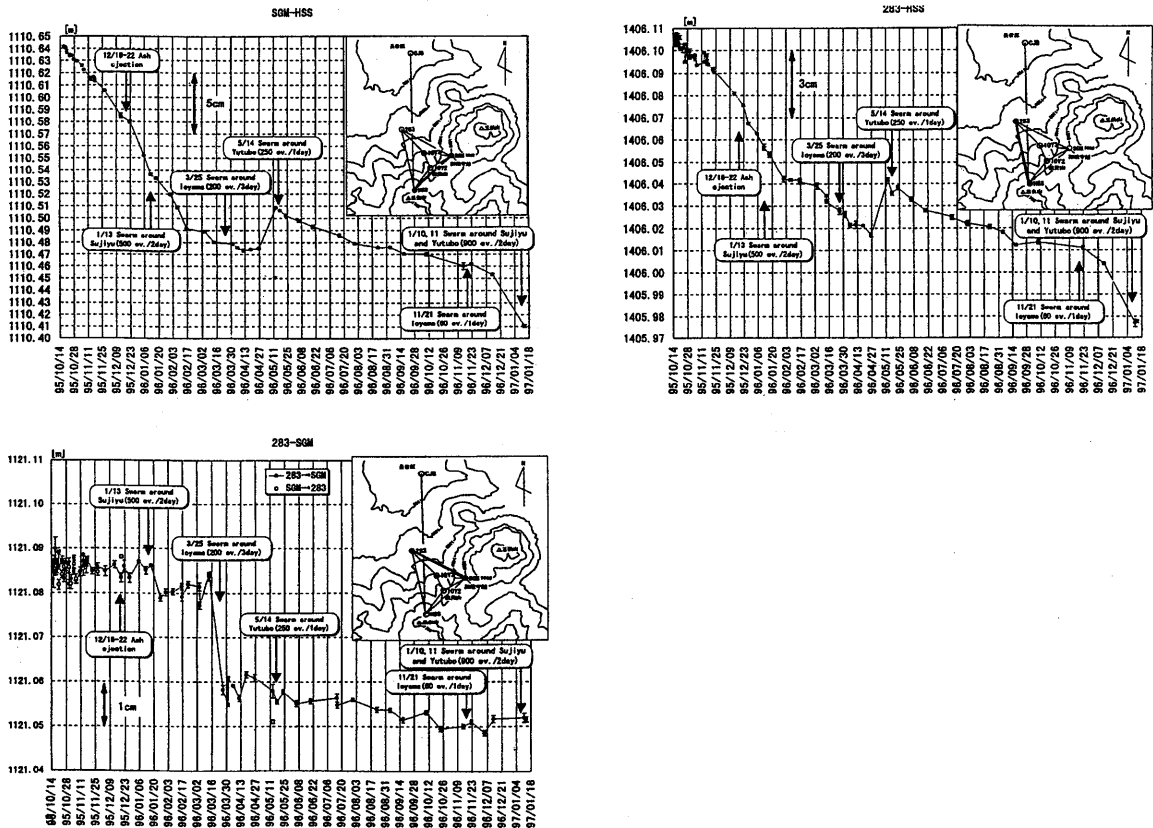
光波測距（斜距離測定）；

辺長測量によれば（第8図から第10図まで参照）、星生山を含む測線で、噴火以降1996年4月下旬までに、ほぼ単調に最大17cm以上の収縮が計測され、5月初めに、急激に5cm弱の伸長が計測された。この伸びは、その後、収まり、再び、収縮に転じ、5月から12月中旬までに6cm収縮した。5月以降は10日当たり0.2cmとなり、収縮率は1/5に落ちた。しかし、1997年1月の泉水山周辺のやや規模の大きい群発地震発生後、収縮は急激に加速し、5cm弱の収縮があり、10日当たり1.6cmの収縮率であった。

283-HSS 測線\*\*\*観測開始以来、4月末までに収縮がほぼ一様に継続し、約10cm程度縮まった。5月になって急激な伸び約3cmが計測されたが、一時的で、その後、再度、緩やかな収縮が12月中旬まで継続し、約4cm収縮した。1997年1月の群発地震活動の期間を挟む時期は、顕著な収縮が観られ、急激に約3cm縮まった。

SGM-HSS 測線\*\*\*この測線も、観測開始以来、4月末までに約17cm収縮した。5月に4cmの急激な伸びが計測されたが、その後、再び、収縮傾向に転じ、12月中旬までに約6cm収縮した。1997年1月の群発地震活動の期間を挟む時期は、顕著な収縮が観られ、急激に約4.5cm縮まった。

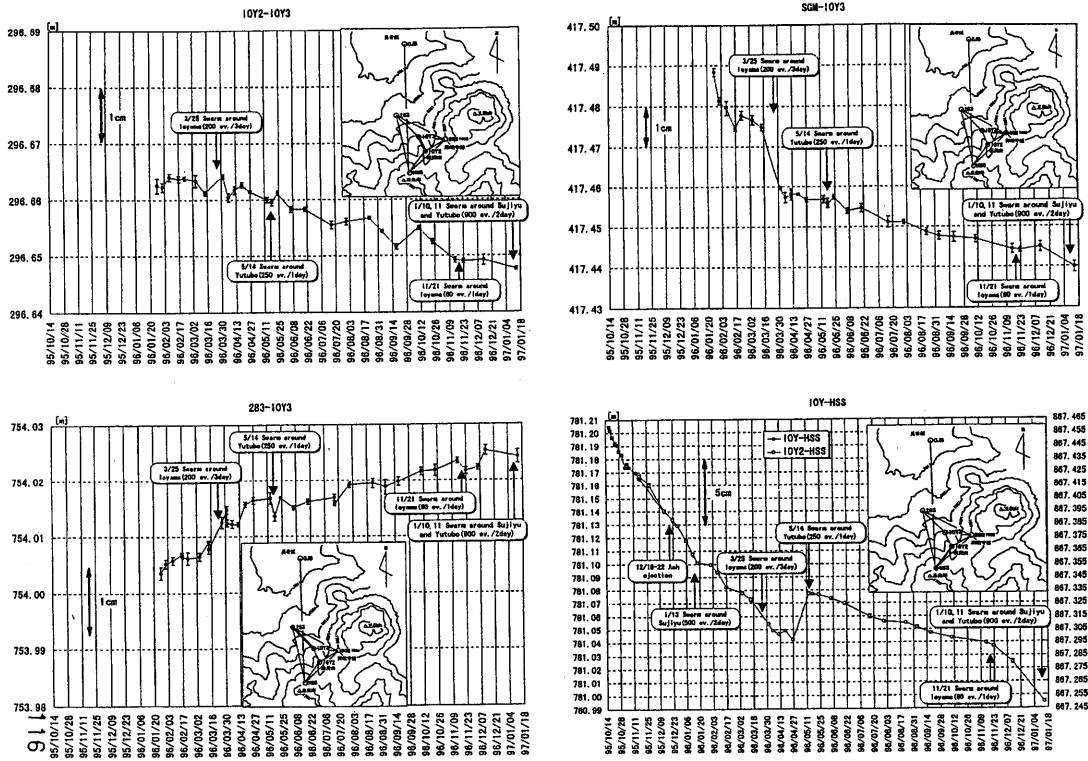
283-SGN 測線\*\*\*観測開始以来3月中旬まで、ほとんど有意な変化が認められなかったが、3月中旬から下旬にかけて急激に3cm短縮した。その後は、他の測線で急激な伸びや収縮が計測された時期でも有意な変化が認められない。



第8図 光波測量による斜距変化（測線SGM-HSS, 283-HSSおよび283-SGM）

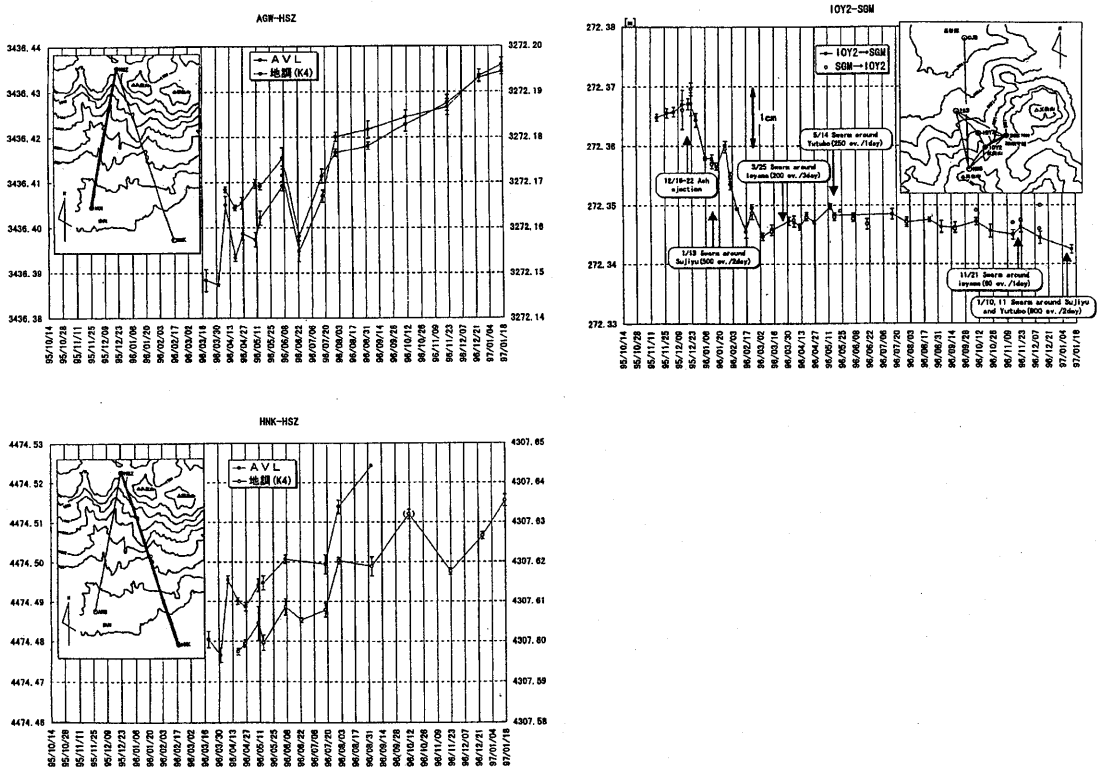
Fig. 8 Change of Distance at Io-Yama Area (baseline SGM-HSS, 283-HSS and 283-SGM)





第9図 光波測量による斜距離変化  
(測線IOY2-IOY3, SGM-IOY3, 283-IOY3およびIOY-HSS)

Fig. 9 Change of Distance at Io-Yama Area (baseline IOY2-IOY3, SGM-IOY3, 283-IOY3 and IOY-HSS)



第10図 光波測量による斜距離変化 (測線AGW-HSZ, IOY2-SGM および HNK-HSZ)

Fig. 10 Change of Distance at Io-yama Area (baseline AGW-HSZ, IOY2-SGM and HNK-HSZ)

## GPS測量

GPSによる広域の地盤変動（第11図から第14図参照）を観ると、辺長変化から求まる面積歪では、1995年11月に一時期収縮したが、その後1996年3月初めまで緩やかな膨脹傾向があった。4月にかけてまた一時期収縮し、7月まで膨脹し、10月まで再び収縮した。その後、量的に僅かであるが膨脹の傾向が継続している。

瀬の本基点を基準とした個々の基点の水平変動では、火口に最も近い基点283の変動が大きい。3月末までに南方方向へ2 cm動いていたのが、その後、5月末までに北方向に1.5 cm動き、その後東へ1 cm動いた。かなり複雑な動きをしている。

瀬の本基点を基準とした個々の基点の標高変化も複雑であるが、火口に最も近い基点283の変動が大きく、噴火開始以後1996年5月まではほとんど変化がなかったのが、7月までに6 cm沈降が観測された。その後隆起し、12月までに6 cm回復している。

## 傾斜変化

現在2台の傾斜計を硫黄山北山麓と北千里北に設置しているが、硫黄山北山麓（地点名283）の傾斜計は、温度・降雨の影響が大きく受けたので、1996年9月に移設した。この観測点（283H）では、まだ、観測期間が短いので変動傾向が見だしにくい、ほとんど変化が観られないが、1997年1月の群発地震後、南方方向の隆起傾向が出ている（第15、16図参照）。

一方、北千里観測点（KTS）は、温度変化を受けているが、それを考慮するとここでも大きな変動は無いと思われるが、1997年1月の群発地震後、南西方向の隆起傾向が出ている（第17図参照）。

## 5. 地磁気観測

### 地磁気全磁力変化（第18図参照）

九重硫黄山周辺では、現在プロトン磁力計が6地点で稼働中である（N1, N2, E1, S0, SE, S1）。各点の変化を概観すると以下の如くである。プロットの値は各測点の1分値または5分値から火山研究施設の全磁力値を差し引いた後、日毎に夜間平均（0時～4時）を求めたものである。

N2地点：基本的に全磁力減少の傾向にあるが、1995年12月の火山灰噴出以降約2ヵ月にわたって増加に転じた。その後再び減少傾向を示したが、1996年12月頃から停滞気味である。観測を開始してから1996年12月末までの全磁力変化の量は約-15 nTである。

N1地点：一貫して全磁力増加の傾向が続いている。特に、1996年6月以降はほとんど一定の変化率で全磁力が増加している。観測開始から1996年12月末までの変化量は約+45 nTである。1996年6月下旬にみられる凸状の変化は原因が掴めていない。

E1地点：全磁力の変化量が他の観測点に比べて小さいことから、正負変化パターンの境界に位置しているか、ソースから遠いことが考えられる。あるいは、この地点周辺の岩石の磁化が弱いことがうかがえる。観測開始から1996年3月までは緩やかな減少傾向を示していたが、4月～6月にかけてやや増加に転じた。6月中旬から9月にかけて再び減少傾向を示すが、9月中旬以降は緩やかな増加を続けている。

S0地点：1996年3月中旬に小規模な土石流によってセンサー位置が僅かにずれたために生じた+3 nT程度のステップ状の変化を除けばほぼ一定の変化率で全磁力の増加が継続している。1996年6月中旬には再度の土石流発生によってセンサー位置の変更を余儀なくされたため大きなオフセットが生じた。そのため図中ではそれ以降の人為的に値をシフトさせて描いている。センサー位置のずれによるオフセットを無視すれば、観測開始以降1996年末までの変化量はおよそ+20 nTである。

SE地点：新噴火口列d火口のほぼ真南に位置する。1995年12月の火山灰噴出に伴ってセンサーに灰が付着したことによる凸状の変化を除けば、基本的に全磁力増加の傾向にある。細かく見れば1996年9月以降は変化率がやや小さくなっている。観測開始から1996年末までの変化量は約+7 nTである。

以上の結果に熱消帯磁モデルを適用すれば、定性的にはN1, N2の間に位置する旧噴気地帯と、新火口列付近の

2カ所の地下浅部で帯磁（冷却・放熱）が進行していると解釈される。E1地点で全磁力が増加、減少を繰り返していることから、E1地点は正負の変化パターンの境界に位置しており、帯磁源の位置が時間と共に変動していることを示している可能性も考えられる。1997年1月に発生した群発地震に関連した地磁気変化があるかどうかについては、現有のデータのみからは判断できない。

## 6. まとめ

火口表面活動は、b火口列、c火口列およびd火口が活発である。特に、d火口は活発な状態が継続し、強烈な鳴動を伴っている。

地震活動では、硫黄山の地震が、火口直下の地表から深さ1km前後に集中して、継続的に発生しており、1996年11月21日の群発活動後、火山性微動が発生したり、地震の発生回数が増大したり、地震エネルギーが増大したりして、今後の活動が注目されていたが、1997年1月9-11日に泉水山周辺地域で、やや規模の大きい群発地震活動が発生した。この群発地震活動の硫黄山の噴火活動へ影響は今のところ表面的には認められない。

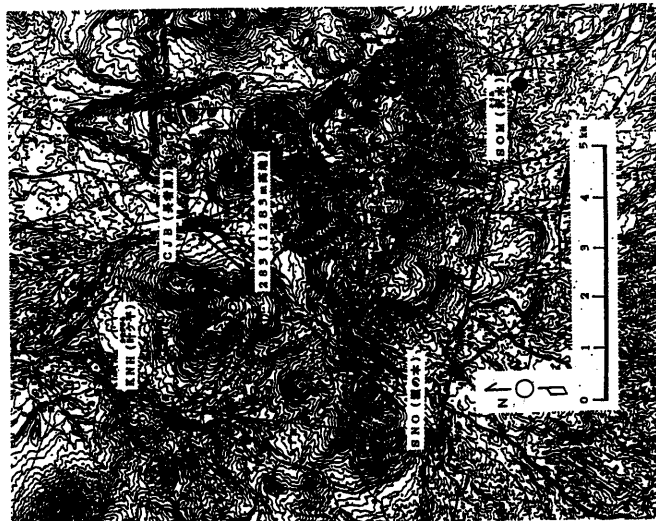
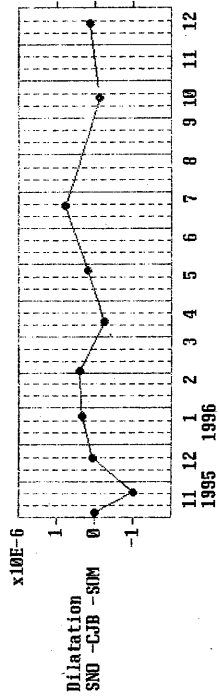
地盤変動、特に辺長変化では、収縮傾向がその後も継続し、1997年1月9-11日に泉水周辺地域で、やや規模の大きい群発地震活動が発生後、大きな収縮が観測された。

地磁気変化では、火山活動との明瞭な傾向をつかむことが難しいが、放熱傾向が順調に継続している。

このように火口表面活動の継続、地震活動の変化、収縮の継続などが観られる。今後、この傾向が直ちに止まることは考えられないため、火山活動は、長期化するのではないと思われる。

京都大学  
理学部附属火山研究施設  
防災研究所附属火山活動研究センター

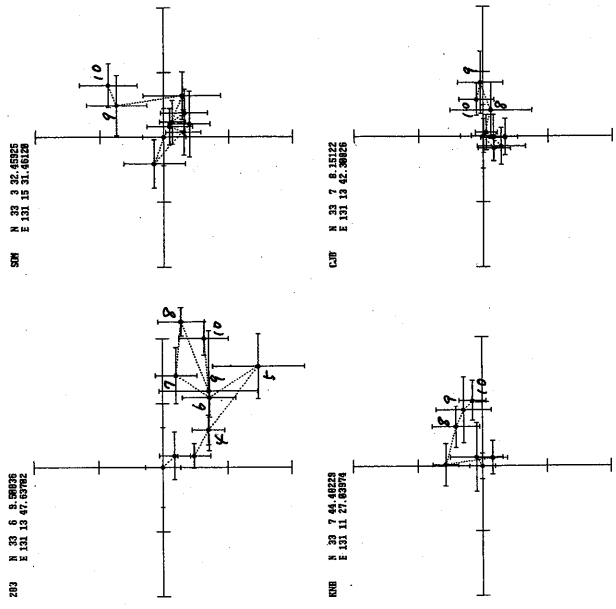
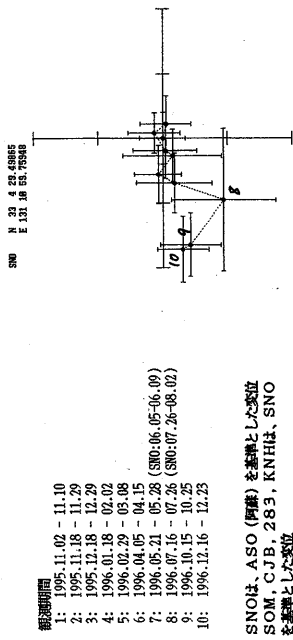
## 九重火山地域GPS測量 (面積歪)



第11図 GPS観測の結果 (面積歪)  
Fig. 11 Results of GPS-observation (dilatation)

京都大学  
理学部附属火山研究施設  
防災研究所附属火山活動研究センター

## 九重火山地域GPS測量 (変位)

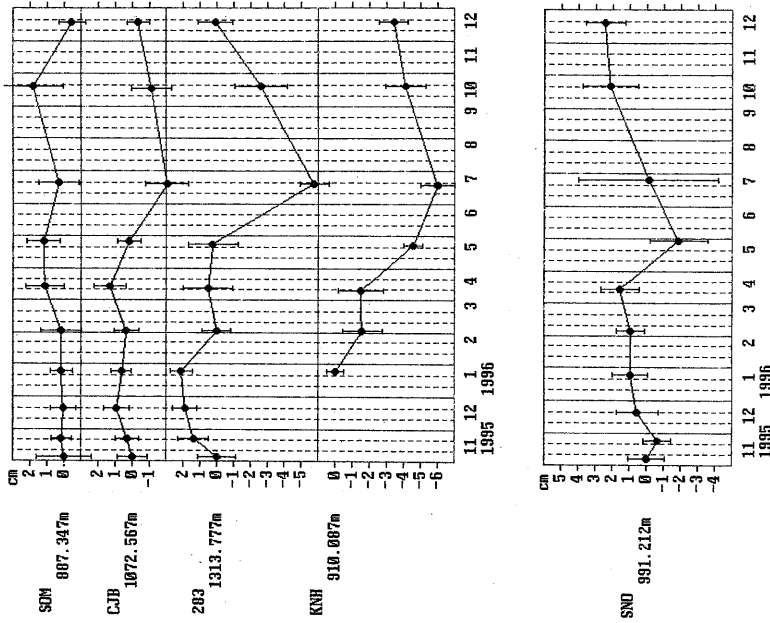


第12図 GPS観測の結果 (変位)  
Fig. 12 Results of GPS-observation (horizontal displacement)

### 九重火山地域GPS測量 (辺長変化)

京都大学  
理学部附属火山研究施設  
防災研究所附属火山活動研究センター

SNOは、ASO (阿蘇) を基準とした観測  
SOM, CJB, 283, KNHは、SNO  
を基準とした観測

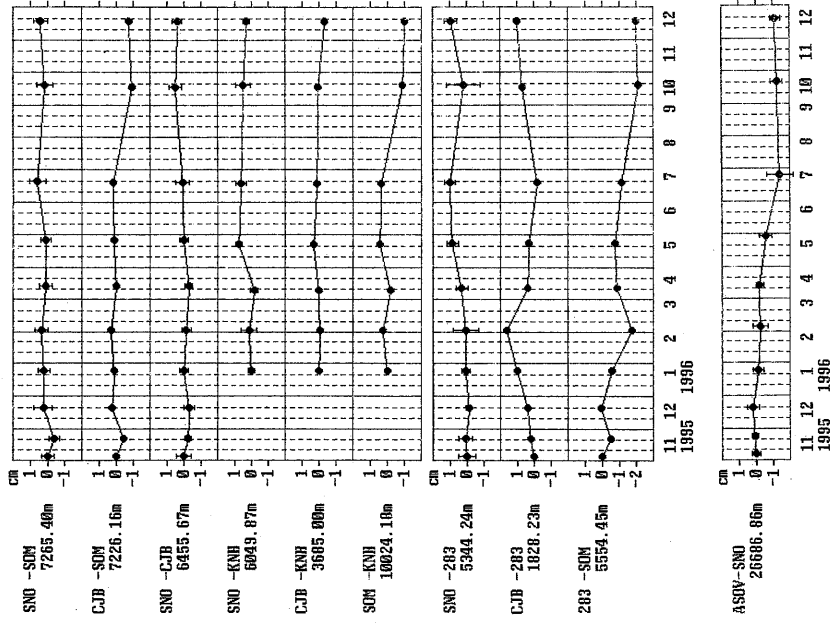


第13図 GPS観測の結果 (辺長変化)

Fig. 13 Results of GPS-observation (length)

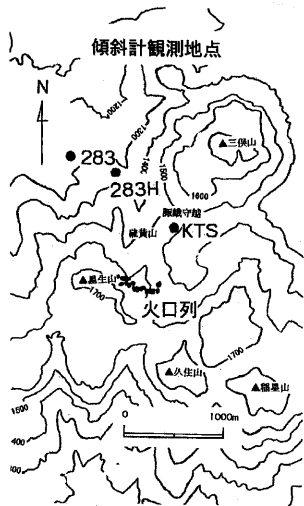
### 九重火山地域GPS測量 (標高変化)

京都大学  
理学部附属火山研究施設  
防災研究所附属火山活動研究センター

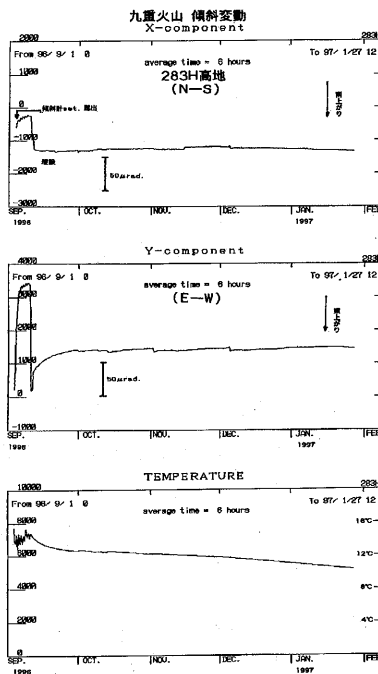


第14図 GPS観測の結果 (標高変化)

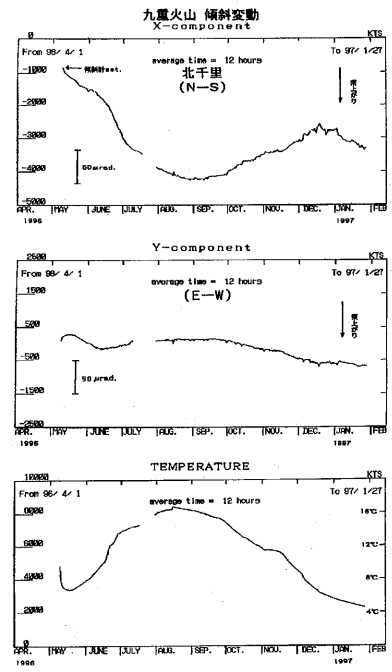
Fig. 14 Results of GPS-observation (elevation)



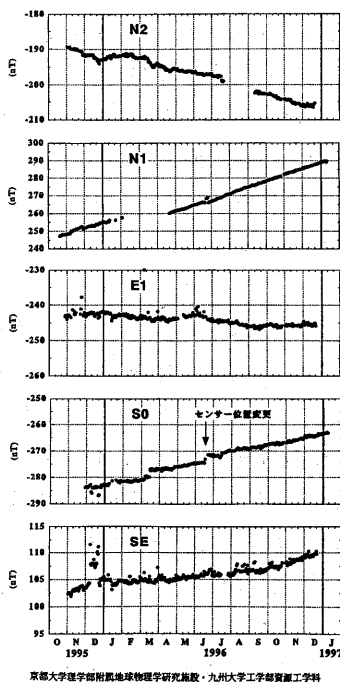
第15図 傾斜計観測点位置図  
Fig. 15 Map of tiltmeter-stations



第16図 傾斜計 (測点283) による  
傾斜変動  
Fig. 16 Tilt-Change by Tiltmeter  
at 283-area



第17図 傾斜計 (測点北千里) に  
よる傾斜変動  
Fig. 17 Tilt-Change by Tiltmeter  
at Kitaenri



第18図 地磁気観測の結果  
Fig. 18 Results of Geomagnetic Observation

