

三宅島火山の地震・地殻変動観測結果*

Seismic and crustal deformation observation at the Miyakejima Volcano

防災科学技術研究所**

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所では三宅島の火山活動研究のために、孔井式傾斜計・地震計と広帯域地震計、磁力計等による三宅島火山活動観測網を1998年4月までに設置していた。第1図に観測点配置を示す。この観測網で観測された2000年三宅島噴火活動に伴う地殻変動と地震活動について報告する。

第2図は、2000年4月23日から2000年10月25日までの約半年間の傾斜変化で、6月26日に三宅島への岩脈貫入に伴う大きな地殻変動の後、変化率が次第に小さくなる地殻変動が少なくとも9月まで継続したことがわかる。9月24日以降、電話回線サービスの停止により観測が中断した。第3図は2000年6月23日から2000年9月20日までの90日間の傾斜変動で、7月8日から8月18日までの期間、鋸状の傾斜変動（傾斜ステップ）がほぼ定期的に発生していたことがわかる。

第4図は2000年6月25日から60日間の傾斜変動で、傾斜変動の特徴からこの期間は4ステージ、6月26日から27日にかけての三宅島直下への岩脈貫入（第1ステージ）、三宅島の収縮期（第2ステージ）、傾斜ステップ発生期（第3ステージ）、傾斜ステップ終了後の収縮期（第4ステージ）に分けられる。第5図は6月26日12時から24時間の傾斜変動で、第4図の第1ステージに対応する期間である。6月26日18時30分頃から坪田地区にあるMKTが最大の変化量を示す傾斜異常変動が始まった。22時頃から阿古地区のMKAが最大変化量を示す傾斜変動に移行した。この変化は岩脈貫入がまず坪田地区付近で始まり、その後阿古地区へ移動したことを示している。第6図に第5図のA、Bの期間の傾斜変動ベクトルを示す。この期間、MKAでの傾斜変化量は約 $180\mu\text{rad}$ （ほぼ南下がり）に達した。

第7図に第2ステージ（6月28日～7月7日）に対応する傾斜変動ベクトルの変化図を示す。MKAとMKEの傾斜ベクトルは、三宅島西岸の沈降を示している。MKT、MKK、MKSの傾斜ベクトルは三宅島の南側が沈降していることを示している。

7月8日18時41分頃に山頂噴火が観測された。これを機に三宅島中央部付近が瞬時に上昇したことを示す傾斜変動が繰り返し観測され始めた。この変動を傾斜ステップと呼ぶ。第8図(a)は8月2日15時頃に観測された傾斜ステップ時の傾斜変動、(b)は傾斜ステップに対応する傾斜ベクトルである。最大の傾斜変化量が $1\mu\text{rad}$ を越える傾斜ステップは、第1表に示すように7月8日の最初のステップから8月18日の最後のステップまで、41日間に46回観測された。傾斜ステップを茂木モデルで説明すると圧力源の位置は三宅島南東部、深さは4～6kmに集中する（第9図(a)と(b)）。7月8日18時41分の最初の噴火前約10時間には山頂方向への沈降を示す傾斜変化が観測され、また8月10日の噴火時にも数時間にわたって山頂方向の沈降を示す傾斜変化が観測されている。これらも茂木モデルで圧力源を求めると、位置は山頂付近で深さは1km以浅である（第9図(c)と(d)）。傾斜ステップの圧力源は山頂方向沈降現象の圧力源と比較すると明らかに深い。

8月18日の最大噴火後、テレメータの障害で数日間データ取得が中断した。復旧した8月23日からの傾斜変化の方向は第2ステージとほぼ同様で、変化率はほぼ半分である。第10図に7月1日から8月23日12時からのそれぞれ約1週間の傾斜変化ベクトルの時間変化を比較して示した。

防災科学技術研究所では4カ所でGPS観測を行っていた。各観測点間の基線長変化を第11図に示す。第1ステージの岩脈貫入に対応する基線長のステップ的な伸びのあと、三宅島の収縮を示す基線長の縮みが観測されている。阿古地区のMKAを基準とした他の3観測点（MKT、MKK、MKS）の緯度方向、経度方向、高さ方向、基線長変化を第12図に示した。MKAとMKT間は第1～3ステージでの高さの変化がほとんど無いが、MKAはMKKとMKSに対し

*Received 11 Sep., 2001

** 鶴川 元雄・藤田 英輔・山本 英二

Motoo Ukawa, Eisuke Fujita and Eiji Yamamoto

て、この期間沈降していたことがわかる。

それぞれの期間で特徴的な地震が発生していた。第1ステージは第13図(a)に示すような構造性地震が多発した。第2ステージになると第13図(b)のような低周波地震が発生し始めた。第3ステージでは、各傾斜ステップの発生前に第13図(c)のような低周波地震の連続的な発生が観測された。第14図に引き続き2回の傾斜ステップ間の地震活動の様子を連続モニター記録により示す。傾斜ステップの数時間前から地震が連発している。また傾斜ステップ発生時には広帯域地震計(STS-2型)により第13図(d)の周期が数十秒の長周期波動が観測された。この長周期波動の地動変位は振動しないパルス状の波形である。第4ステージでは連続的な微動が観測された(第13図(e))。

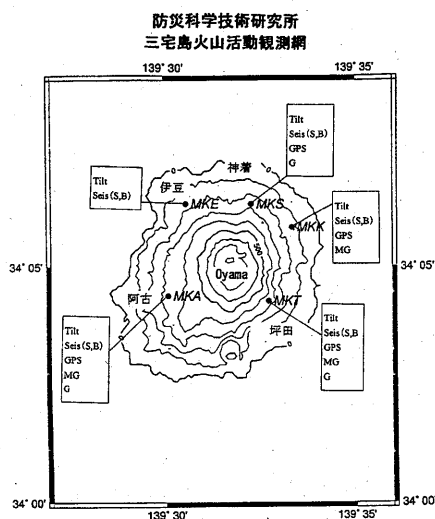
第15図に2000年5月から10月25日までの震源分布を4期間に分けて示す。6月26日の三宅島への岩脈貫入以前の5月から6月にかけて、三宅島の北から北西の海域で小規模な地震活動が観測された。

MKA, MKK, MKTの各観測点には、深度10mの観測孔にフラックスゲート式3軸磁力計を設置していた。MKAでは、2000年6月26日22時頃から100nTを越える異常な地磁気変化が観測された(第16図)。MKAの直近を岩脈が貫入した可能性を示唆するものである。

MKAとMKKでは気圧のモニターも実施していた。8月18日の噴火時には、最大1hPa程度の気圧変化が約40分間にわたり観測された(第17図)。8月29日の噴火時は、MKKのみ気圧観測が実施できたが、その気圧変化の振幅は8月18日の数分の1程度である(第17図)。

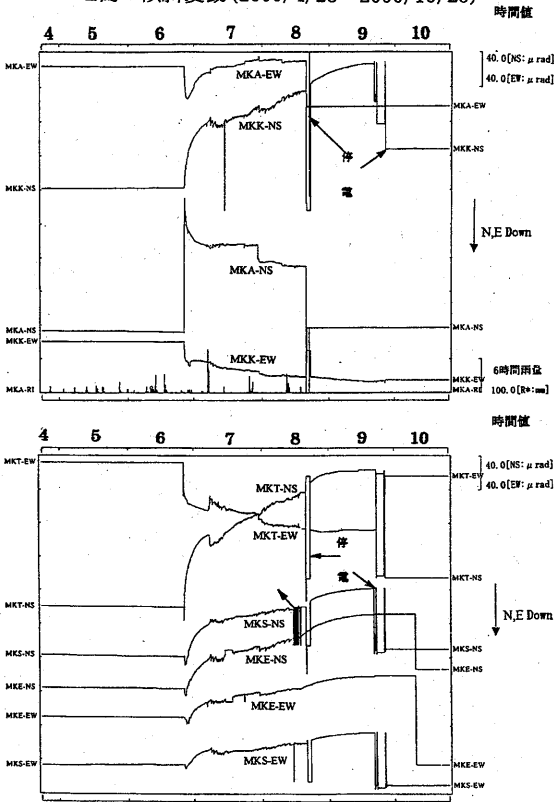
No.	date & time	7/8からの経過日数
1	2000/7/ 8 18 : 41	0.78
2	2000/7/ 9 22 : 39	1.94
3	2000/7/11 2 : 11	3.09
4	2000/7/11 11 : 49	3.49
5	2000/7/12 0 : 37	4.03
6	2000/7/12 13 : 06	4.55
7	2000/7/13 3 : 44	5.16
8	2000/7/14 2 : 11	6.09
9	2000/7/15 23 : 34	7.98
10	2000/7/16 10 : 38	8.44
11	2000/7/17 2 : 12	9.09
12	2000/7/17 17 : 27	9.73
13	2000/7/18 6 : 35	10.27
14	2000/7/19 5 : 32	11.23
15	2000/7/20 1 : 16	12.05
16	2000/7/20 17 : 23	12.72
17	2000/7/21 9 : 27	13.39
18	2000/7/22 0 : 07	14.00
19	2000/7/22 14 : 01	14.58
20	2000/7/23 2 : 20	15.1
21	2000/7/23 12 : 17	15.51
22	2000/7/24 1 : 36	16.07
23	2000/7/24 14 : 25	16.6
24	2000/7/25 4 : 55	17.2
25	2000/7/25 18 : 55	17.79
26	2000/7/26 5 : 10	18.22
27	2000/7/26 12 : 57	18.54
28	2000/7/26 22 : 29	18.94
29	2000/7/27 16 : 22	19.68
30	2000/7/28 16 : 07	20.67
31	2000/7/29 16 : 51	21.70
32	2000/7/30 22 : 36	22.94
33	2000/8/ 1 7 : 44	24.32
34	2000/8/ 2 15 : 15	25.64
35	2000/8/ 4 4 : 16	27.18
36	2000/8/ 5 1 : 11	28.05
37	2000/8/ 6 9 : 23	29.39
38	2000/8/ 8 9 : 02	31.38
39	2000/8/ 9 2 : 11	32.09
40	2000/8/11 7 : 02	34.29
41	2000/8/13 15 : 40	36.65
42	2000/8/15 14 : 29	38.60
43	2000/8/16 9 : 07	39.38
44	2000/8/17 0 : 56	40.04
45	2000/8/18 4 : 07	41.17
46	2000/8/18 18 : 09	41.76

第1表 最大傾斜変化が1 μ radを越えた傾斜ステップ
Table 1 List of the tilt step events with maximum tilt change larger than 1 micro radian.



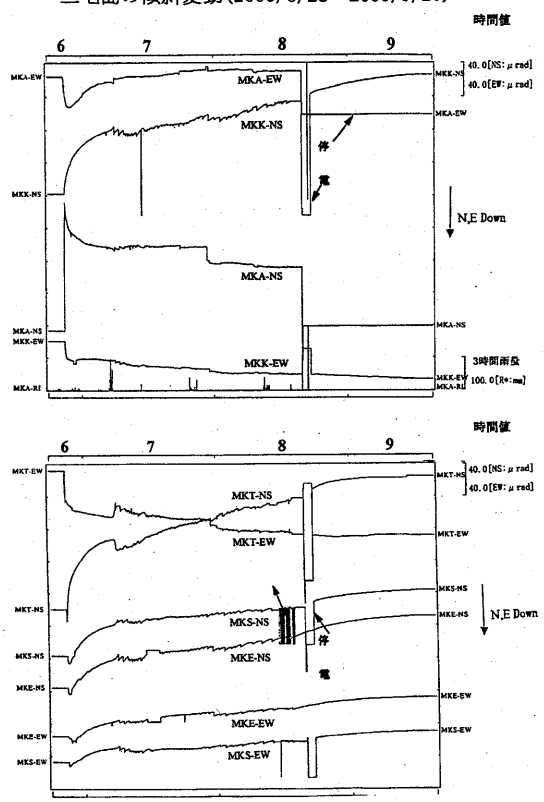
第1図 三宅島火山観測網観測点配置。
Tilt、Seis (S, B)、GPS、MG、Gはそれぞれ傾斜計、地震計(短周期、広帯域)、GPS、磁力計、重力計が設置されていることを示す。
Fig. 1 Station location map of the NIED Miyakejima Volcano observation network.

三宅島の傾斜変動(2000/4/23~2000/10/25)

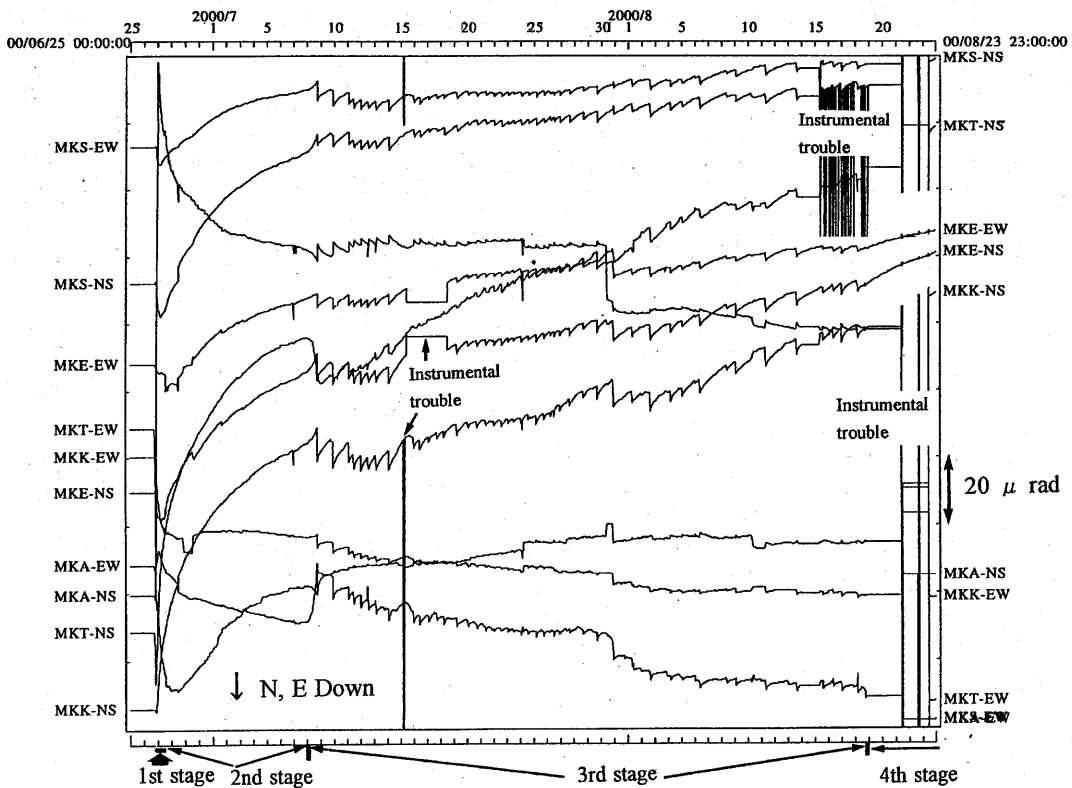


第2図 傾斜変化(2000年4月23日~2000年10月25日)
Fig. 2 Tilt changes from April 23 to October 25, 2000

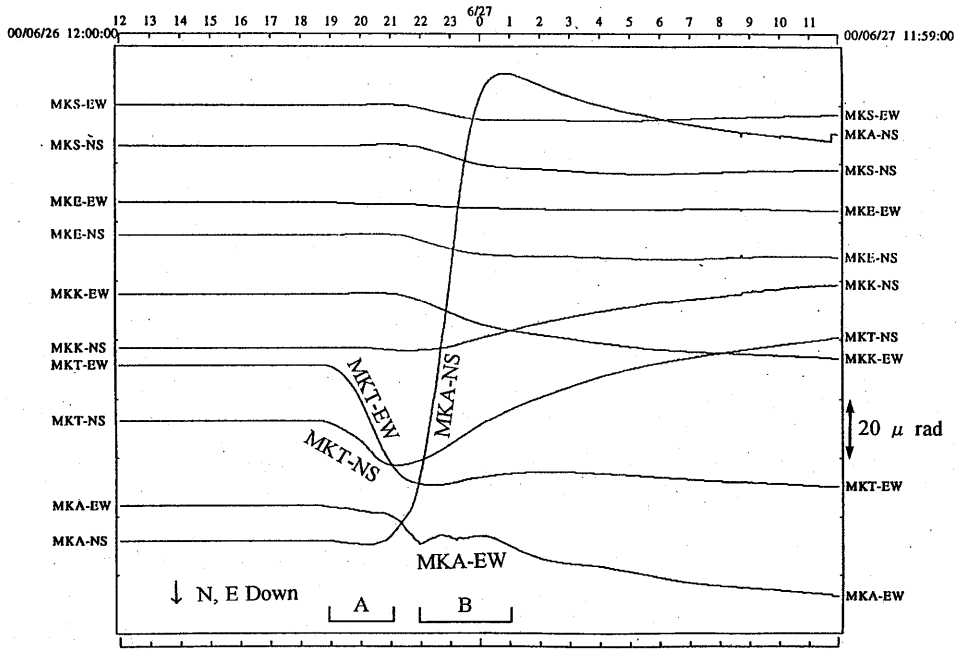
三宅島の傾斜変動(2000/6/23~2000/9/20)



第3図 傾斜変化(2000年6月23日~2000年9月20日)
Fig. 3 Tilt changes from June 23 to September 20, 2000

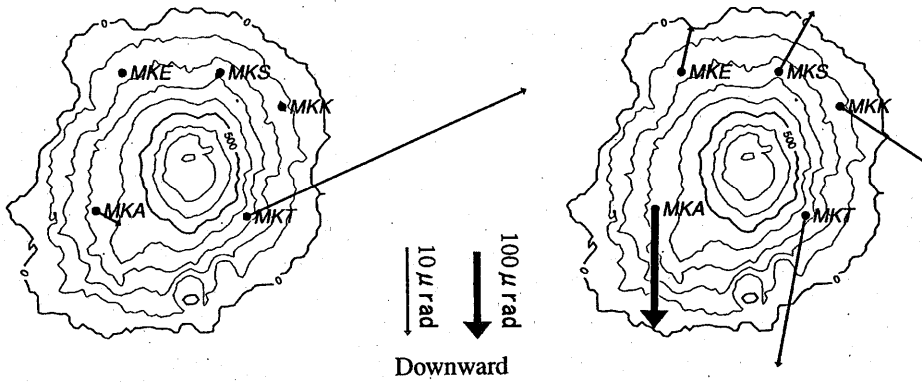


第4図 傾斜変化(2000年6月25日~2000年8月23日)。この期間は時間軸の下に示す4つのステージに分けることができる。
Fig. 4 Tilt changes from June 25 to August 23, 2000. This period is divided into four stages as shown at the bottom time axis.

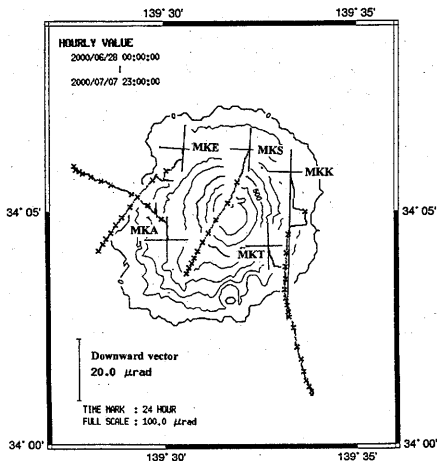


第5図 傾斜変化 (2000年6月26日12時~6月27日12時)
 Fig. 5 Tilt changes from 12h on 26th to 12h on 27th of June 2000.

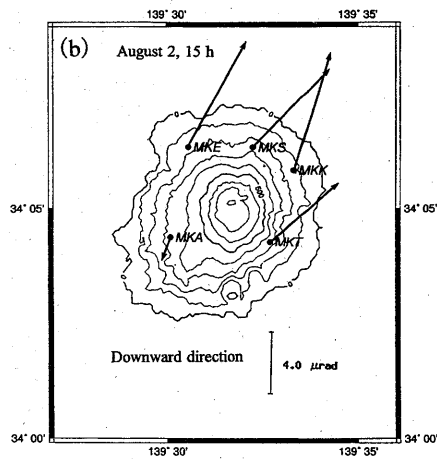
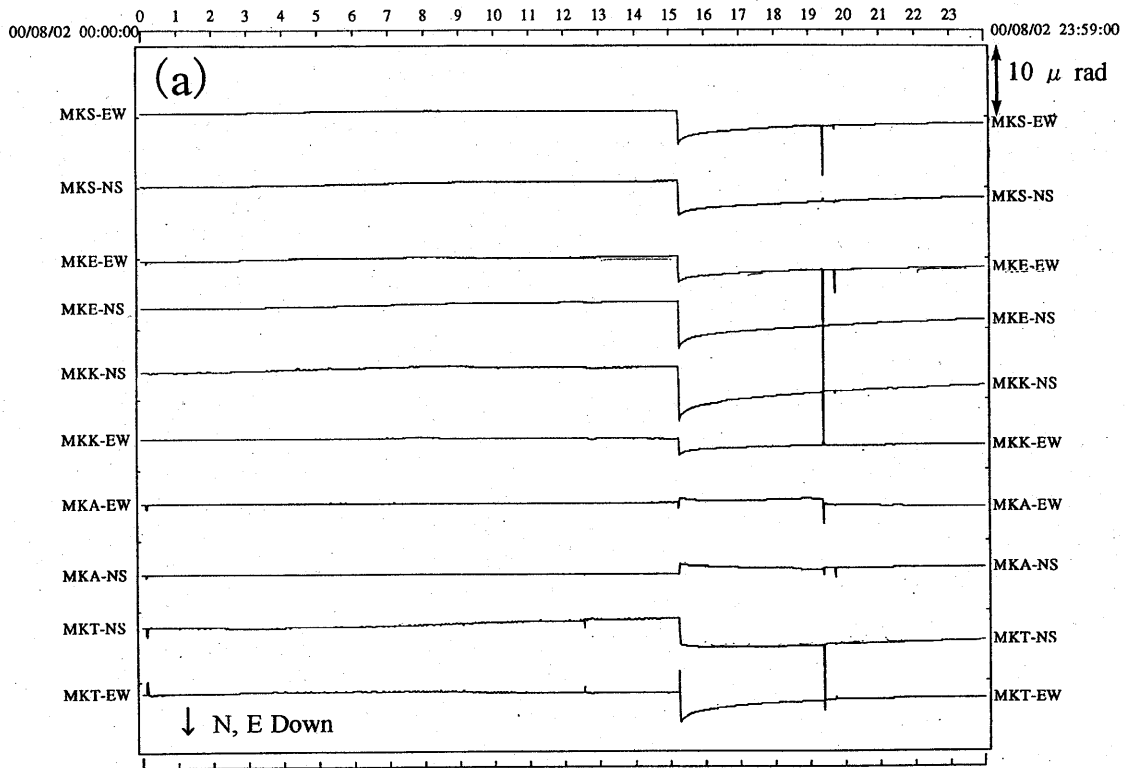
(a) June 26 19:00 - 21:00 (b) June 26 22:00 - June 27 01:00



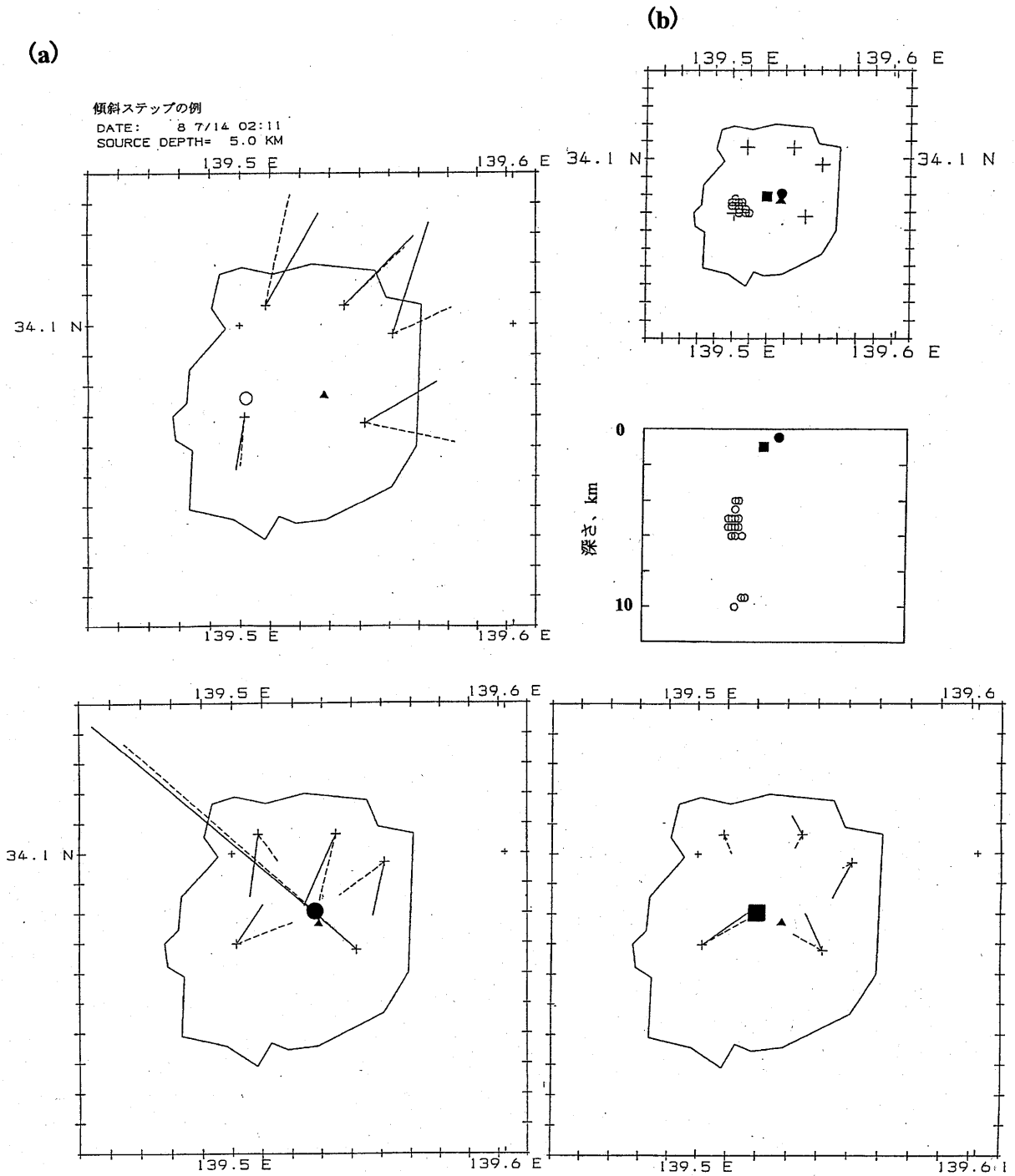
第6図 傾斜変動ベクトル。(a)と(b)の期間はそれぞれ第5図中のAとBに対応している。
 Fig. 6 Tilt change vectors for the two periods. The time intervals of (a) and (b) correspond to A and B in Fig 5.



第7図 傾斜ベクトルの時間変化図 (2000年6月28日00時~7月7日23時)。×マークは1日毎。
 Fig. 7 Temporal changes of the tilt vectors for the period from June 28 to July 7, 2000. Cross symbols indicate every one hour.

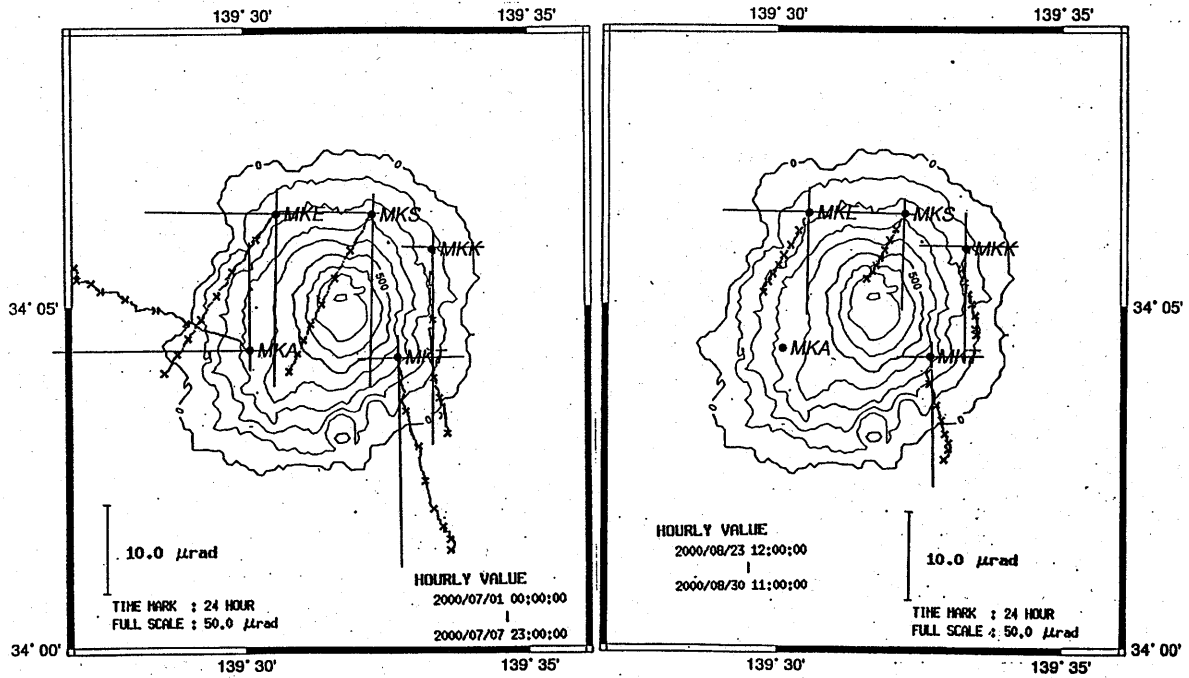


第8図 2000年8月2日15時に発生した傾斜ステップ時の傾斜変動時間変化 (a) と対応する傾斜ベクトル図 (b)。
 Fig. 8 Tilt changes (a) and tilt vectors of the tilt step observed at 15h on August 2, 2000.



第9図 茂木モデルを適用した傾斜変動源推定。(a)傾斜ステップ時の傾斜ベクトルと茂木モデルにより推定された圧力変動源から計算された傾斜ベクトル。(b)傾斜ステップの圧力変動源位置。(c)7月8日の傾斜ステップ発生前の山頂沈降現象の圧力変動源と傾斜変動ベクトルの観測値と計算値。(d)8月10日の噴火に伴った山頂沈降現象の圧力変動源と傾斜変動ベクトルの観測値と計算値。

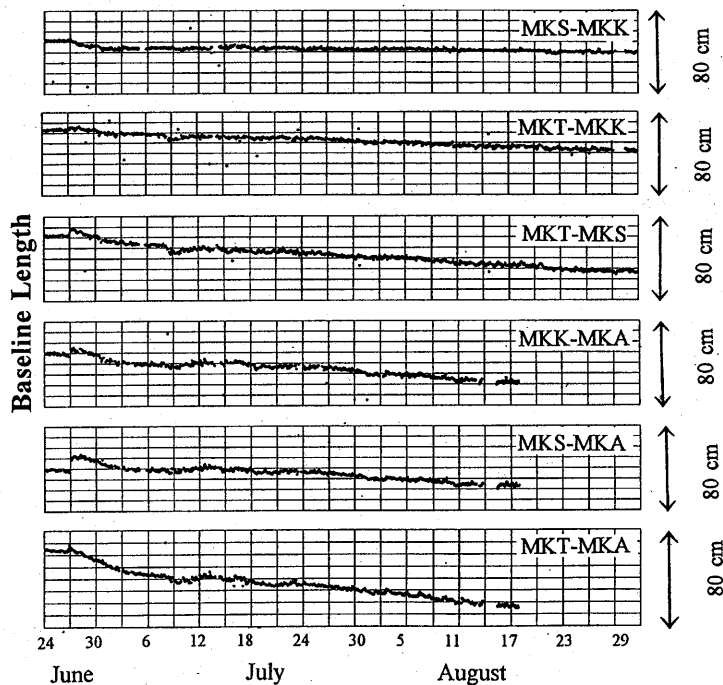
Fig. 9 (a) Comparison of observed tilt step vectors and those calculated by applying the Mogi type source. (b) Locations of the Mogi type sources for the tilt step events. (c) Locations of the Mogi type sources for the subsidence around the summit observed before the first tilt step on July 8. (d) Locations of the Mogi type sources for the tilt changes observed during the eruption on August 10.



第10図 1週間の傾斜変動ベクトルの時間変化

(左) 2000年7月1日～7月7日。(右) 2000年8月23日12時～8月30日11時。MKAは欠測中。

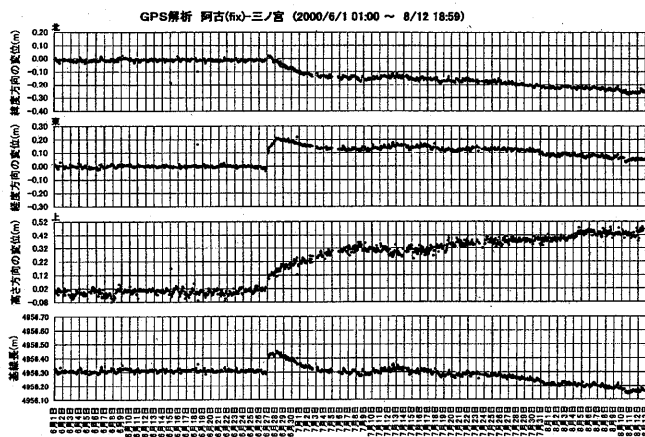
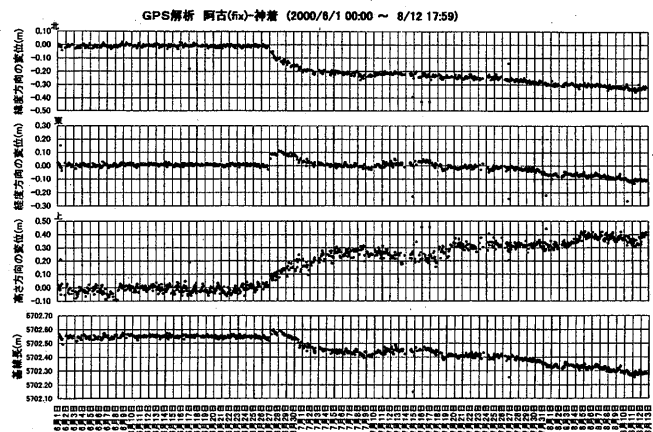
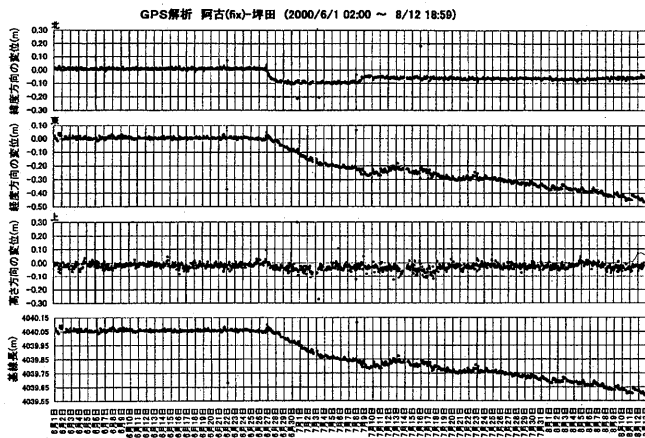
Fig.10 Diagram showing temporal changes of the tilt vectors for one week. (Left) Period from July 1 to July 7, 2000. (Right) Period from 12h of August 23 to 11h of August 30.



第11図 GPSで観測された4観測点間の基線長変化(2000年6月24日～8月29日)。

MKAは8月18日以降、欠測。

Fig.11 Temporal changes of the baseline length observed by the GPSs at the NIED observation network for the period from June 24 to August 29, 2000. Data acquisition of the MKA station stopped on August 18.

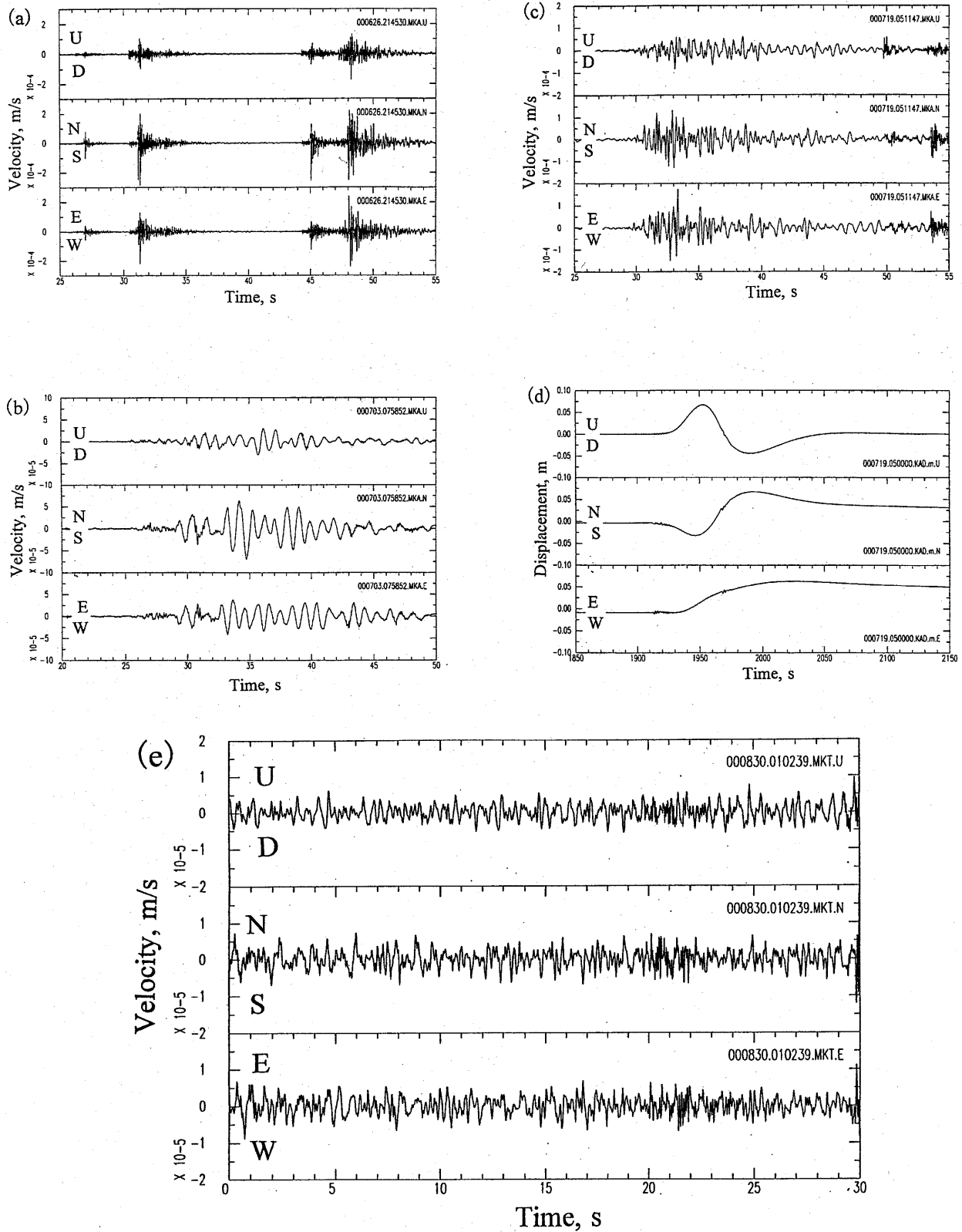


第12図 GPSで観測されたMKA (阿古) を基準とした位置の変化 (2000年6月1日~2000年8月13日)。

(a) MKA-MKT, (b) MKA-MKK, (c) MKA-MKS。

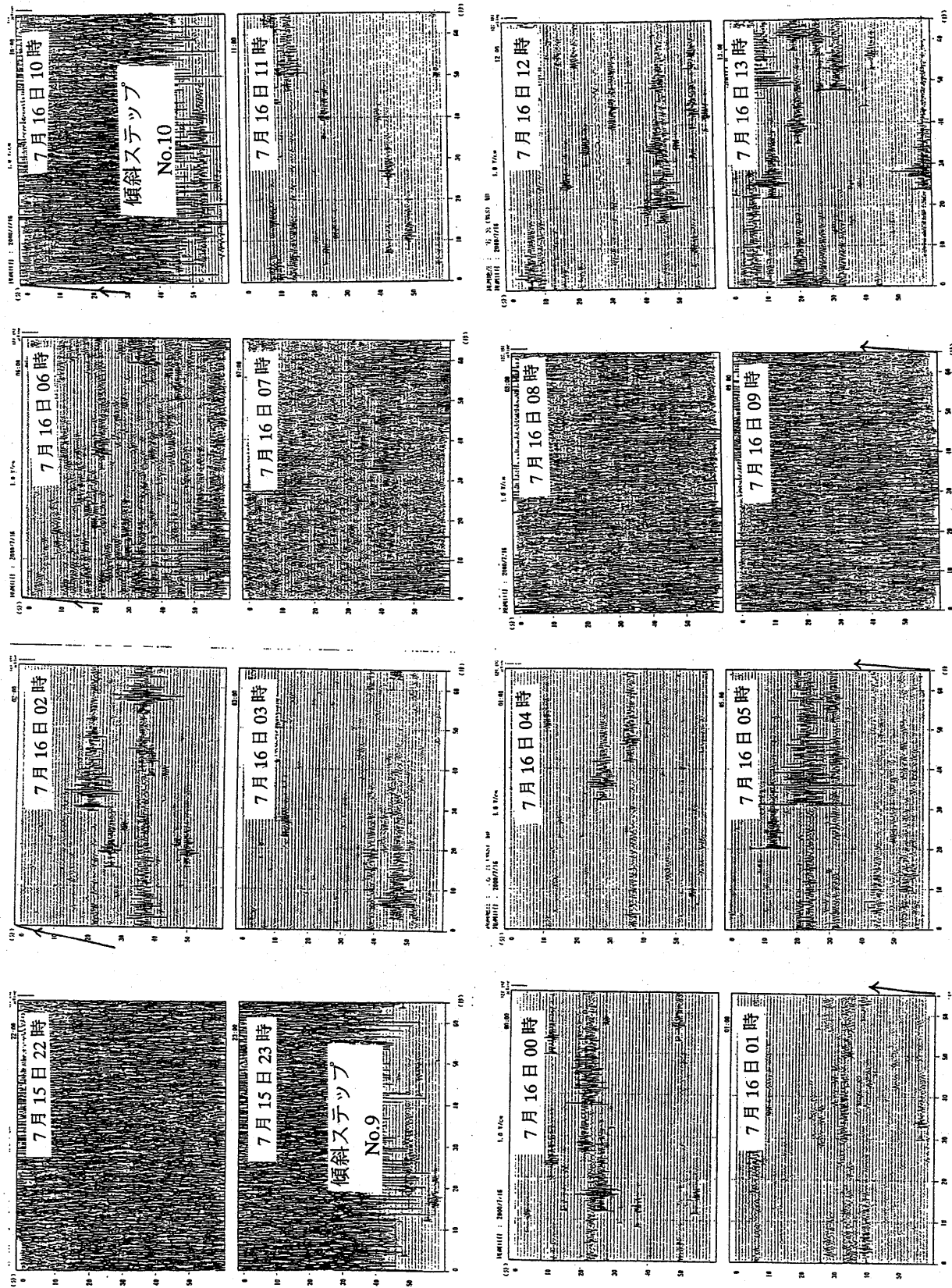
Fig.12 Temporal changes of the GPS sites by fixing MKA station.

(a)MKA-MKT,(b)MKA-MKK,(c)MKA-MKS.



第13図 各ステージで観測された典型的な地震の記象例。(a) 第1ステージでのVT地震。(b) 第2ステージでの低周波地震。(c) 第3ステージの低周波地震。(d) 第3ステージの傾斜ステップ時の長周期地震。(e) 第4ステージの連続微動

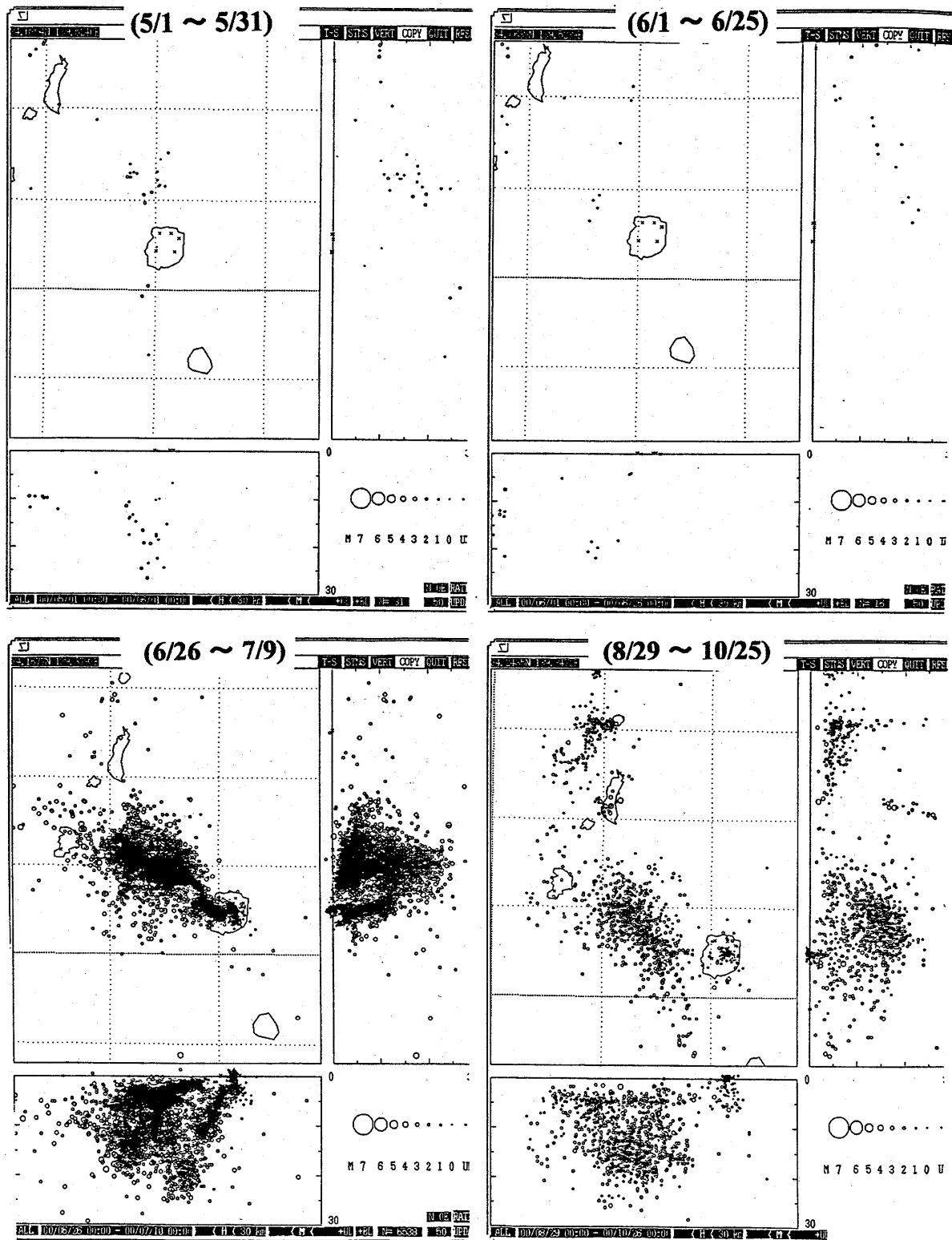
Fig.13 Examples of the typical seismic events observed at each stage. (a) VT event in the first stage, (b) low frequency event in the second stage, (c) low frequency event in the third stage, (d) long period event observed by STS-2 in the third stage and (e) continuous tremor in the fourth stage.



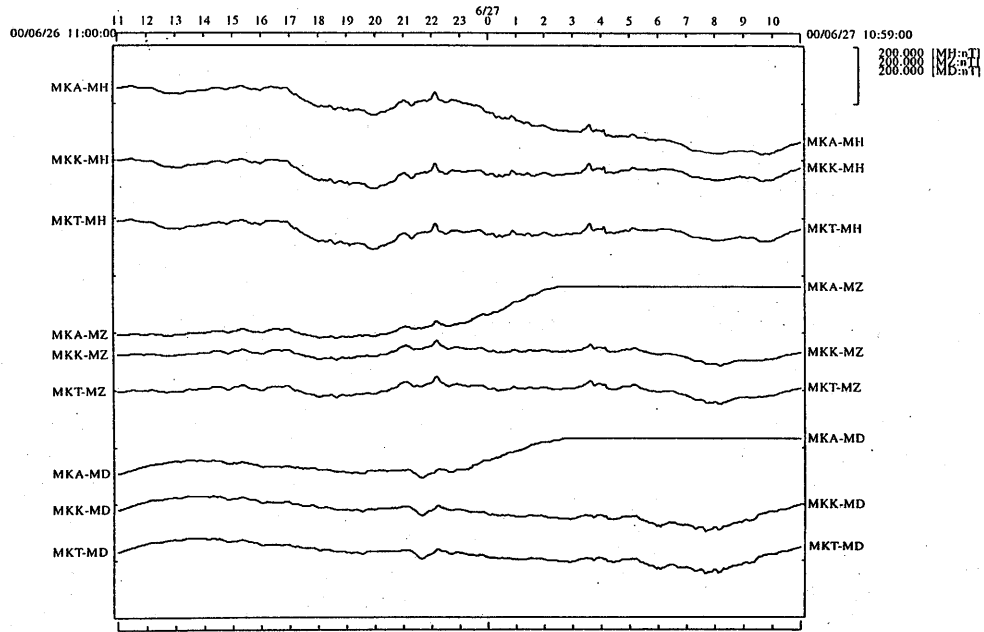
第14図 傾斜ステップ間の地震活動の様子 (MKS観測点の連続モニター記録)

Fig.14 Monitoring chart showing the temporal change of seismic activity between the two successive tilt steps.

三宅島の地震活動



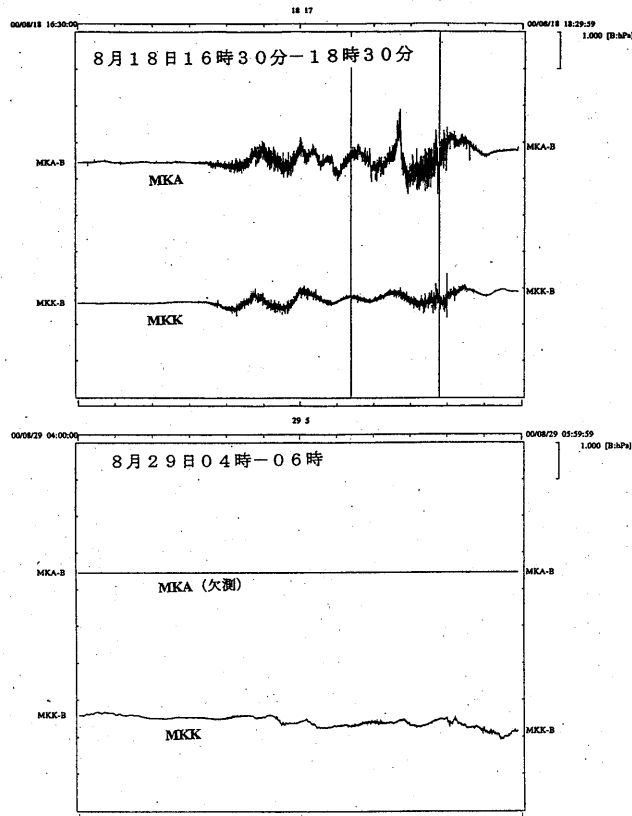
第15図 震源の時間変化
Fig.15 Temporal changes of the hypocenter distributions.



第16図 第1ステージに観測された地磁気変動

Fig.16 Geomagnetic changes observed at MKA, MKK and MKT for 11h on June 26 to 11h on June 27, 2000.

気圧変化の比較
2時間 秒値



第17図 噴火時の気圧計変化。(上) 2000年8月18日。(下) 8月29日。

Fig.17 Barometric changes observed during the eruptions. (Top) August 18, 2000. (Bottom) August 29.