

九重火山の火山活動について (1996年2月～5月)*

Recent Volcanic Activity of Kuju Volcano (February-May, 1996)

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始まって、既に7カ月あまりが経過した。火山灰の噴出は、噴火活動の初期と12月18日以後の一週間にみられ、また少量ではあるが1月13日にも観測されている。その後は、明確に確認されていないが、d 火口付近で極めて僅かな火山灰噴出があった模様である。

新火口群からの噴気活動は、いくつかの火口が活動を停止したので、噴火当初と比べてやや勢力が弱まってきたようであるが、依然大きな鳴動を伴って継続している。

地震活動は、群発活動をはじめとして衰えをみせず、また、地盤変動もその後も変化が継続している。

すなわち、連続火山性微動の振幅が3月に入って、10月の噴火直後の高い振幅レベルまで急激に増大し、そのまま4月中旬まで継続し、一時期減少したが5月になって再び増大するなど、大きな変動がある。3月24日には、火口直下で、やや規模の大きな群発地震が発生し、その後27日までに継続的に火山性微動が発生した。この地震活動と微動の発生期に、火山灰の噴出があったかどうかは、天候が悪く確認できなかったが、噴出があったとしても火口の周辺だけであったと思われる。また、5月14日には、火口の北北西の泉水山北部で群発地震が発生した。一方、辺長測量結果では、2月中旬あるいは下旬までは、一様の収縮率で縮まっていた測線が縮まなくなり、5月上旬に急激な伸びが観測された。この伸びは、その後、止まり、再びやや縮み傾向になった。

火口の活動状況は、d 火口は依然活発であるが、c 火口群の活動が活発で、鳴動が強烈となった。噴気が極めて勢いよく噴出しているので、火口壁が削られて、火山灰として噴煙に混じることもあった。

2. 火口状況

噴火当初と比べると、噴煙量は若干減少してきたようであるが、依然としてbおよびc 火口列とd 火口は活発である。

a 2' 火口 …… 10月下旬に形成された火口で、現在、噴気活動が活発で、硫黄の折出が顕著である。直径2 - 3 mの円形。

b 火口列 …… 東側の火口列から勢いよく透明ガスの噴出が継続している。

東西に細長いほぼ大きさの同じ火口二つが健在で、一つの火口の大きさは長径4 - 5 m、幅1 - 2 mで、二つの間隔は8 m。

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。

火口列の西端の二つの火口も東西に長い形状で、一つの火口の大きさは、長さ6 - 7 m、幅2 - 3 mとなっている。この火口列の北側の長さは、26m以上、南側の火口列には接近することが出来ないが、長さ30m以上となっている。

d 火口 …… この火口は、長期間にわたり勢力が強く、火口から高さ10m透明の火山ガスが噴出している。

12月頃まで強烈な鳴動を伴った噴気活動が続いていたが、12月18日以後の火山灰の噴出活動で、火口の上にあった岩体が噴き飛ばされ、火口が拡大し、鳴動の勢いが弱まった。

現在もやや火口が拡大しつつあるようにみえる。

直接的な計測が出来ないが、西南西 - 東北東に長い楕円状の火口で、開口部の長径30 - 40m、単

* Received 11 July, 1996

径10-15mの大きさに成長している。開口部の内側は、オーバーハング状となって、崩壊によりさらに拡大し、長径方向が東西方向に近づき、長くなる傾向にある。火山灰の噴出は、主にこの火口からなされ、1月13日の群発地震の発生前後にも少量であるが火山灰の噴出が確認された。また、未確認だが、その後も極めて少量だが噴出した模様である（積雪の中には火山灰が層を成しているのが観測されている）。

このように各火口の状況は噴火直後と比べて大きく変化し、活動の中心は、b、c、d火口となり、特にc火口列の活発化が顕著である。

d火口の水蒸気の噴出量および噴出力は、噴火当初と比べるとおおきな減少は見られないがやや減少傾向にある。全体的に噴気の勢いは、3月下旬に、昨年10月下旬から11月上旬の高いレベルに戻った印象がある。

3. 地震活動

地震活動についての図は、第1図から第4図までに示してある。

先の報告で、九重火山地域で現在発生している地震活動は、硫黄山付近の地震活動とそのすぐ西の地域の地震活動、およびさらに西の筋湯付近と九重火山南部での地震活動との4つの地震活動に細かく分けたが、その後、5月14日に硫黄山北北西の泉水山で群発活動があったので、上述の分類では問題があるため、むしろ、硫黄山付近の地震活動と主に西部地域の地震活動と主に西部地域の地震活動との2つに大別した方がよさそうである。

硫黄山付近で発生する地震は、その後、速度構造の改善を行って、震源の再決定をしたところ、ほとんど震源が、観測開始から全期間を通して、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が、やや深い（地表から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。

2月25日から徐々に連続火山性微動の日平均速度振幅（バックグラウンド）が大きくなってきた。3月2日に、2月中旬の5割増しのレベルに達し、昨年10月噴火直後のレベルに達した。バックグラウンドは、硫黄山全体の噴気活動（新火口はもとより、従来からの噴気地域の噴気活動も含む）によって、連続した火山性微動が発生することによって考えている。この振幅が大きくなってきたことは、噴気活動がより活発化したことを示す。

このバックグラウンドの振幅の増大と共に平均的な地震発生回数が少なめになっているが、微小な地震が連続火山性微動に隠れたことにもよると考えられる。

2月中旬までの平均的な1日の地震発生回数が約10回であったのに対し、バックグラウンドの増大が始まってから平均5回ぐらいになってきた。それにも関わらず個々の地震のエネルギー積算の伸び方には目だった変化が認められない。

また、3月に入ってから妙な特殊な波形が観測されだした。この波形は最大のもので継続時間は最長20秒前後で、波形の始まりがはっきりしない。微小地震が連続的に発生しているかのようにみえる。特にこの波形が3月10日に13回も多数発生した。

3月24日から硫黄山地域で群発地震活動が生じた。硫黄山観測点での地震観測結果は3月24日に100回を越え、群発活動は27日まで続いた。従来の硫黄山の地震は、地表から1km前後の所で発生しているが、今回の地震はやや深い。

3月22日頃から低周波地震（通常は10Hzの地震波が卓越している。4Hzの地震波が卓越するものを低周波型と呼ぶ）の発生回数が増加する現象が観測されたので、注目していた時に、群発地震が発生した。101回の地震のうち低周波地震は14回であった。

また、25日11時46分から地震の後に火山性微動と思われる波形が観測された。注目されることは、低周波地震の数が減少した代わりに、火山性微動の回数が増えてきていることである。この火山性微動の継続時間は最長のもので、約2分から3分間である。昨年12月に発生した火山性微動の振幅よりやや小さい。火山性微動は、3月25日～29日までに継続時間1分程度のものが合計23個観測された。

4月10日よりこれまでの低周波地震と比べてより低周波の地震（卓越周波数2Hz）の発生が観測されはじめた。

また、ほぼこの時期から連続火山性微動の振幅が減少しはじめた。注目すべき現象である。

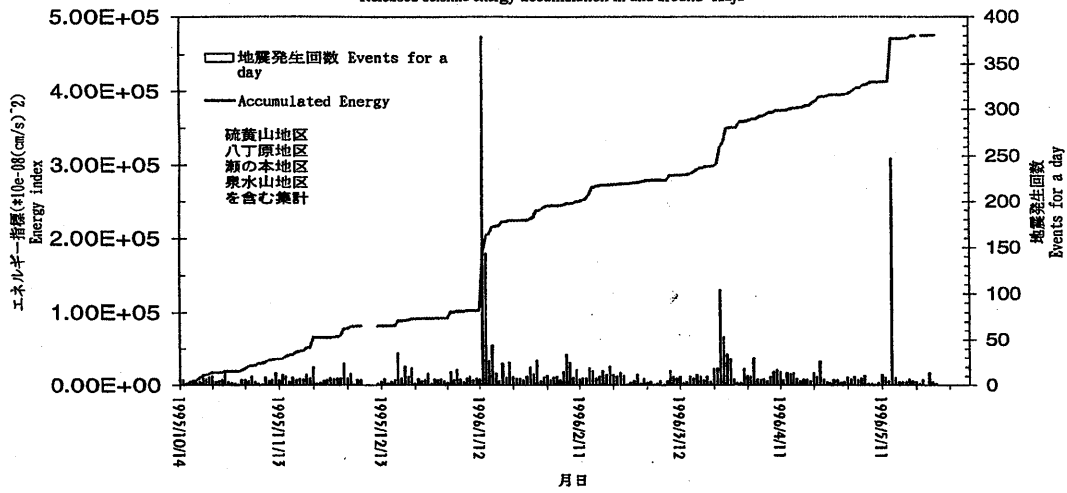
| 月 | 日 | 非低周波地震 | 低周波地震 | 火山性微動 |
|---|-----|--------|-------|-------|
| 3 | 17日 | 9 | | |
| | 18日 | 6 | 1 | |
| | 19日 | 6 | | |
| | 20日 | 10 | | |
| | 21日 | 3 | 1 | |
| | 22日 | 8 | 3 | |
| | 23日 | 14 | 5 | |
| | 24日 | 87 | 14 | |
| | 25日 | 51 | 3 | 2 |
| | 26日 | 31 | 2 | 10 |
| | 27日 | 25 | 1 | 8 |
| | 28日 | 7 | | |
| | 29日 | 5 | 1 | 3 |
| | 30日 | 1 | | |
| | 31日 | 17 | 1 | |

硫黄山周辺地域の地震を見ると、北西部の八丁原・筋湯地域付近から北部の泉水山地域で発生している。八丁原・筋湯地域の震源領域は、九重火山が噴火する以前から時々群発活動を呈していた領域を震源としている。これは、中部九州地域の地殻活動によるものと考えられる。これら八丁原・筋湯地域および泉水山地域で発生している地震の発震機構は、いずれも典型的なストライクスリップ型であるため、多分に、構造的な地震活動によるもので、現火口の火山活動との直接的な関連は薄いと考えられる。

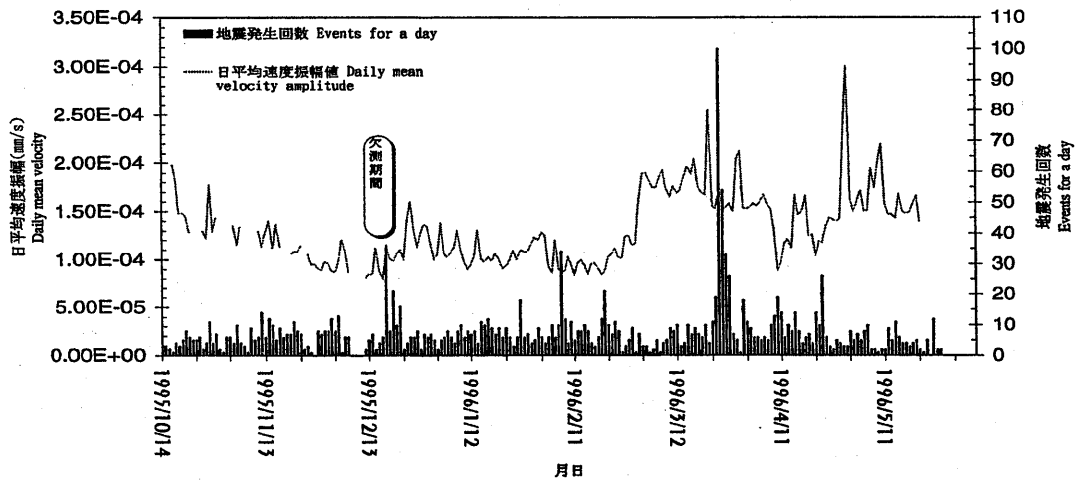
5月14日に泉水山地域で群発地震活動が生じた。3時間に200回を越えた、噴火後、この地域でのこのような地震活動が見られなかったので、注目される。

これらの群発地震の震源分布をみるとあたかも筋湯地域あるいは泉水山地域方面から硫黄山の噴火口に向かって、震源の深さが、徐々に、浅くなるような傾向がみられるが、時間的に震源が火口へ近づくような傾向はない。しかし、推定されるマグマ領域との地理的な関係でみると、特に泉水山地域は、マグマ領域の外周部に近いので、今後、この地域で群発地震活動が頻発するようになれば、火山活動が活発化することも有り、今後も注意しておく必要がある。

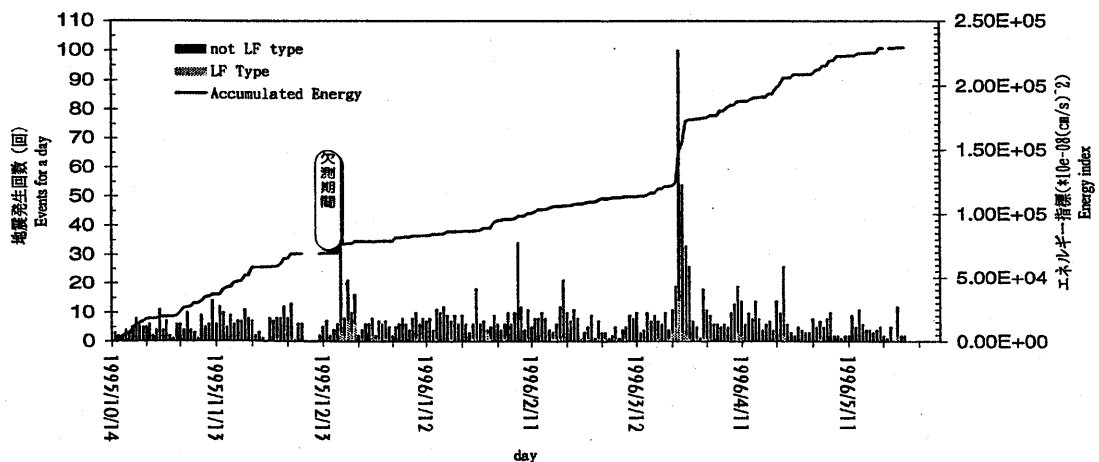
九重火山とその周辺の累積地震エネルギー
Released seismic energy accumulation in and around Kuju



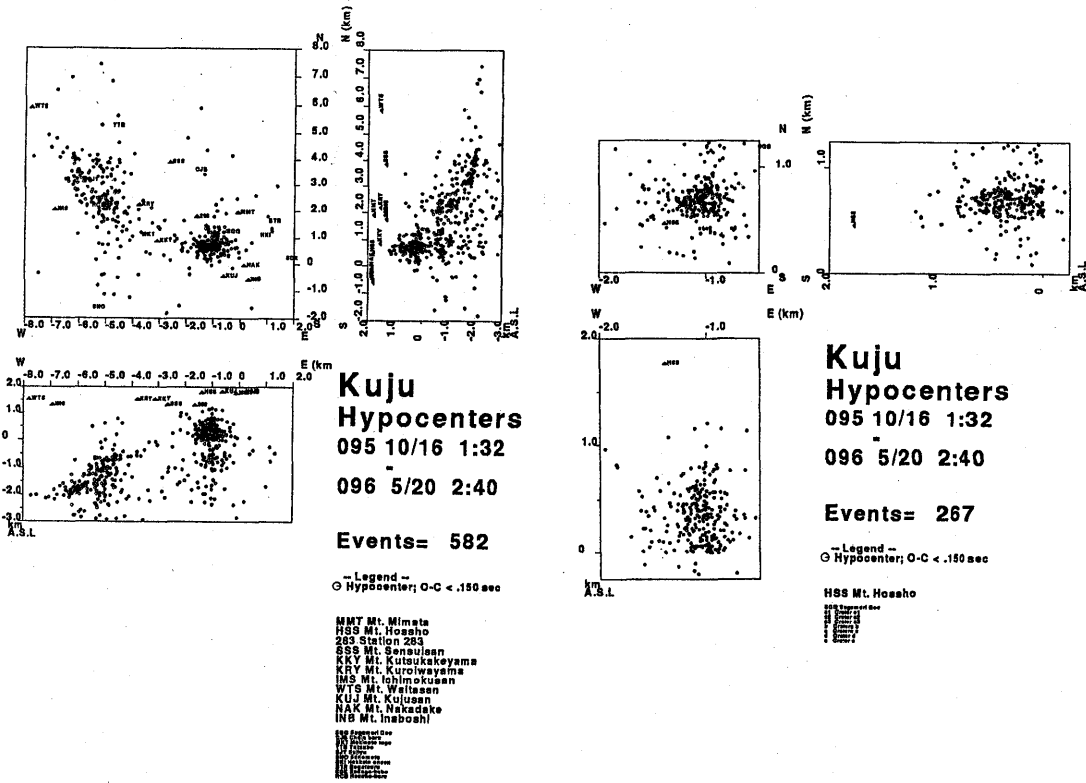
九重火山 硫黄山地区の地震活動
Seismicity at Io-yama, Kuju



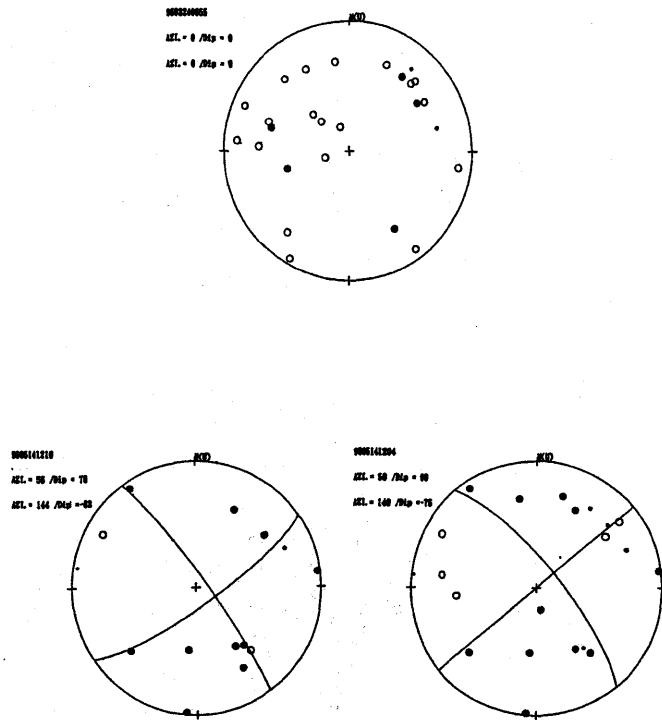
九重火山 硫黄山地区の累積地震エネルギー
Released seismic energy accumulation at Io-yama, Kuju



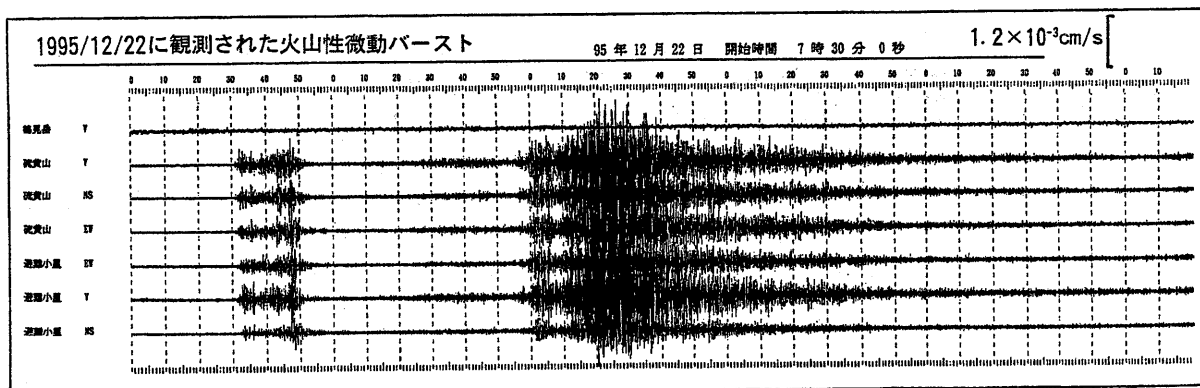
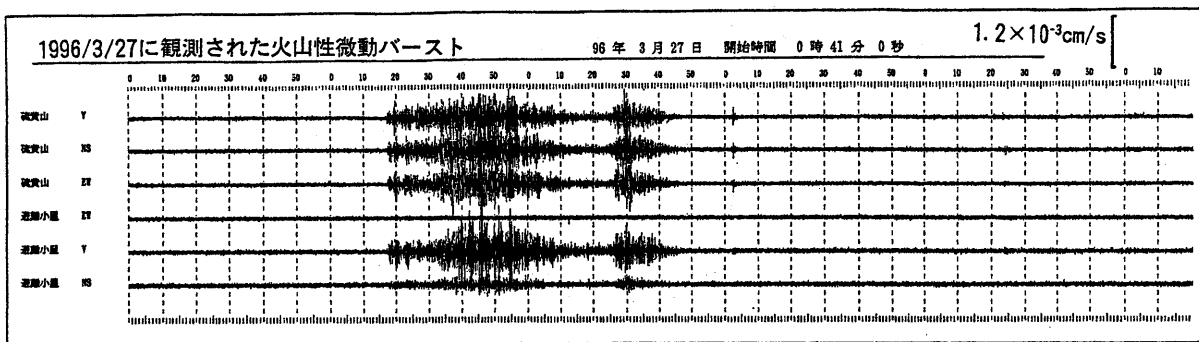
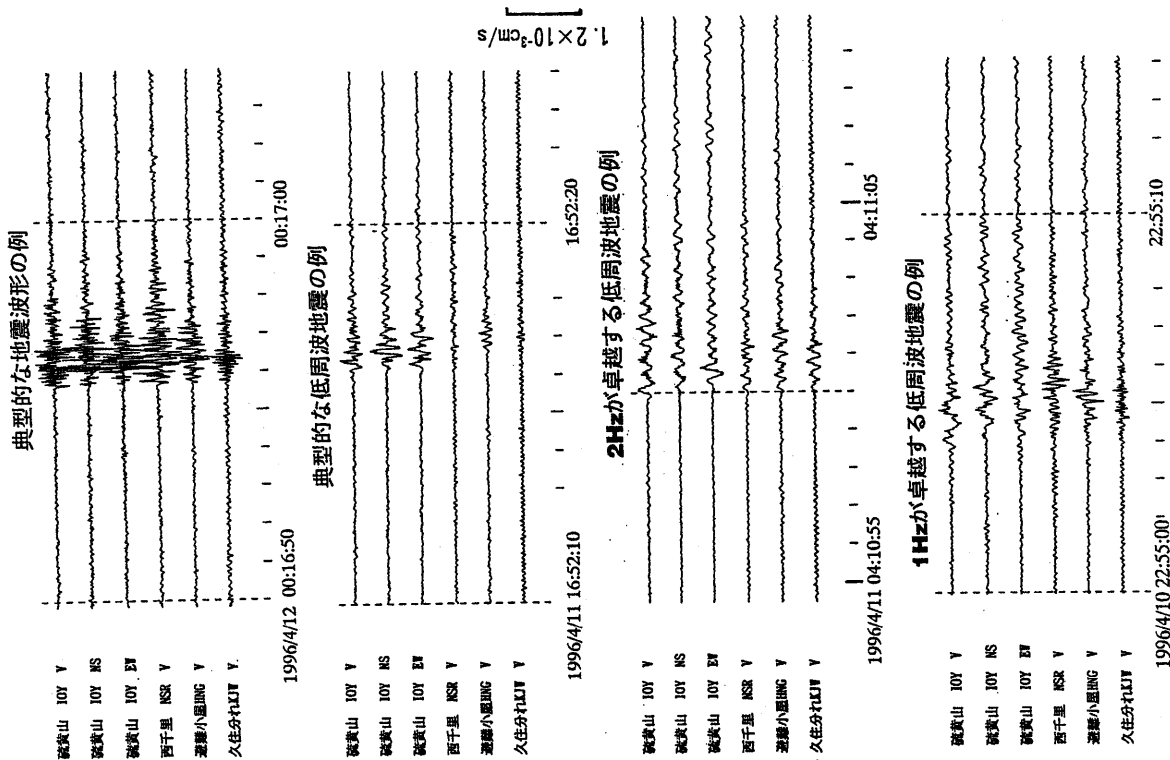
第 1 図 九重火山とその周辺地域および硫黄山地域の地震活動（日別発生頻度と日平均連続火山性微動振幅変化）
Fig. 1 Seismicity in and around Kuju Volcano.



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
 Fig. 2 Map of Hypocenters in and around Kuju Volcano.



第 3 図 九重火山硫黄山地域と泉水山地域の地震の発震機構
 Fig. 3 Focal Mechanisms of the events occurred at Iou-yama area and at the northern area of Kuju Volcano.



第 4 図 硫黄山地域で発生する火山性地震と火山性微動の波形
Fig. 4 Examples of volcanic earthquakes and tremors.

4. 地殻変動観測

光波測距（斜距離測定）；

辺長測量によれば、星生山を含む測線で、ほぼ単調にこれまでに最大17cm以上の収縮が計測されていた。そして、硫黄山の地震の震源領域を挟む測線の収縮量が大きい。この収縮の変動は、星生山が相対的に北東へ移動しつつあることを示していた。5月には、急激に5cm弱の伸張が計測された。山体の膨張とも考えられる。この伸びは、その後、収まったようである。

283H-HSS 測線*** 観測開始以来、1月末まで短縮が一様に継続し、約9cm程度縮まった。2月から3月まで収縮が停滞気味となり、その後再び4月末まで収縮傾向となって、5月になって急激な伸び約3cmが計測された。現在、停滞傾向となっている（第5a図）。

SGM-HSS 測線*** この測線も、観測開始以来、2月中旬まで短縮が一様に継続し、約15cm縮まった。それ以降4月末まで停滞気味となったが、2cm程度縮まった。5月に4cm以上の急激な伸びが計測されたが、その後、再び、収縮傾向に転じた（第5a図）。

283H-SGM 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（この間、1月末にステップ状の変化があった）、3月中旬から下旬にかけて急激に3cm短縮した。その後は、他の測線で伸びが計測された時期でも有意な変化が認められていない（第5c図）。

IOY-HSS 測線*** 観測開始以来、4月中旬まで短縮が継続し、約12cmの収縮を観測していたが、5月はじめに急激な伸び約4cmが計測され、その後、停滞している（第5a図）。

辺長に変化があった時期は、1月下旬、3月下旬、5月上旬の前後である。それぞれの時期に、筋湯・八丁原地区の群発地震活動、硫黄山地域の群発地震活動、泉水山地域の群発地震活動が発生している。大変興味ある現象である。

傾斜計は、硫黄山山麓（通称283高地、283点）と北千里北部（KTS点）に設置されている。順調に動作してから間がないことと温度変化の影響がでているので、確証がないが、283点では南東方向の隆起が、KTS点では南西方向の隆起がみられる。この方向は、火口方向にあたる（第6図）。

GPSの広域観測によれば、辺長変化が1cm前後で、測線長が2kmから7kmであることを考えると大きな変動ではないが、系統的な変動が観測されている。例えば、火口に最も近い基点283では、3月ころまでは、一様に南東方向に動いていたのが、その後北への動きに変わった。この変化は、光波測距の結果と調和的である。九重火山地域を囲む三角形の面積歪の変化をみると、変化量は1ppm程度であるが、収縮から伸張、そして再び収縮とへ変化しており、単調な変動を示していない（第7図a、b図）。

5. 地磁気観測

地磁気変化の結果によれば、噴火以前からの噴気活動がある地域（B地域）では、帯磁傾向（温度低下）が伺える。また、火口地域では、明瞭な傾向をつかむことが難しいが、帯磁傾向が示唆される。3月中旬には、N2とS0で対応した磁場変化が観測され、放熱傾向が強まった可能性がある。（第8図）。

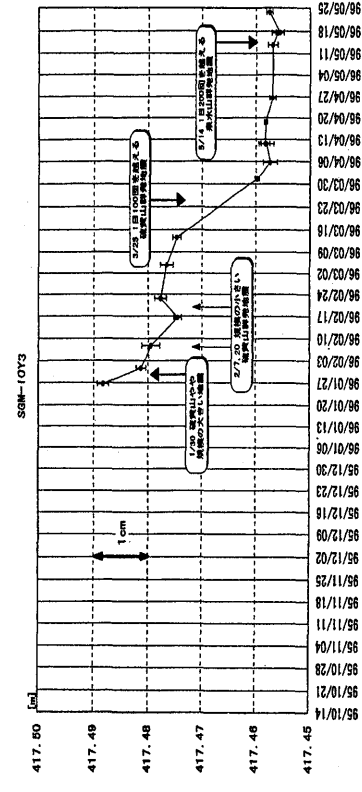
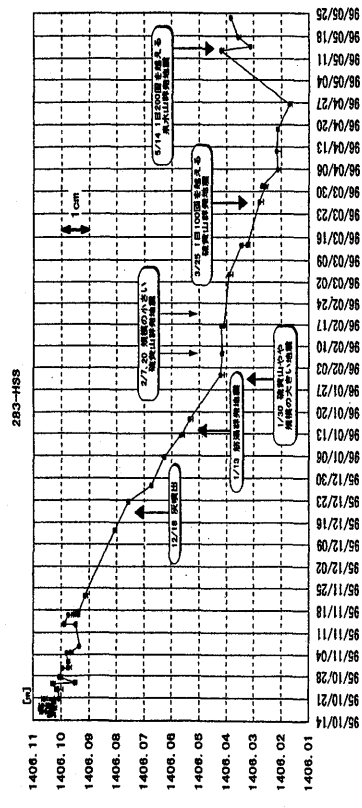
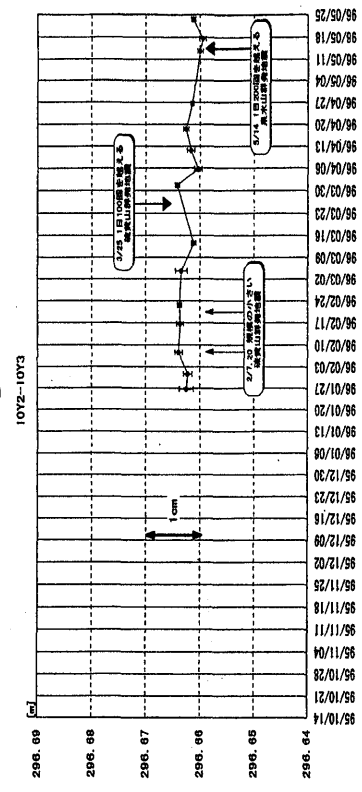
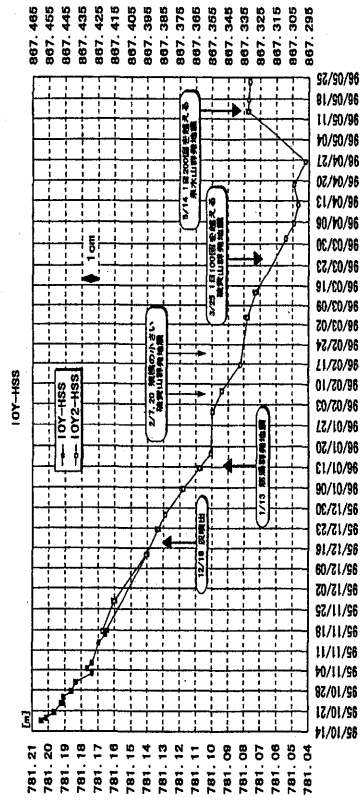
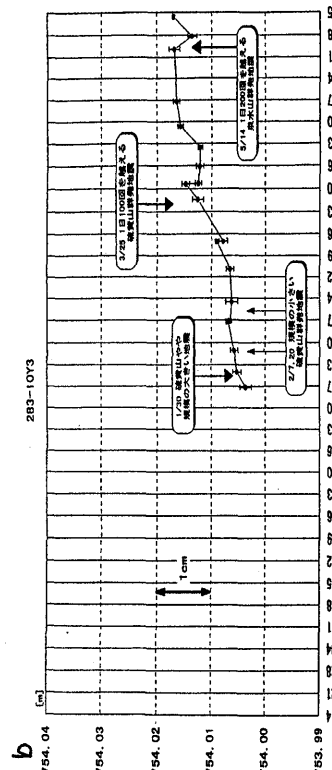
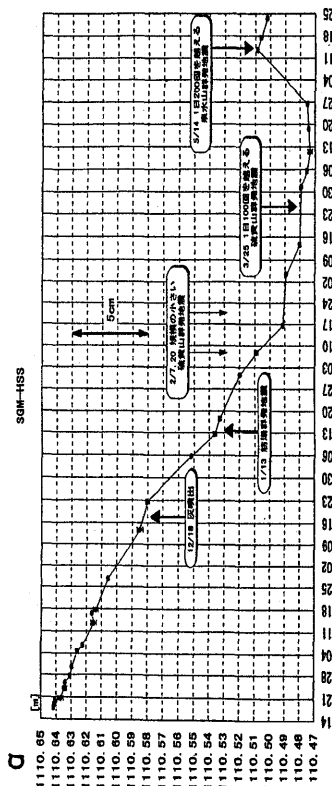
6. まとめ

火口表面活動は、b火口列、c火口列が活発である。特に、c火口列は、強烈な鳴動を伴い勢力が増大している。d火口は拡大したため、噴気に伴う強烈な鳴動が弱くなった。しかし、透明のガスが火口から10m以上噴出し、未だに勢力は優勢である。

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、また、火口の北西から北北西で、群発地震活動が時々発生している。地盤変動では、収縮傾向の辺長変化が長期間継続していたが、一時期急激な伸張が観測された。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、放熱傾向が強まった可能性がある。

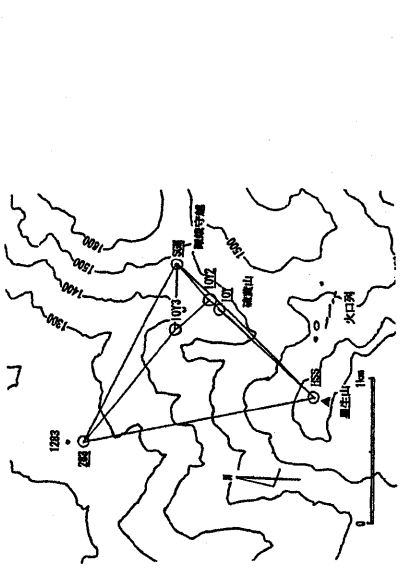
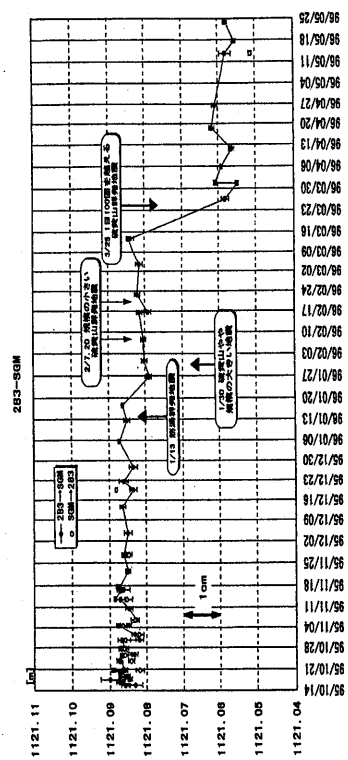
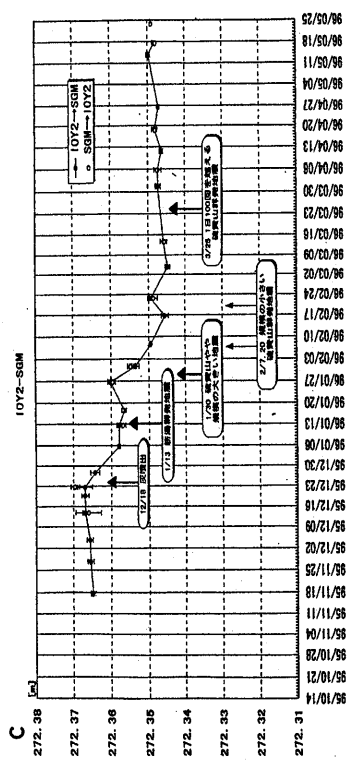
このように地下活動は依然として活発である。今後もこの傾向が直ちに止まるとは考えられないため、火山活動は、長期化するものではないかと思われる。

なお、本報告は、京都大学理学部附属火山研究施設をはじめ京都大学理学部附属地球物理学研究施設、九州大学理学部附属島原地震火山観測所、京都大学防災研究所附属桜島火山観測所および九州大学工学部の成果である。

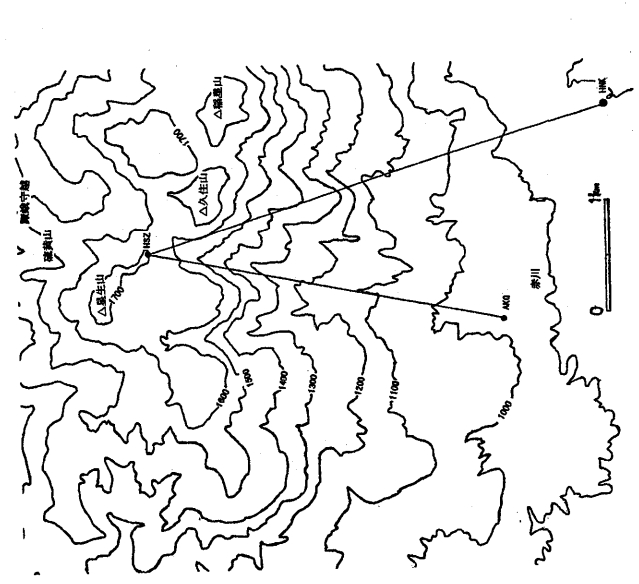
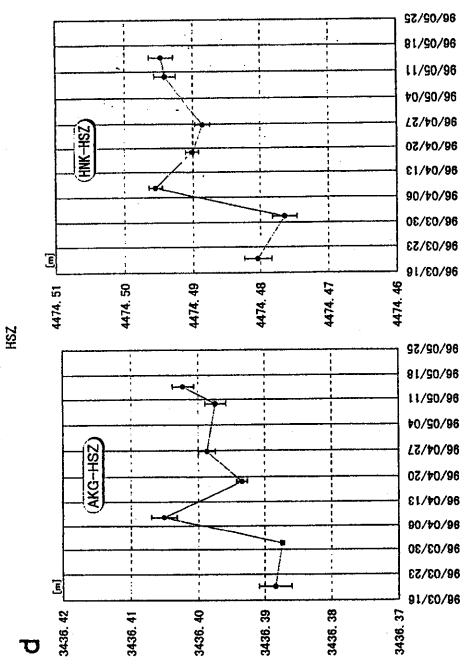


第5図a 光波測量による斜距離変化
Fig. 5 a Change of Distance at Io-yama Area.

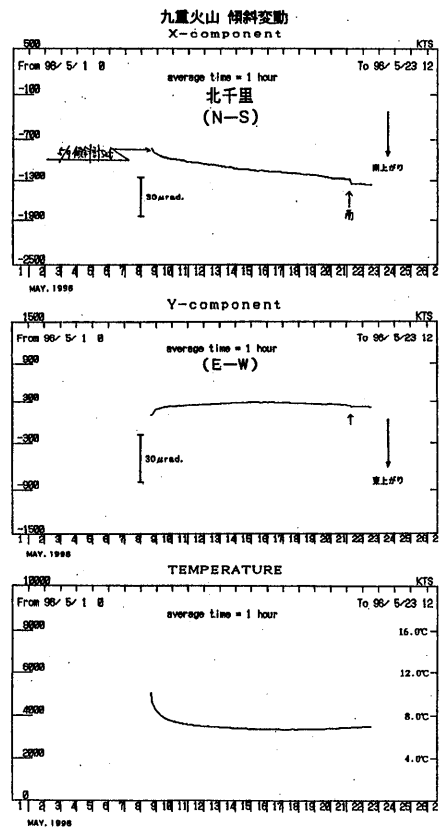
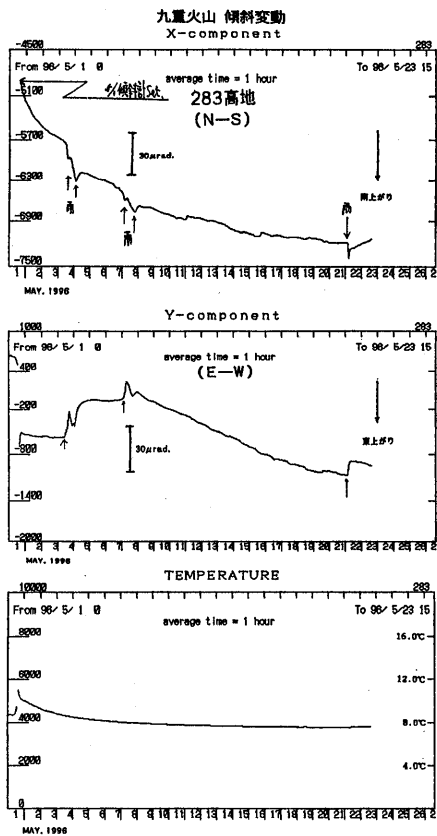
第5図b 光波測量による斜距離変化
Fig. 5 b Change of Distance at Io-yama Area.



第 5 図 c 光波測量による斜距離変化
Fig. 5 c Change of Distance at Io-yama Area.



第 5 図 d 光波測量による斜距離変化
Fig. 5 d Change of Distance at Io-yama Area.

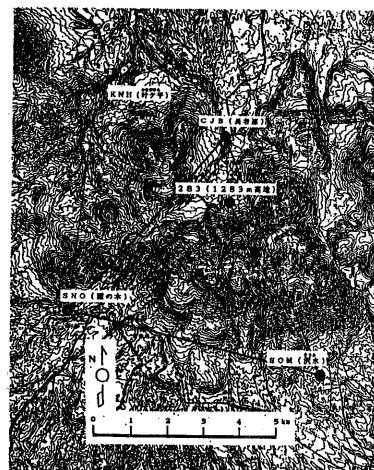
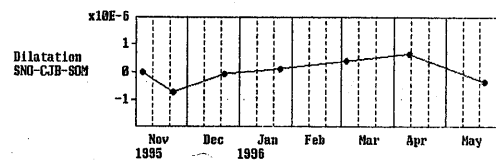
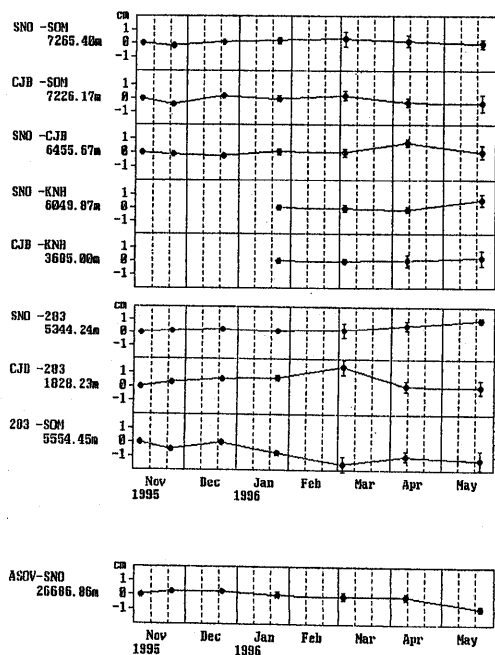


第 6 図 傾斜計 (測点283および北千里) による傾斜変動
Fig. 6 Tilt-Change by Tiltmeter at 283-area and Kitasenri.

α

九重火山地域GPS測量
(辺長変化)

九重火山地域GPS測量
(面積歪)



第 7 図 a GPS 観測の結果
Fig. 7 a Results of GPS-observation.

b

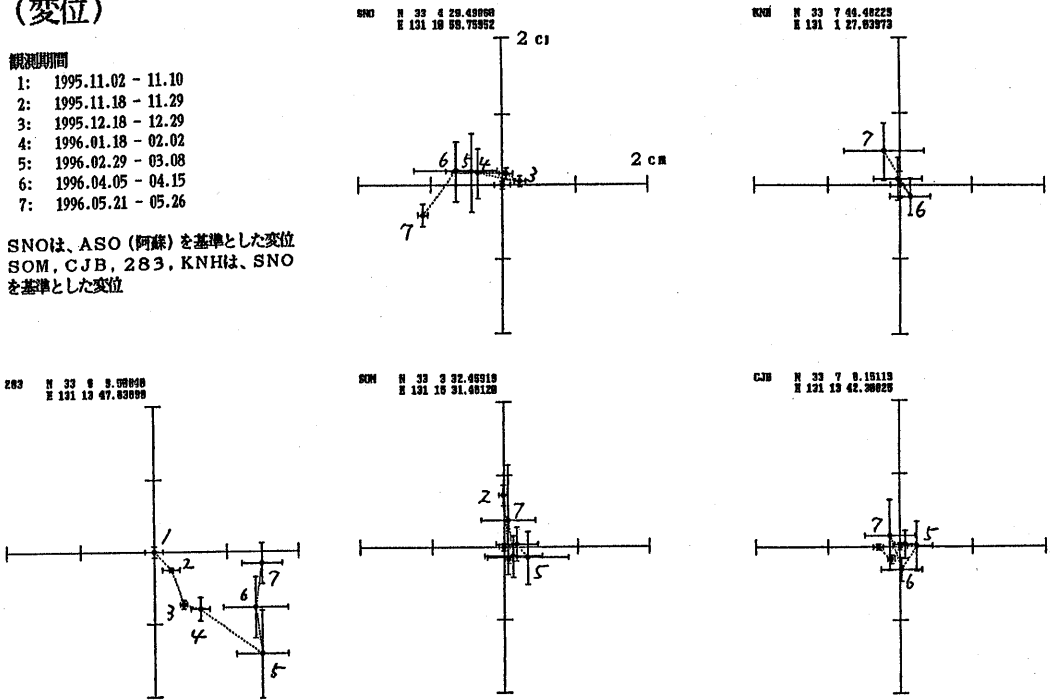
九重火山地域GPS測量

(変位)

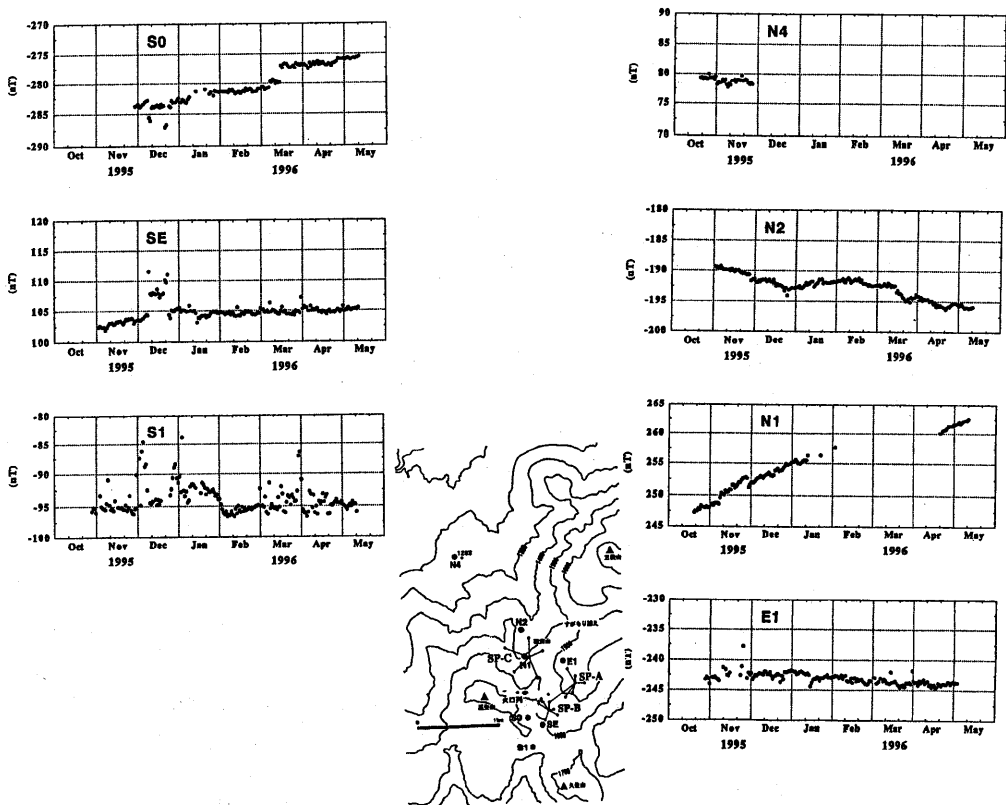
観測期間

- 1: 1995.11.02 - 11.10
- 2: 1995.11.18 - 11.29
- 3: 1995.12.18 - 12.29
- 4: 1996.01.18 - 02.02
- 5: 1996.02.29 - 03.08
- 6: 1996.04.05 - 04.15
- 7: 1996.05.21 - 05.26

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



第 7 図 b GPS 観測の結果
Fig. 7 b Results of GPS-observation.



第 8 図 地磁気観測の結果
Fig. 8 Results of Geomagnetism Observation