

雲仙岳火山活動状況 (1995年5月~10月) *

Volcanic Activity of Unzen Volcano (May~October 1995)

九州大学理学部附属島原地震火山観測所
Kyushu Univ.

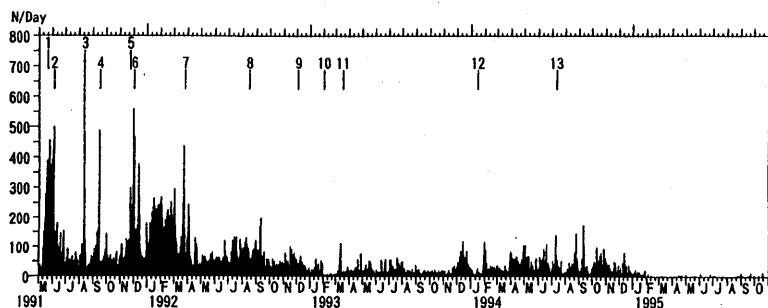
1. 活動の概要

雲仙岳の火山活動は、本年2月以降溶岩噴出が停止し、落ちついた状態が続いている。溶岩ドームでは、頂部数カ所からの噴気活動が定常的に続いているほかは目立った変化は認められない。第1図に、日別震動回数(10秒以上)、第2図に日別火砕流発生回数を示す。また第3図には、湯江川(Z)、新焼(Y)、千本木(S)、おしが谷(A)、水無川(B)、赤松谷(C)、龍の馬場(K)、各方向別の日別火砕流、落石発生回数を示す。10月23日より赤松谷方向(C方向)への崩落が数日間活発化した、いずれも小規模なものにとどまった。

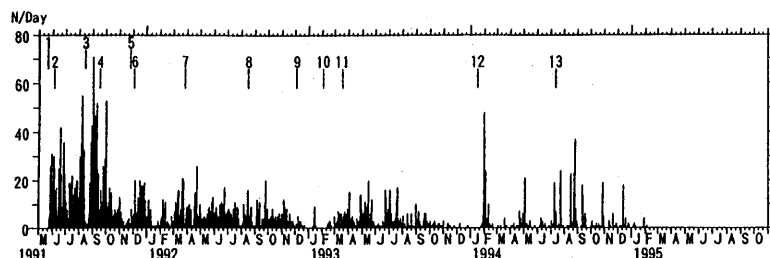
山頂部の地震活動は、7月12日、M2.7の有感地震(雲仙岳:震度1)があったものの、通常の活動レベルはきわめて低い状態で推移している。一方、普賢岳周辺に設置された傾斜計の変動をともなう微動が本年2月より発生しており、6月には特に頻発した。しかし7月下旬以降は発生頻度が減少している(3節参照)。

2. 広域地震活動

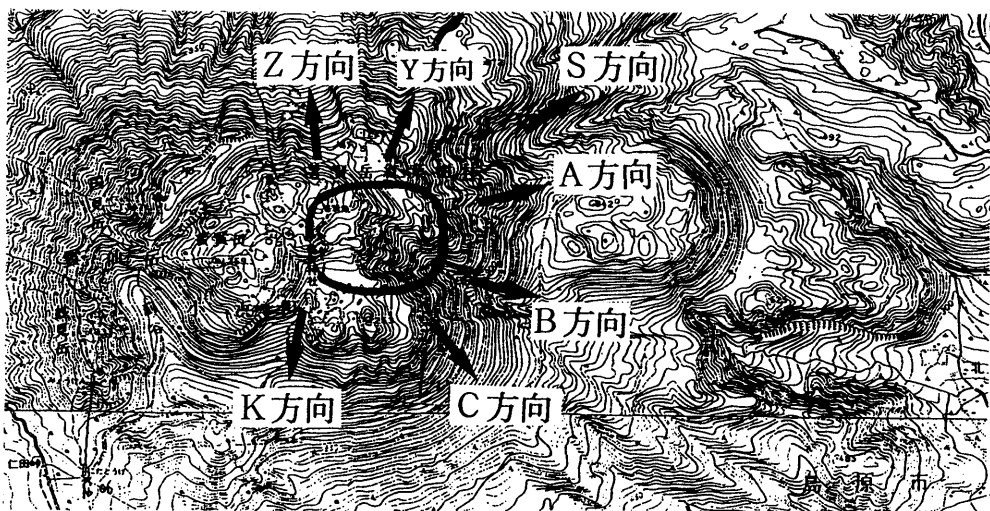
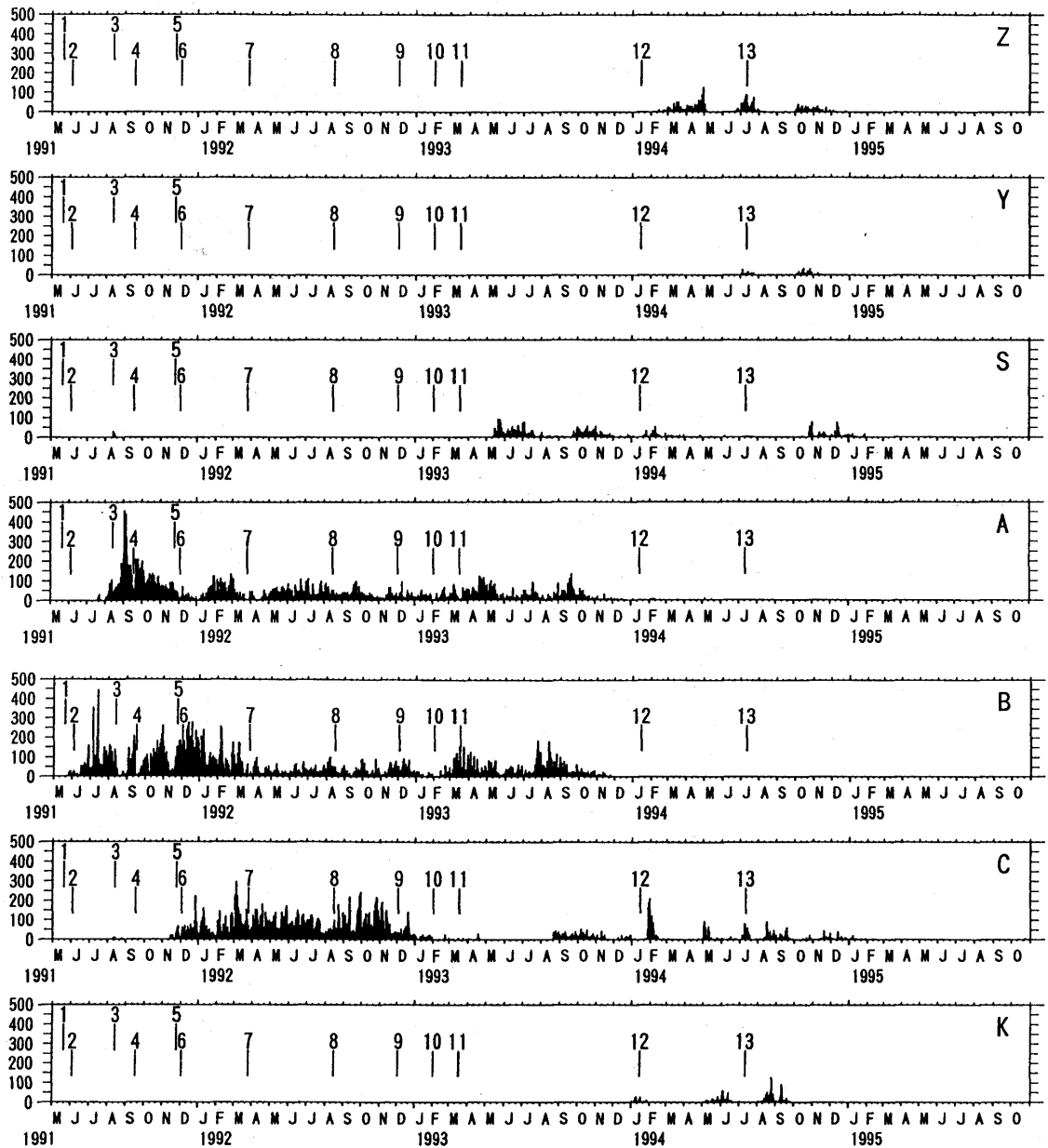
第4図に、雲仙火山を含む九州中西部の1995年5月~9月の震源分布を示す。熊本県中部においてM3以上の地震活動が時折みられているが、島原半島や橋湾での地震活動は引き続き低調である。第5図に、雲仙火山の東西の地震多発域での3ヵ月ごとの地震発生回数を示す。両地域とも95年はじめよりやや発生回数の増加が認められる。この傾向は、図中、A領域については天草灘の活動が、B領域については島原湾(熊本市の西方沖)の群発地震がそれぞれ寄与した結果である。



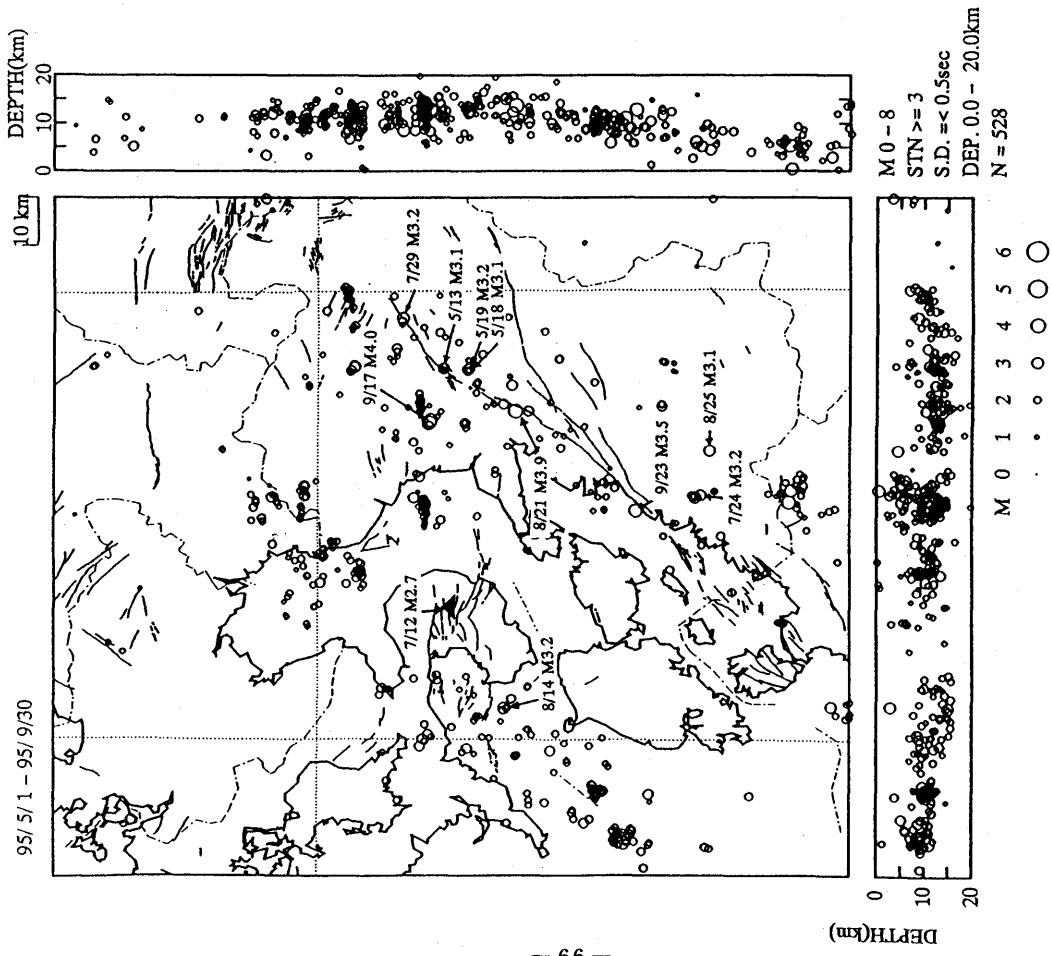
第1図 日別震動回数(震動継続時間10秒以上)
Fig. 1 Daily number of seismic signals (duration time ≥ 10 s).



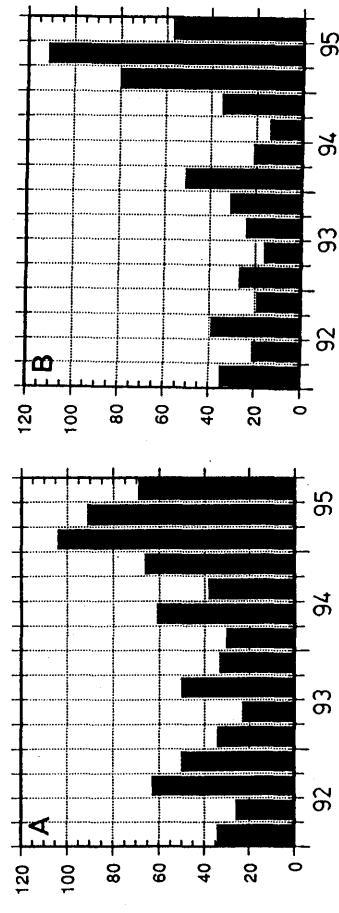
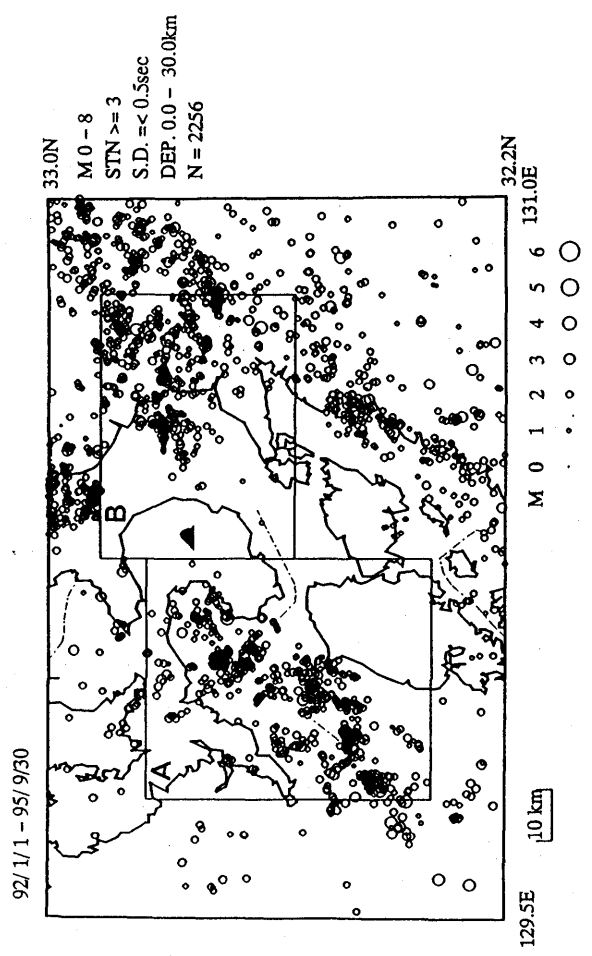
第2図 日別火砕流発生回数(陸上自衛隊)
Fig. 2 Daily number of pyroclastic flows. Observations were made by the Ground Self-Defense Force.



第 3 図 方向別日別火砕流・落石発生回数 (湯江川：Z，新焼：Y，千本木：S，おしが谷：A，水無川：B，赤松谷：C，龍の馬場：K) (陸上自衛隊)
 Fig. 3 Daily number of partial collapses which generated pyroclastic flows or rockfalls. Figures are shown separately for the seven flow courses. Observations were made by the Ground Self-Defense Force.



第 4 図 九州中西部の震源分布 (1995 年 5 月 ~ 9 月)
 Fig. 4 Hypocentral distribution in mid-western Kyushu (May - Sep. 1995).



第 5 図 雲仙火山周辺の震央分布 (1992 年 1 月 ~ 1995 年 9 月) と A, B 各領域での 3 カ月ごとの地震発生回数
 Fig. 5 Epicentral distribution in and around Unzen Volcano and the number of earthquakes in every three months (Jan. 1992 ~ Sep. 1995). The number for Areas A and B shown in the epicentral map is given.

3. 傾斜変動を伴う火山性微動

最初にも述べたように、1995年2月より明瞭な傾斜変動を伴う火山性微動が発生するようになった。第6図は火口から西南西約6.2 kmのYME観測点に設置された広帯域地震計による微動の上下動速度波形を示す。波形はそれぞれの微動ごとに異なっていることが特徴である。1995年4月5日、4月20日および5月22日の微動には明瞭な長周期波が認められる。この微動の累積回数を第7図に示す。これらの微動は1995年10月末までに24個を数えた。7月下旬より発生回数が減り、最近2カ月は観測されていない。

傾斜変動を伴う火山性微動の震源分布を第8図に示す。震源決定には+で示した観測点における初動到達時を用いた。震央は溶岩ドーム付近ではなく、それより西側の旧普賢岳山頂から北側に、深さは海水面前後に決定されている。1991年の溶岩ドーム出現前に観測された孤立型微動もほぼ同じ領域に震源決定され¹⁾、さらに、傾斜変動を伴っていたことが報告されている²⁾。

微動の初動は不明瞭なものが多いので、震源の位置をより精度良く推定するために、普賢岳の山体の2カ所に6点アレイを設置して微動観測を継続している。アレイの位置、地震計の配置および両アレイで観測された微動の初動部分をセンブランス解析して得られた波の到来方向とみかけ速度を第9図に示す。あざみアレイ、ていしアレイにおける火山性微動の到来方向は、それぞれ北北東、北西方向である。2つのアレイのどちらでも観測された微動は無いが、到来方向は溶岩ドームよりも明らかに西側で交差し、初動データによる震央域(第8図)と矛盾しない。また、みかけ速度はあざみアレイの方が大きく、あざみアレイの方がより震央域に近いことを示している。ていしアレイのみかけ速度は約2 km/sが得られており、傾斜変動を伴う火山性微動の震源は、エアガン探査³⁾による山頂付近の2 km/s層内にあると考えられる。この2 km/s層の下面は海水面下0.5 kmまでであり、深さについても初動データによる震源(第8図)と矛盾しない。

広帯域地震計では、火口とほぼ反対(radial)方向に押出されて戻るような変位波形が得られた微動がある⁴⁾。この変動を静的変化とみなして、1995年5月7日の微動に茂木モデルを適用してみた結果を第10図に示す。圧力源の位置は初動データによる震源位置、圧力源の体積変化量は $4.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ と仮定すると、各傾斜観測点の観測値は計算値と大差がない。従って、第1近似的には比較的単純なモデルで傾斜変動データが説明できるものと思われる。このモデルによる、YME観測点の変位(radial方向)の計算値と観測値はほぼ同じ値である。

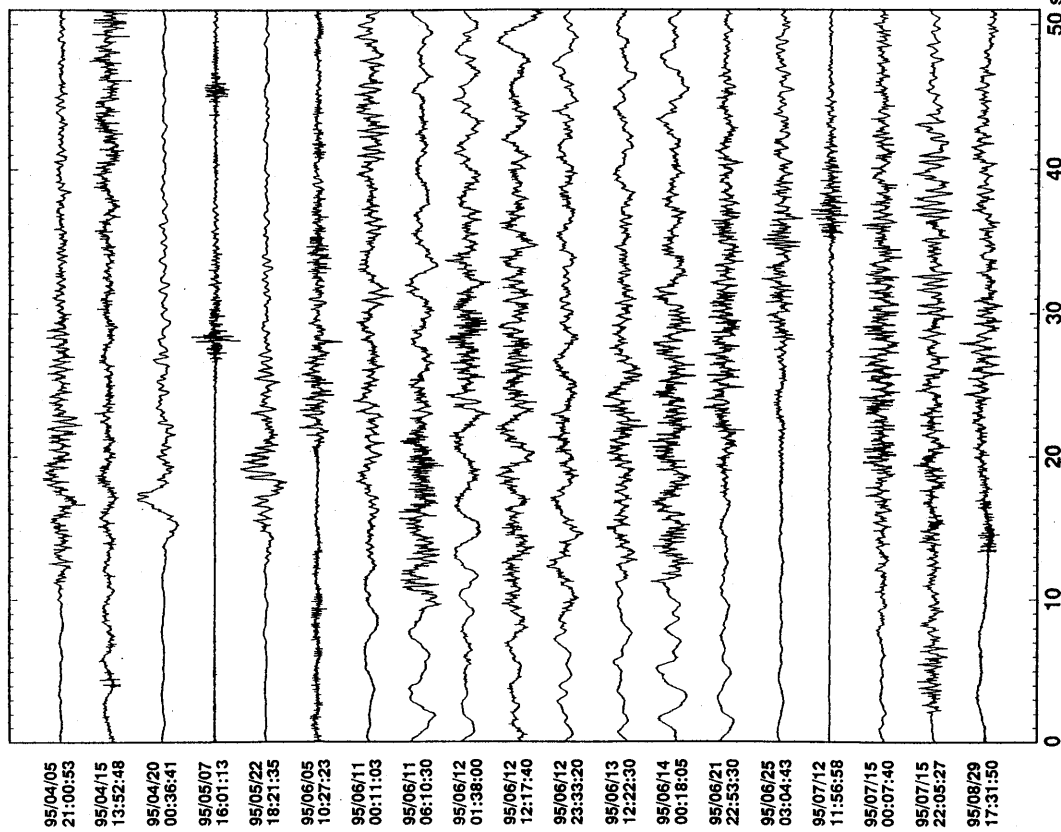
微動の速度最大振幅と傾斜変動量の比較を第11図に示す。速度振幅と傾斜変動量の対応はつかない。傾斜変動量が小さい場合でも速度振幅が大きい、あるいは逆に速度振幅が小さい場合でも大きい傾斜変動量が観測されることがある。

次に、3月9日および4月20日の傾斜変動の例を第12図と第13図に示す。3月9日の火山性微動の発生源は妙見カルデラの北西山麓にあると推定されており、傾斜変動の隆起方向とも調和的である。またカルデラ外の観測点でも相対的に傾斜変動量が大きく、変動源が深いことを示している。4月20日の変動ではカルデラ内の傾斜変動は非常に大きい。しかし、カルデラ外では振動による瞬間的な変動は大きいものの、ステップ変化量としては非常に小さい。これはこの時の火山性微動の震動源がカルデラ内のしかも浅いところであることと非常に調和的である。震源が浅いため、震動エネルギーが表面波として解放され、長周期地震計や傾斜計に震動として大きく記録されたものと考えられる。

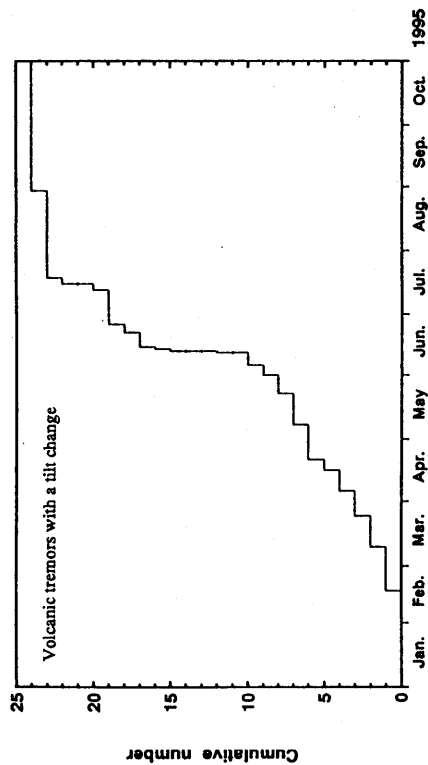
傾斜変動量のベクトルプロットを第14図に、またその積算値を第15図に示す。北山麓にある礫石原(KRE)観測点では傾斜変動の上昇方向は主に南西～南東を示し、南東山麓の山の寺(YTE)観測点では北西上りの変動が観測される。変動量は7月12日のものが非常に大きかった。また妙見カルデラ内の観測点では北西方向の隆起変動が多いが、ばらつきは大きい。4月20日の変動はカルデラ内で非常に変動量が大きく、またその方向も他の変動と大きく異なっている。

このように妙見カルデラ内のカルデラ外の観測点の傾斜記録ではパターンが異なる。また変動ごとに膨張源の位置や深さが異なっていることがわかる。このことから震源位置固定の単一的なモデルでこれらのすべての傾斜変動現象を説明することは難しいといえる。

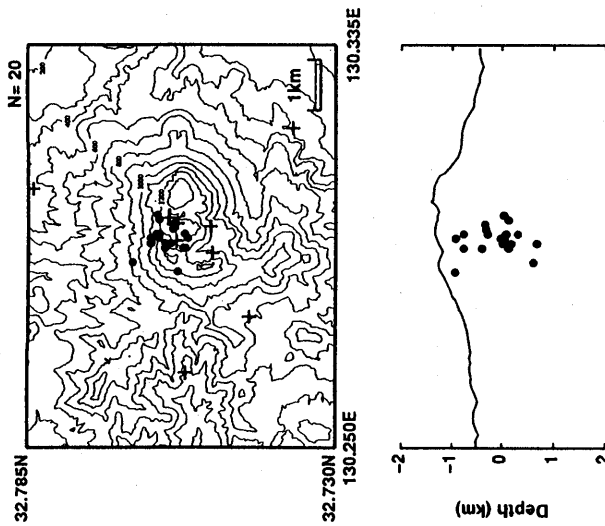
Volcanic tremors with a tilt change
YME [STS-2 : U-D (velocity)]



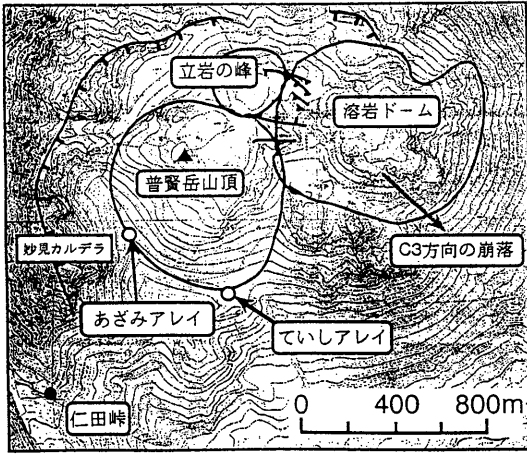
第 6 図 YME観測点 (火口の西南西約 6.2 km) の広帯域地震計による傾斜変動を伴う火山性微動の上下動速度波形
Velocity wave form (vertical component) of the volcanic tremors with a tilt change recorded by a broad band seismograph at the YME station (6.2 km WSW from the vent).



第 7 図 傾斜変動を伴う火山性微動の累積回数
Cumulative number of the volcanic tremors with a tilt change.

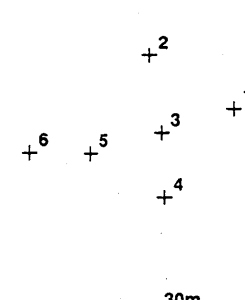
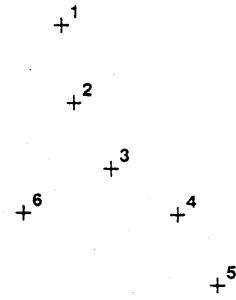


第 8 図 初動データを用いて決定した傾斜変動を伴う火山性微動の震源分布
Hypocentral distribution of the tremors with a tilt change derived from P-arrival times. Solid circles and crosses indicate hypocenters and observation stations, respectively.

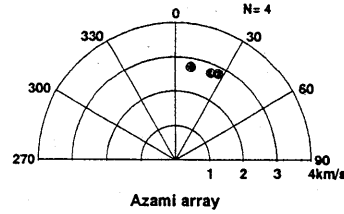


あざみアレイ (地震計配置)

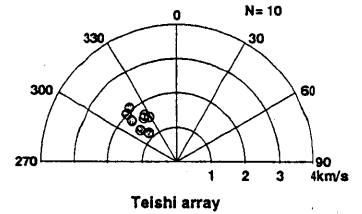
ていしアレイ (地震計配置)



普賢岳山体に設置したアレイ観測点の位置および地震計配置



Azami array

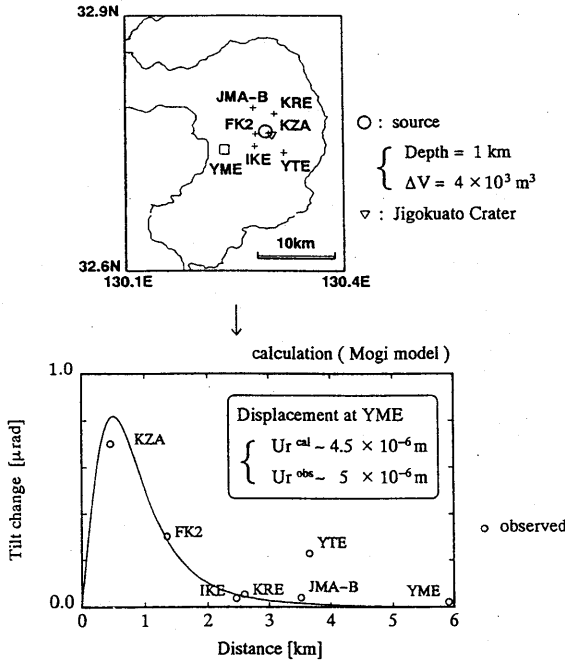


Teishi array

センブリانس解析による波の到来方向およびみかけ速度

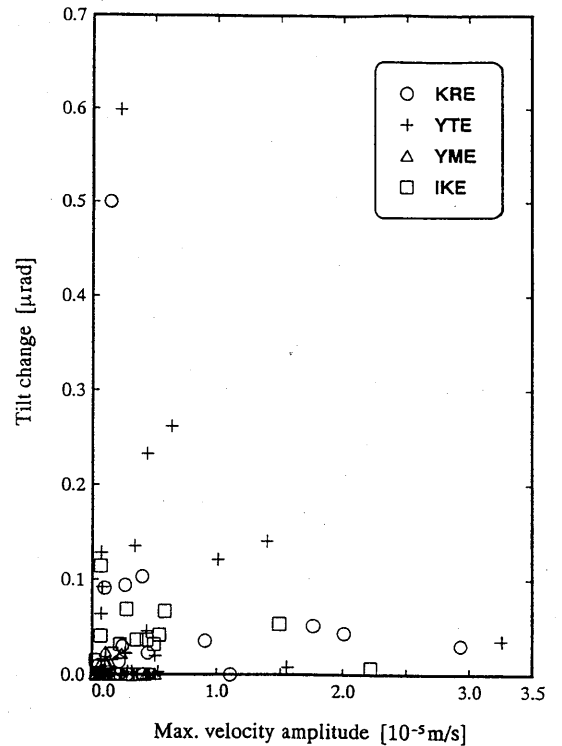
第 9 図 アレイ観測点の位置、地震計配置およびセンブリانس解析による微動の到来方向とみかけ速度
Fig. 9 Location of the temporary seismic arrays (upper) with the configuration of the Azami array (middle left) and the Teishi array (middle right), and the arrival directions and the apparent velocities (lower) derived from the semblance analysis.

1995/05/07 16:01 [Volcanic tremor with a tilt change]



第 10 図 1995年5月7日の微動に対する茂木モデルの適用
(上) : 圧力源の位置と体積変化量および傾斜観測点分布
(下) : 各傾斜観測点における傾斜変動量の計算値 (実線) および観測値 (白丸) の比較およびYME観測点における radial 方向の変位の計算値と観測値の比較

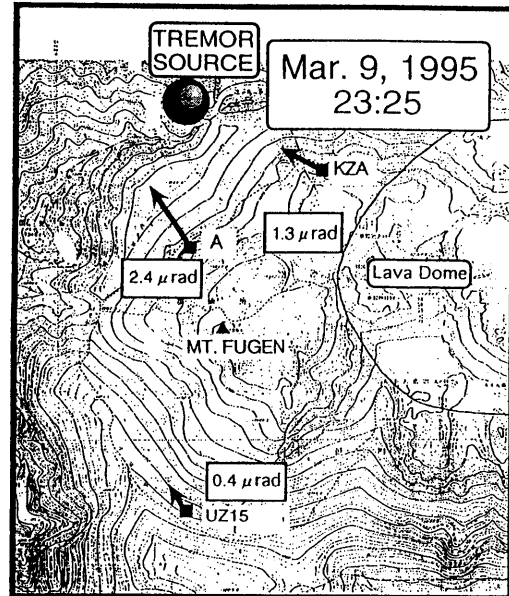
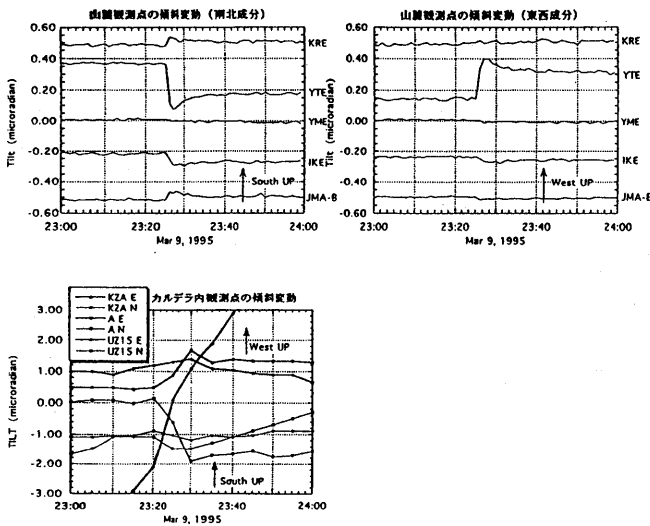
Fig.10 Application of the Mogi model to the tremor that occurred at May 7, 1995.
[Top] : Location of the pressure source (=hypocenter of the tremor) and the tilt stations. The volume change of the source was assumed to be $4 \times 10^3 \text{ m}^3$.
[Bottom] : Relation between the observed (open circle) and calculated (solid line) tilt changes. The observed and calculated displacements (radial component) at the YME station are also shown.



第 11 図 傾斜変動を伴う火山性微動の速度最大振幅と傾斜変動量との比較

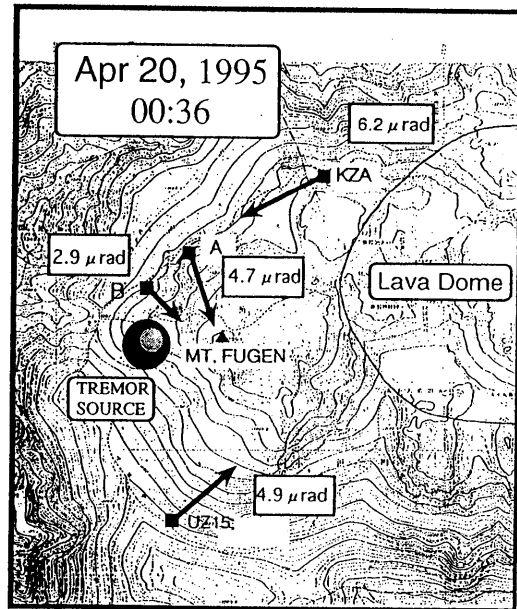
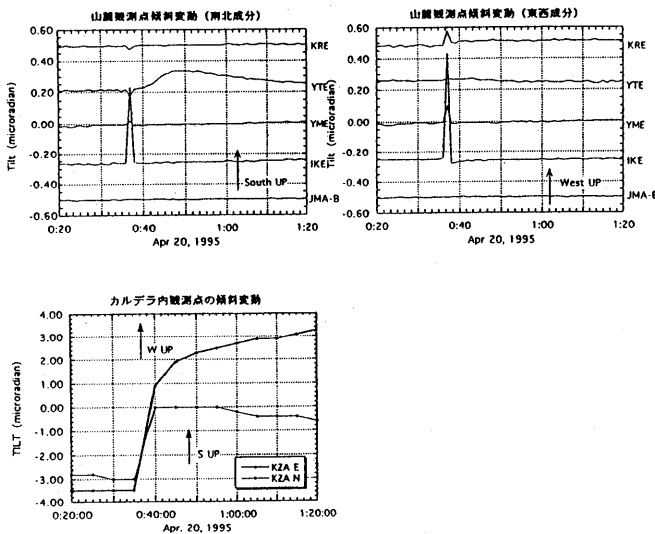
Fig.11 Comparison between maximum velocity amplitudes and tilt changes of the tremors.

3月9日の傾斜変動



第 12 図 火山性微動に伴って発生した傾斜ステップ変動の例 (1995 年 3 月 9 日)
 Fig.12 Example of tilt steps accompanied with the volcanic tremors on Mar. 9, 1995.

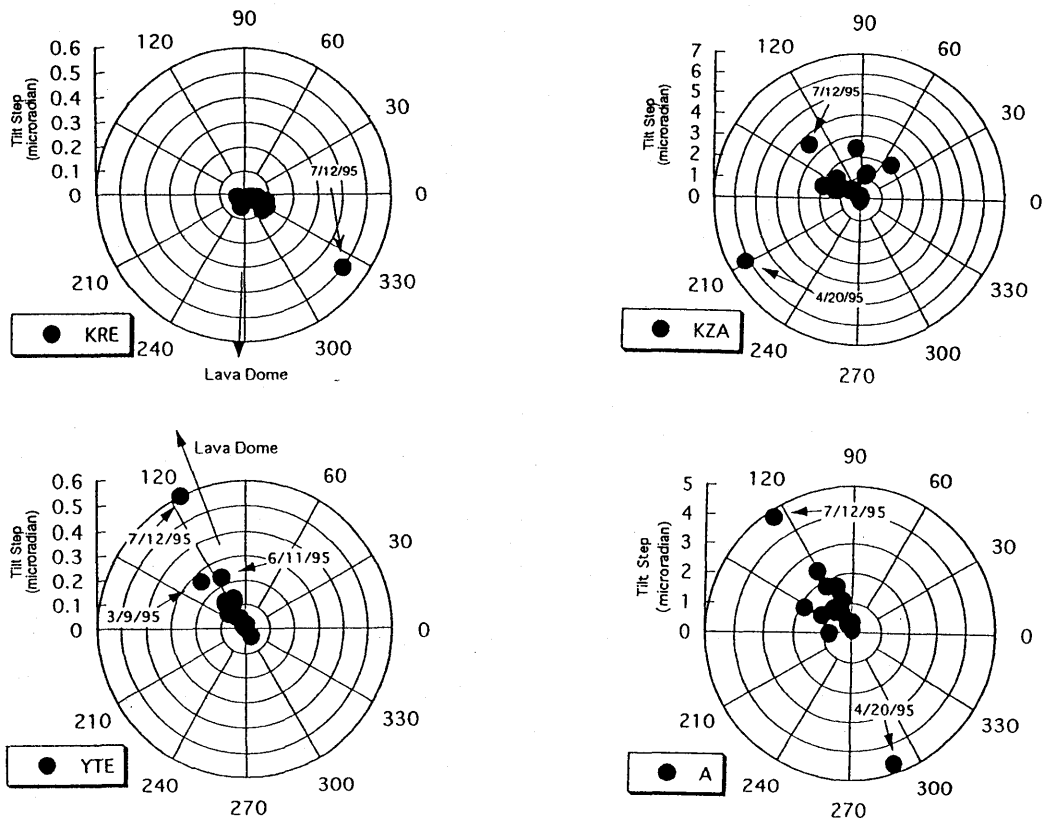
4月20日の傾斜変動



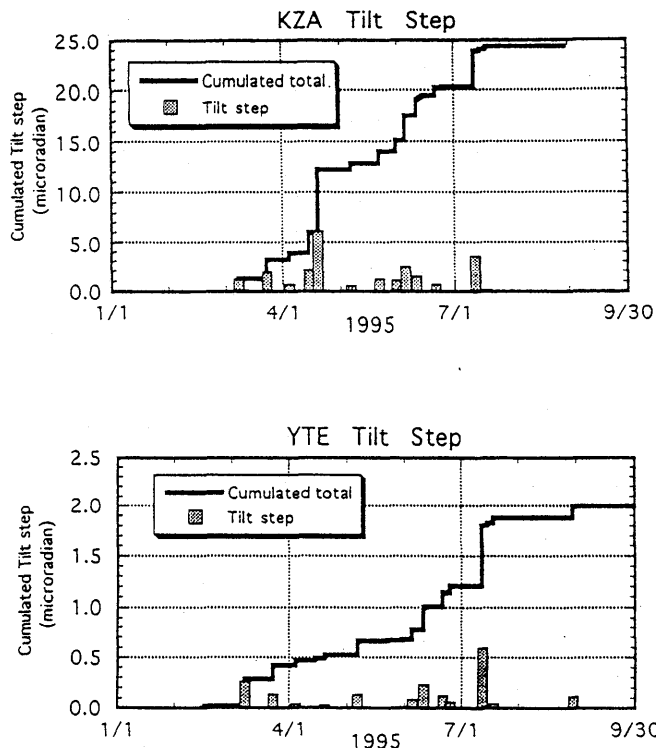
第 13 図 火山性微動に伴って発生した傾斜ステップ変動の例 (1995 年 4 月 20 日)
 Fig.13 Example of tilt steps accompanied with the volcanic tremors on Apr. 20, 1995.

傾斜変動の上昇方向（山麓点）

傾斜変動の上昇方向（カルデラ内）



第 14 図 雲仙普賢岳で記録された傾斜ステップの変動ベクトル
 Fig. 14 Vector plots (upward direction) of the tilt steps observed at tilt-stations around Mt. Unzen (left) and inside of the Myoken caldera (right).



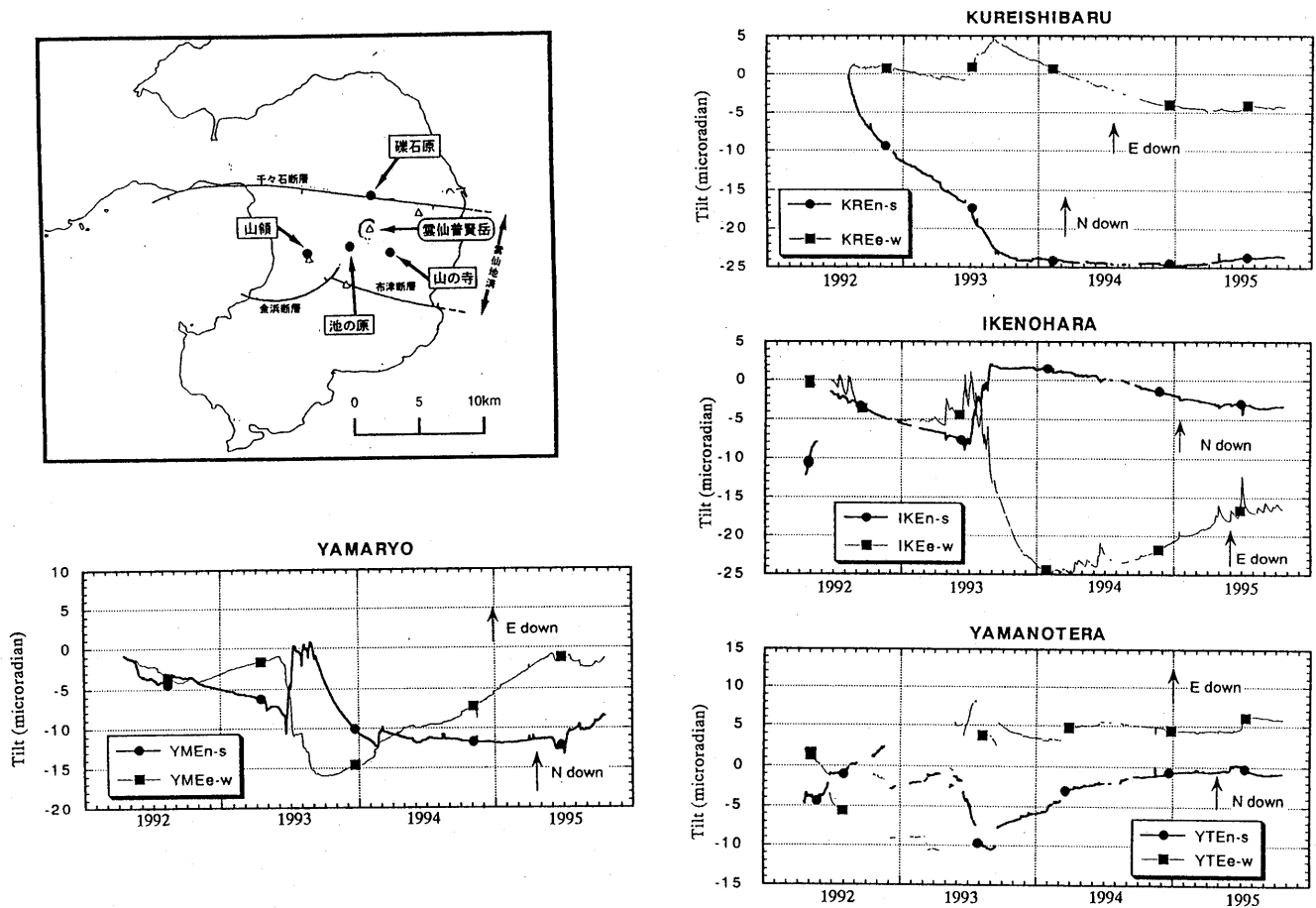
第 15 図 雲仙普賢岳で記録された傾斜ステップ量とその積算
 Fig. 15 Plots of the tilt steps and their cumulated total observed around at tilt-stations inside of the Myoken caldera (upper) and the southeast foot of the Mt. Unzen (lower).

4. 雲仙岳周辺における傾斜変化

1992年4月に雲仙普賢岳の周囲の4ヶ所に坑井内傾斜計を設置し、火山活動に伴う傾斜変化の観測をはじめた。設置した計器はアカシ製力平衡型振子式傾斜計(JTS-23型)で、いずれの地点も設置深度は100mである。

第16図は各地点における傾斜の日平均値の変化を示したものである。各地点の最近の傾向をみると、普賢岳の北の礫石原では西下がり傾向がおさまり、若干の北下がり傾斜、南西の池の原では南東下がり傾向が見られる。普賢岳南東の山の寺では変化が小さい。また千々石湾に近い山領観測点では北東下がり傾向にある。以上のように長期的な傾向としては、特に火山活動の変化を表すような傾斜変化はみられない。

なお、3月からステップ状の傾斜変動をともなった火山性微動が発生しているが、これについては前節に詳しく述べた。傾斜ステップはおおむね雲仙普賢岳方向が上昇するように変動しているが、ステップ量は地球潮汐以下の微量なものであり、これらの図には現れてこない。



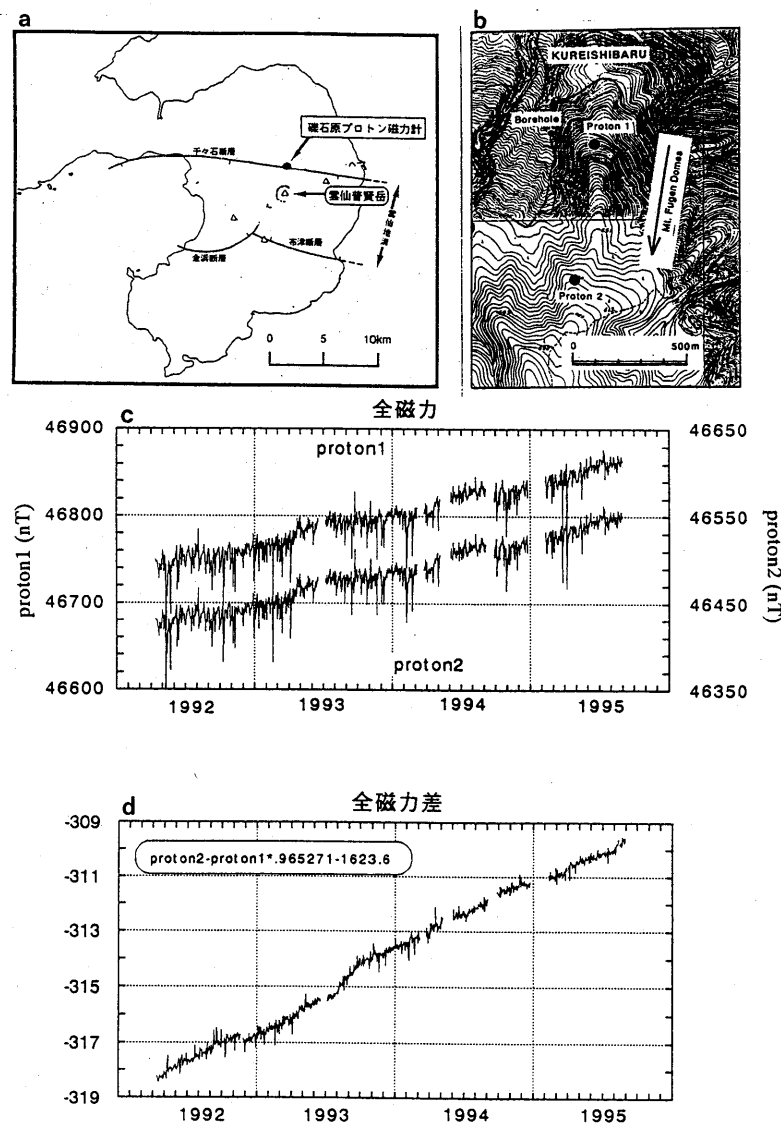
第16図 雲仙普賢岳周辺の傾斜計配置図と雲仙普賢岳周辺における傾斜変化(日平均)
 Fig. 16 Distribution of tiltmeters and their daily mean of the crustal tilt data around Mt. Unzen

5. 雲仙北麓における地磁気観測

1992年4月から溶岩ドームの北3 kmの地点にある礫石原(くれいしばる)観測点に2台のプロトン磁力計を設置し観測を続けている(第17 a b 図)。2台の磁力計はドームの方向に向けば南北に設置されており、2地点の間隔は590 mである。

第17 c 図は毎時00~02時の深夜の全磁力観測値(サンプリング間隔1分)を平均したものである。2地点の観測値の単純な差では外部磁場擾乱のためばらつきが大きくなるため、第17 d 図では係数をかけて差をとっている。この係数は1992年5、6月のデータのばらつきが最少になるように決定してある。

全磁力差は減少傾向を示しており、観測点の南方にある普賢岳はいまだ消磁傾向が続いているといえる。1994年12月~翌2月にかけて多少消磁傾向が弱まったが、その後は以前と同様な勾配に戻っている。



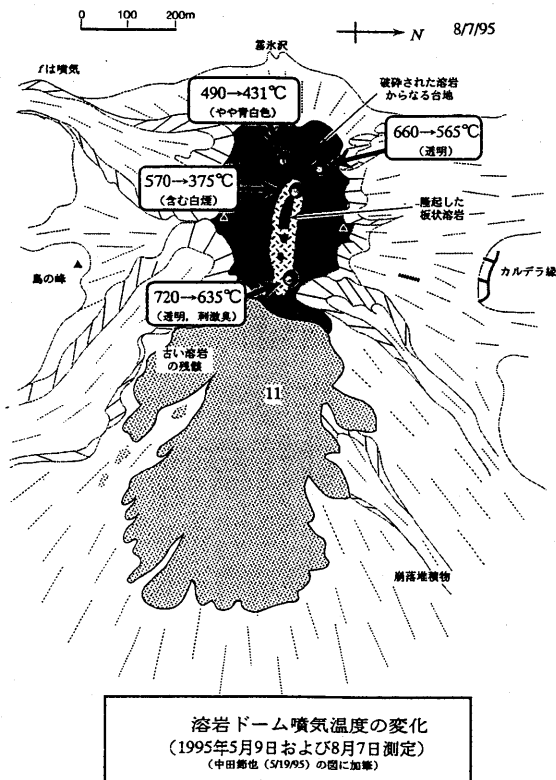
第17 図 雲仙普賢岳北麓における全磁力観測点およびその変化
 Fig. 17 Distribution of observation points and variation of geomagnetic total force intensity and their difference.

6. 溶岩ドーム噴気温度の変化

第18図に、1995年5月9日および8月7日の現地観測による溶岩ドーム頂部での噴気温度を示す。いずれの測定点においても噴気温度の低下がみられており、今後の推移が注目される。

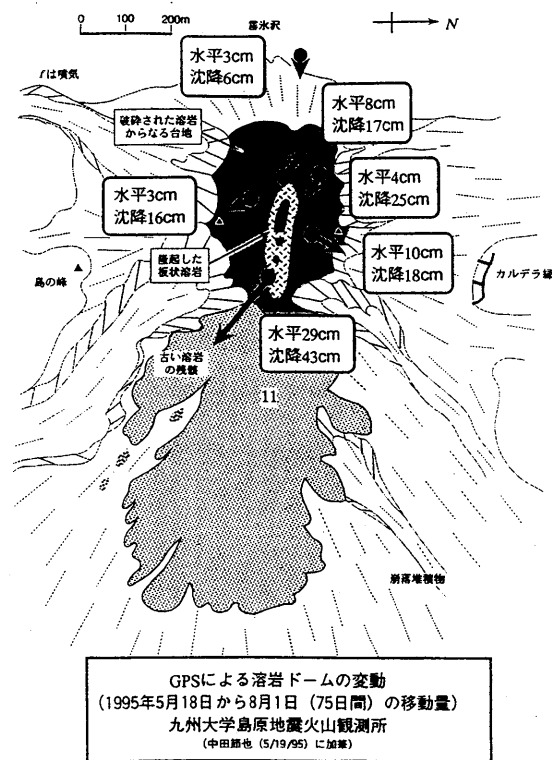
7. GPSによる溶岩ドームの変動

1995年5月に溶岩ドームにGPS基準点を新設し、繰り返し測量を実施している。5月6日から75日間の変位を第19図に示す。ドーム上はわずかに沈降傾向を示しているが、東～南東方向への変位も観測されている。この傾向はドームの東側で大きく、旧山体斜面を溶岩ドームが滑り落ちるように変形しているものと考えられる。なお、ドーム西側の旧山体では火道の収縮に伴うと考えられる、東方向の変位が1994年10月から続いている。



溶岩ドーム噴気温度の変化
(1995年5月9日および8月7日測定)
(中田勝也(5/19/95)の図に追加)

第18図 溶岩ドーム頂部での噴気温度
Fig.18 Temperatures of fumaroles at the top of the dome.



GPSによる溶岩ドームの変動
(1995年5月18日から8月1日(75日間)の移動量)
九州大学島原地震火山観測所
(中田勝也(5/19/95)に追加)

第19図 GPSによる溶岩ドームの変動
Fig.19 Deformation of the lava dome observed using GPS.

参 考 文 献

- 1) 清水 洋(1992):雲仙火山モニタリング, 物理探査, 45, 458-466.
- 2) 山科健一郎・井上義弘・清水 洋・松尾紉道(1992):雲仙火山の噴火と傾斜変動, 雲仙岳溶岩流出の予知に関する観測研究, 平成3年度総合研究(A) 研究成果報告書, 50-59.
- 3) 末広 潔(1988):火山体の構造—雲仙火山の場合—, 火山2, 33, 134-137.
- 4) 九州大学理学部附属島原地震火山観測所(1995):雲仙火山活動状況(1995年2月~1995年4月), 噴火予知連会報, 62, 24-34.