

# 岩手火山の地震・地殻活動（1998年2月～1998年5月）\*

## Seismic Activity and Crustal Deformation at Iwate Volcano in the Period from February to May, 1998

東北大学大学院 理学研究科  
地震・噴火予知研究観測センター

Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions,  
Graduate School of Science, Tohoku University

前報<sup>1)</sup>で報告した岩手火山南西山腹下における地震活動は、3月中旬～5月にかけてさらに活発化するとともに、震源域が鬼ヶ城から姥倉山に至る東西約5kmの範囲に拡大した。また、2月中旬より傾斜・歪計の変化と山体西側を南北方向に横切るGPS基線長の伸張が始まった。

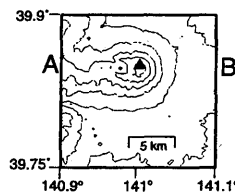
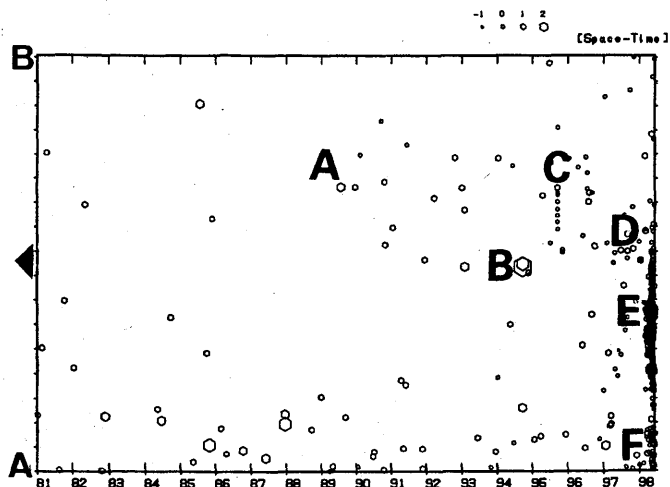
第1表に1998年1月～5月の岩手山における主な地震・地殻活動と関連事項を時間順に示す。第1図に1981年～1998年5月までの過去17年間にわたる地震活動の時空間分布を示す。今回報告するような活発な地震活動は1981年に岩手山観測点（IWT）を設置して観測を開始して以来初めてのことである。東北大学では今回の岩手山の活動に対応して、地震・傾斜・歪・GPS・重力・全磁力と多項目にわたる地球物理学的観測を実施している。第2図に観測項目ごとの観測点配置を示す。

第1表 1998年1月～5月の岩手山の主な地震・地殻活動と関連事項

Table 1. A chronological table for the activities of earthquakes and crustal deformation and related affairs.

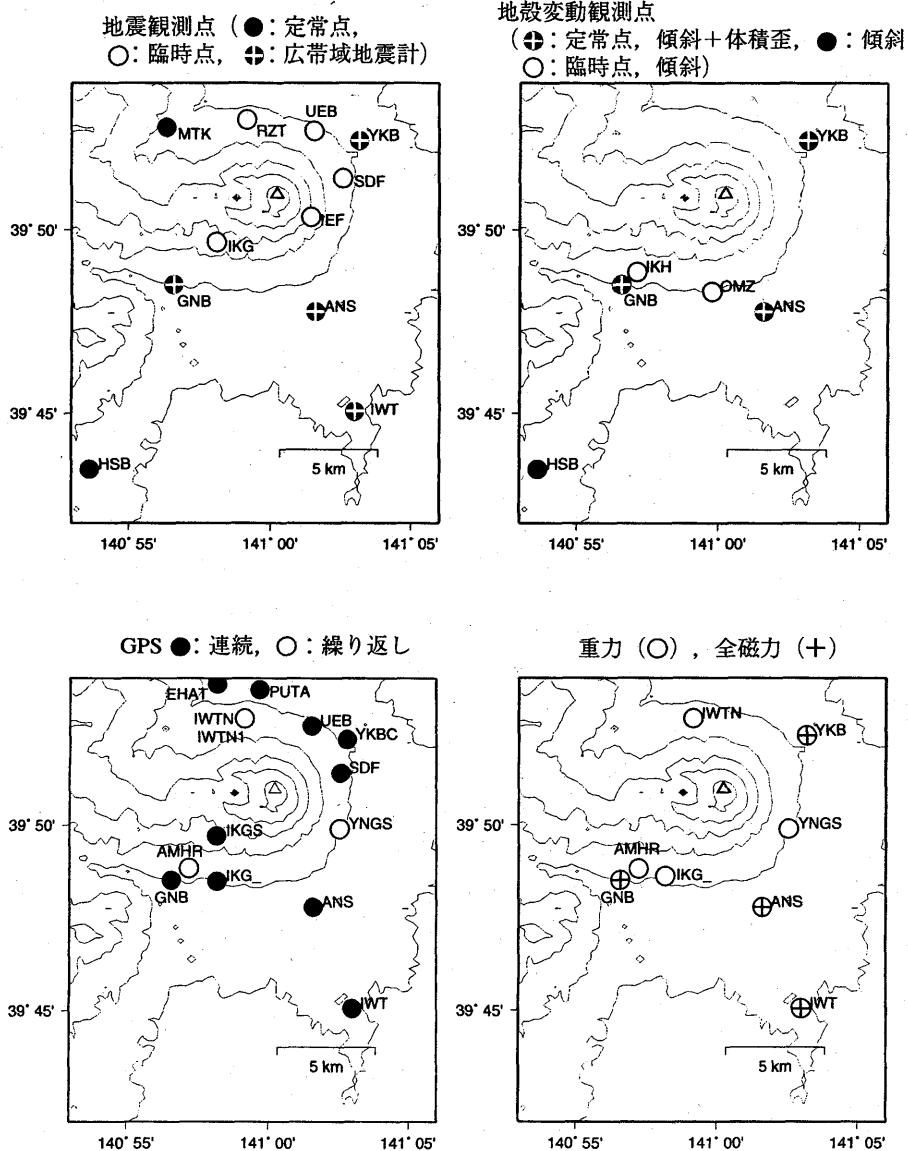
1月	西岩手山側で地震活動が始まる。
2月中旬	ANS, YKB, GNBの傾斜計, 体積歪計の変化が開始。 GPS基線長(IKG-PUTA)の伸張が始まる。
3月12日	GNB傾斜計と体積歪計の変動が急激に加速。
3月17日	(火山観測情報第1号)
3月19～20日	GNB傾斜計EW成分の変動が反転(西下り→西上り) 西岩手の地震活動が活発化(中・低周波地震が多く含まれる)
4月8～17日	継続時間のやや長い(2～5分)孤立型微動が多発
4月24日	岩手山直下のモホ面近傍の地震活発化
4月29日	顕著な群発地震活動(158個/2時間)発生。これ以降地震回数が増大。 最初の有感地震(震度Ⅲ, M2.7), (臨時火山情報第1号) 傾斜計及び体積歪計に顕著な地殻変動が認められる。
5月7日	最大の有感地震(震度Ⅲ, M3.5)
5月11日	有感地震(震度Ⅲ, M2.8)

\* Received 28, Aug., 1998



第1図 1981年1月～1998年5月に岩手山周辺に発生した地震活動(深さ20km以浅)の時空間分布, 東経140.9度(A)～141.1度(B)の緯線に投影, 三角は山頂の位置を示す。

Fig. 1 Space-Time plot of the earthquakes around Iwate volcano with depth less than 20 km in the period from January 1981 to May 1998. Points A and B on vertical-axis correspond to the longitudes of 140.9° E and 141.1° E, respectively.



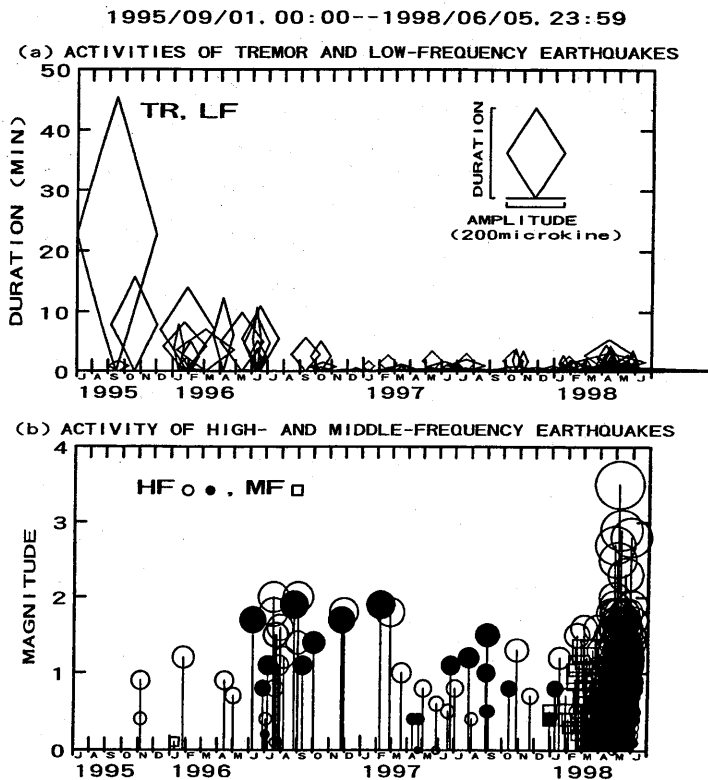
第2図 岩手山周辺における観測項目ごとの観測点配置

Fig. 2 Maps showing the distributions of stations for various geophysical observations operated by Tohoku University.

ここで、最近3年間にわたる岩手山の火山性微動と地震の活動を第3図にまとめる。1995年9月に観測以来初めて岩手山に火山性微動が観測された<sup>2)</sup>。この火山性微動は、多くの低周波地震から構成されており、その震源域は岩手山東山腹の直下深さ約8kmと推定されている<sup>2)</sup>。その後火山性微動の継続時間・最大振幅は次第に減少し、その活動と入れ替わるかのように1996年6月ごろから山頂直下の浅部に地震活動が見られるようになった。山頂直下に発生する地震のマグニチュードは減少傾向にあったが、1998年2月から岩手山西側を震源域とする地震活動が顕著になった。第4図に1995年9月～1996年5月、1996年6月～1997年12月28日、1997年12月29日～1998年5月31日の震源分布を示す。1995年9月～1997年12月28日までは岩手山東山腹の直下における低周波地震、1996年6月～1997年12月28日までは山頂直下の高周波地震の活動が顕著であった。1997年12月29日～1998年5月は西岩手山の鬼ヶ城から姥倉山に至る東西約5kmの範囲に震源が分布している。

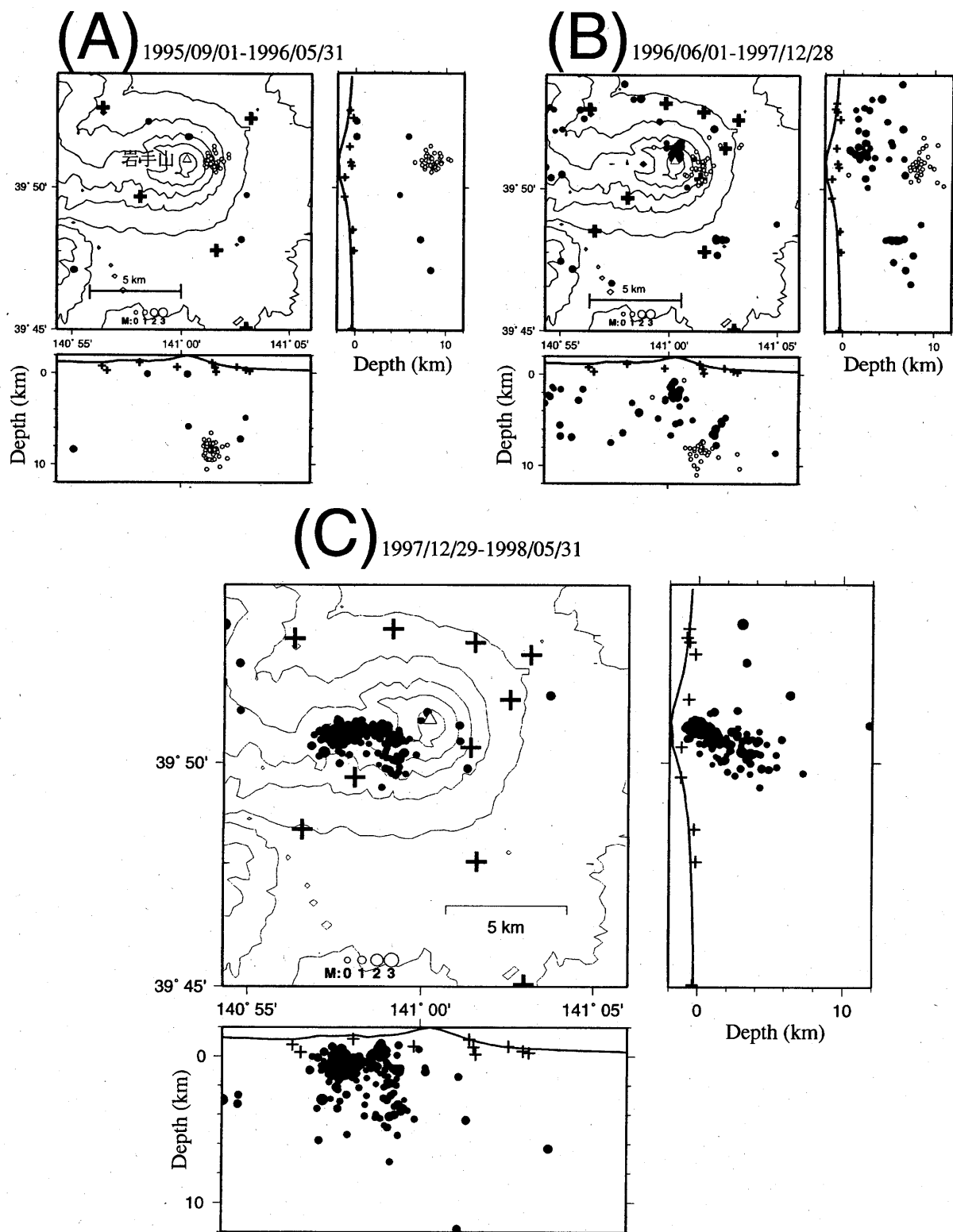
1998年3月以降の火山性微動と地震の活動を第5図にまとめる。火山性微動は1995年9月～1996年6月のころに比べると最大振幅は大差ないが、継続時間は短いものが多い。地震活動は3月20日前後に地震が群発したがマグニチュードは大きいもので1クラスである。4月29日に最初の有感地震(震度2)が発生して以来、地震の発生頻度が急増し、マグニチュードが2を超える地震も目立つようになった。第6図に示すように地震の積算数度の時間変化も4月29日の有感地震発生を境に勾配が急になった。最近5カ月間の月別震源分布を第7図に示す。3月を際に震源域が西に拡大する様子が明らかになるとともに、地震数も月ごとに増えている。第8図に松川観測点(MTK)で記録された代表的な地震の波形例を示す。地震波の卓越周波数は大きく分けて3種類存在し、それぞれ1Hzの場合を低周波地震、5Hzのとき中周波地震、10Hzのときを高周波地震と区別した。3月上旬までは中周波地震、3月20日前後は低周波地震、それ以降は高周波地震が多く観測される。また、震源が近接しているときの波形の相似性が高い。第9図に4月29日以降に発生したマグニチュードが2を超える地震のメカニズム解を示す。すべて横ずれ断層型の地震である。

岩手山のごく近傍の浅部地震活動だけでなく、さらに広い範囲の地震活動に注目して、岩手山と葛根田地熱地帯の浅発地震、岩手山周辺のもの面近傍で発生した低周波地震について1997年12月～1998年5月の積算地震数の時間変化を第10図に示す。もの面近傍の低周波地震の積算数は、岩手山や葛根田の地震の積算数が増え始める約1週間前から急激に増加している。このことは、浅部と深部の地震活動になんらかの因果関係があることを示唆する。



第3図 1995年9月～1998年6月5日に岩手山で発生した(a)火山性微動・低周波地震の継続時間と最大振幅の時間変化、(b)地震のM-T図、黒丸は山頂域の高周波地震、白丸は山麓の高周波地震、白四角は中周波地震。

Fig. 3 (a) Temporal variation of the duration times and maximum amplitudes of volcanic tremor observed at Iwate volcano in the period from September 1995 to June 5, 1998. (b) M-T diagram for high- and middle-frequency earthquakes in the same period as the above, Solid circles represent high-frequency earthquakes located at shallow depths just beneath the summit of the volcano. Open circles are high-frequency earthquakes located beneath the flank of the volcano, open squares are middle-frequency earthquakes.

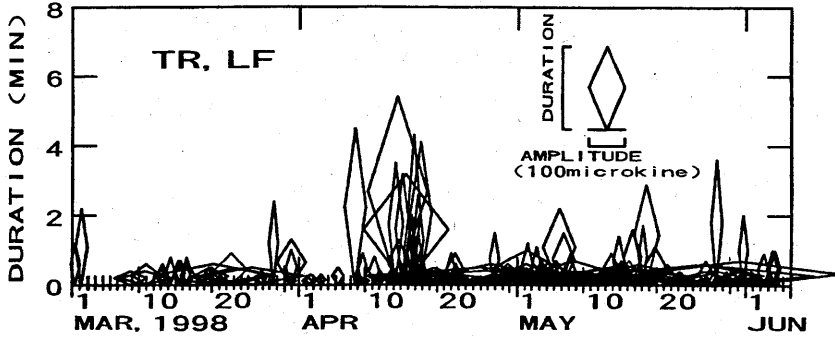


第4図 岩手火山における震源分布。(A) 1995年9月1日～1996年5月31日。(B) 1996年6月1日～1997年12月28日、ただし、黒丸は高周波地震、白丸は低周波地震。(C) 1997年12月29日～1998年5月31日、ただし、高周波・低周波地震ともに黒丸。

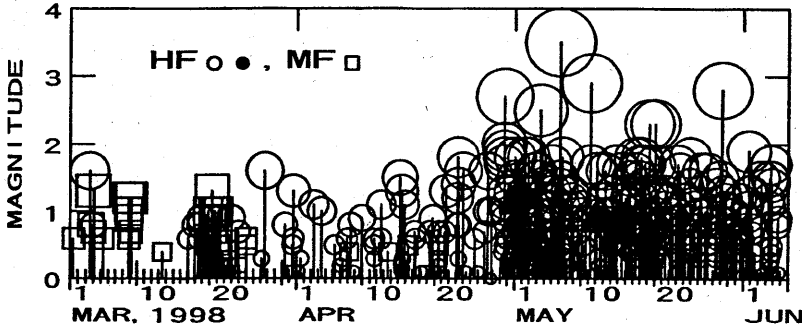
Fig. 4 Hypocenter distribution in and around Iwate volcano in the periods (A) September 1995 to May 1996, (B) June 1996 to December 28, 1997, and (C) December 29, 1997 to May 1998. In the figures (A) and (B), solid circles are high-frequency earthquakes and open circles are low-frequency ones. In (C), solid circles are high- and low-frequency earthquakes.

1998/03/01. 00:00--1998/06/05. 23:59

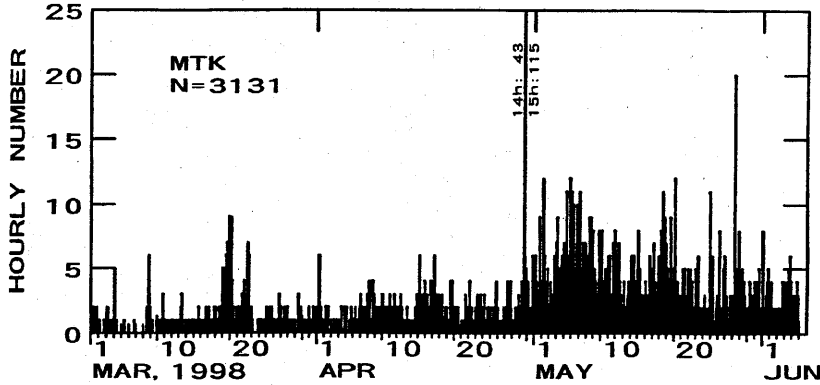
(a) ACTIVITIES OF TREMOR AND LOW-FREQUENCY EARTHQUAKES



(b) ACTIVITY OF HIGH- AND MIDDLE-FREQUENCY EARTHQUAKES

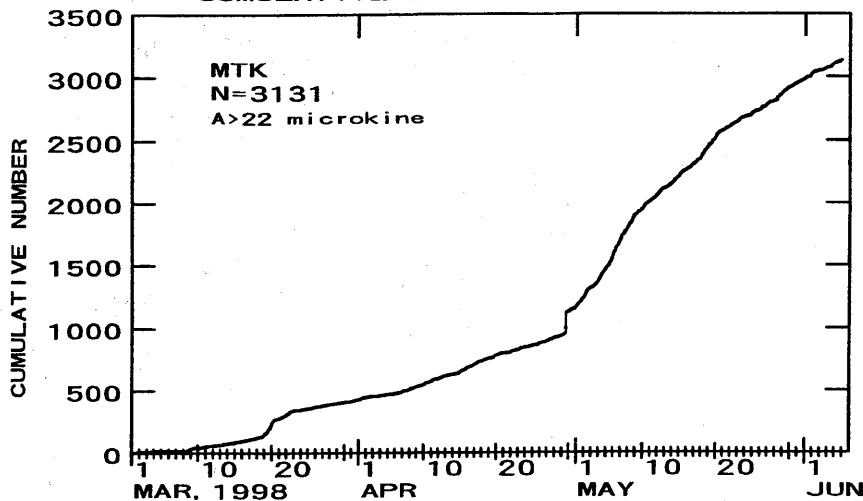


(c) HOURLY NUMBER OF EVENTS



1998/03/00. 00:00--1998/06/05. 23:59

CUMULATIVE NUMBER OF EVENTS

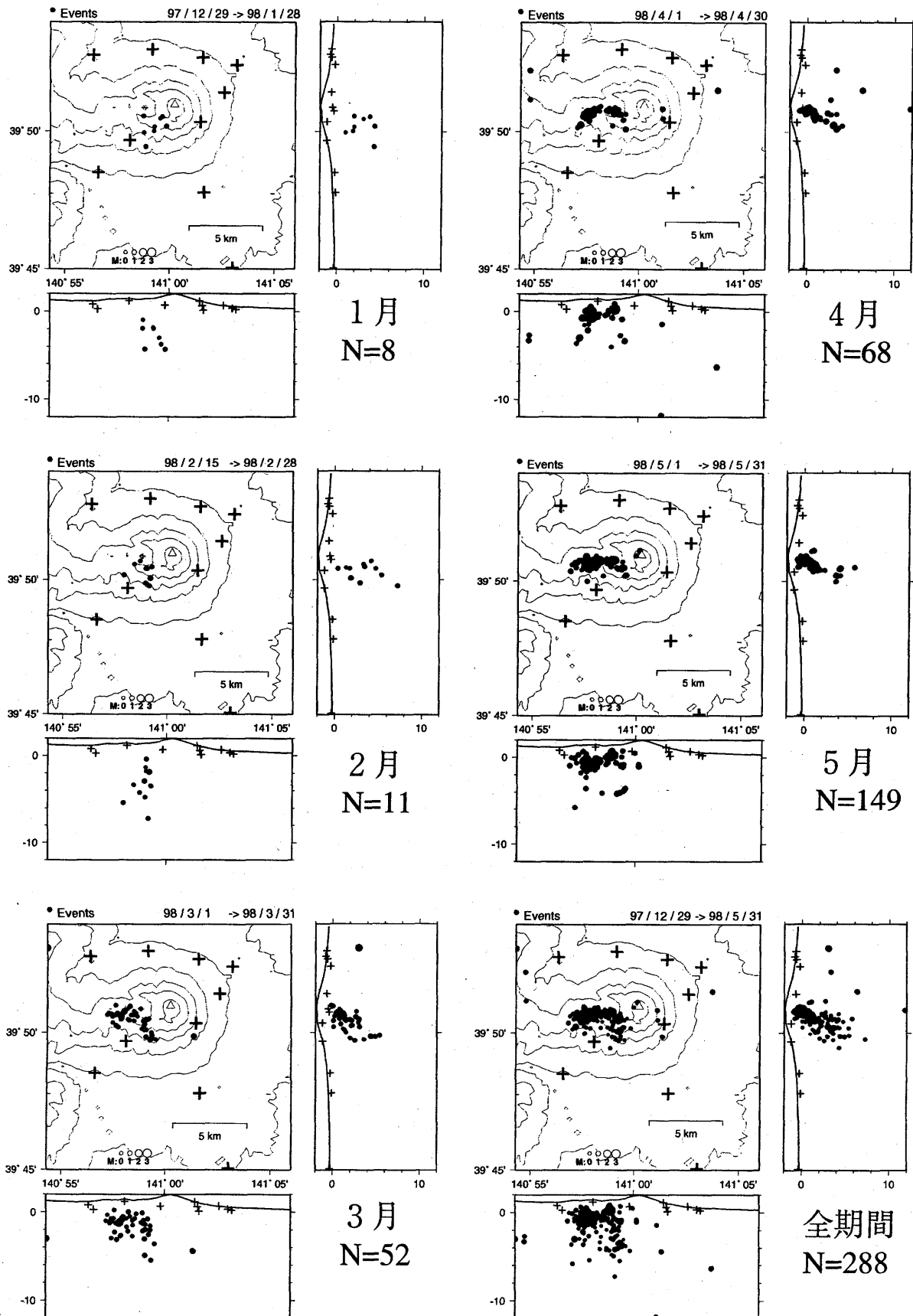


第5図 1998年3月1日～6月5日に岩手山で発生した、(a) 火山性微動・低周波地震の継続時間と最大振幅の時間変化、(b) 地震のM-T図。白丸は高周波地震、白四角は中周波地震。(c) 松川観測点(MTK)で観測された岩手山付近の1時間ごとの地震数の変化。

Fig. 5 (a) Temporal variation of the duration times and maximum amplitudes of volcanic tremor observed at Iwate volcano in the period from March 1 to June 5, 1998. (b) M-T diagram for high- and middle-frequency earthquakes in the same period as the above. Open circles are high-frequency earthquakes, open squares are middle-frequency earthquakes. (c) Hourly number of the earthquakes in and around Iwate volcano observed at MTK station.

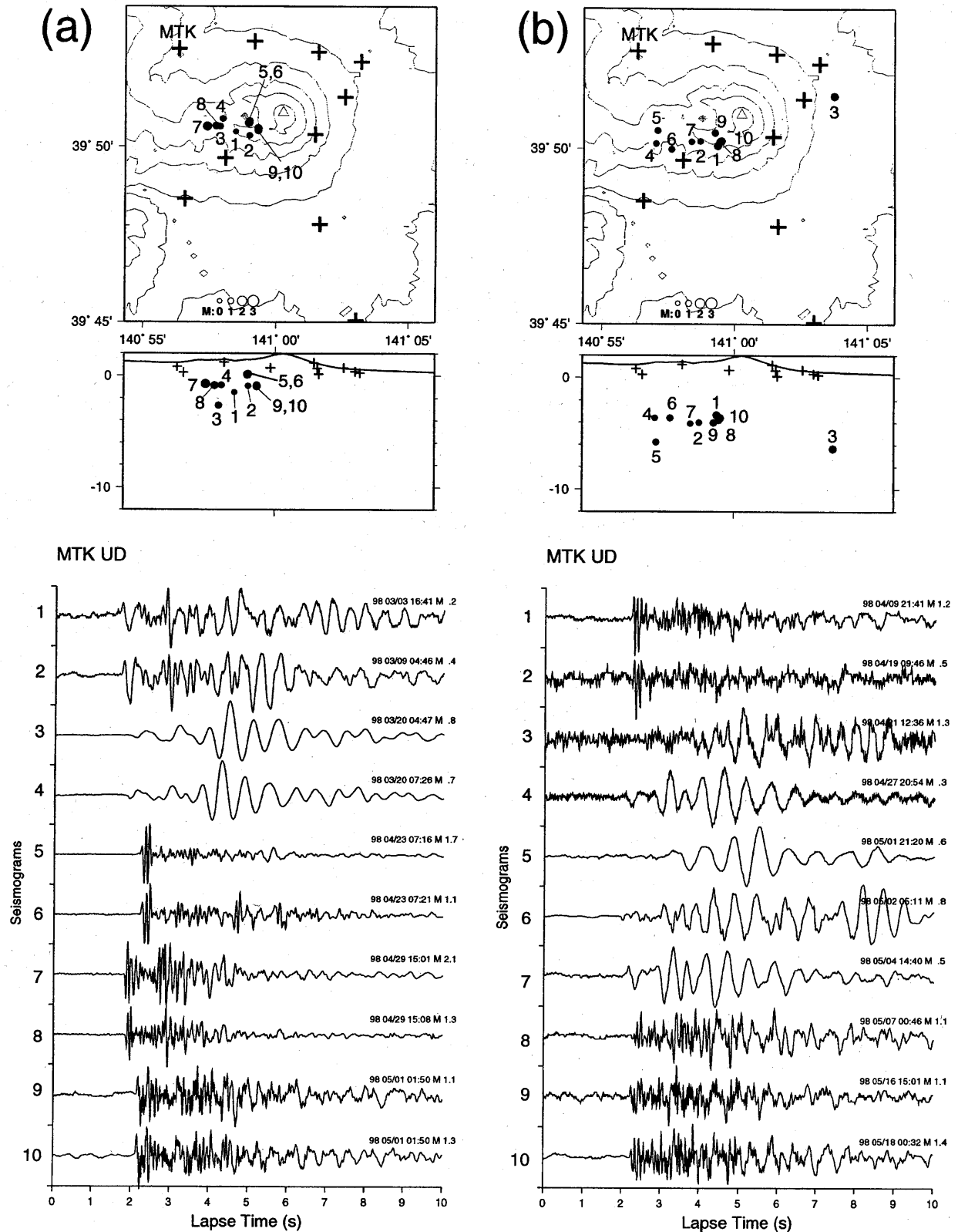
第6図 1998年3月1日～6月5日に松川観測点(MTK)で観測された岩手山付近の地震の積算度数の時間変化。

Fig. 6 Cumulative number of the earthquakes in and around Iwate volcano in the period from March 1 to June 5, 1998.



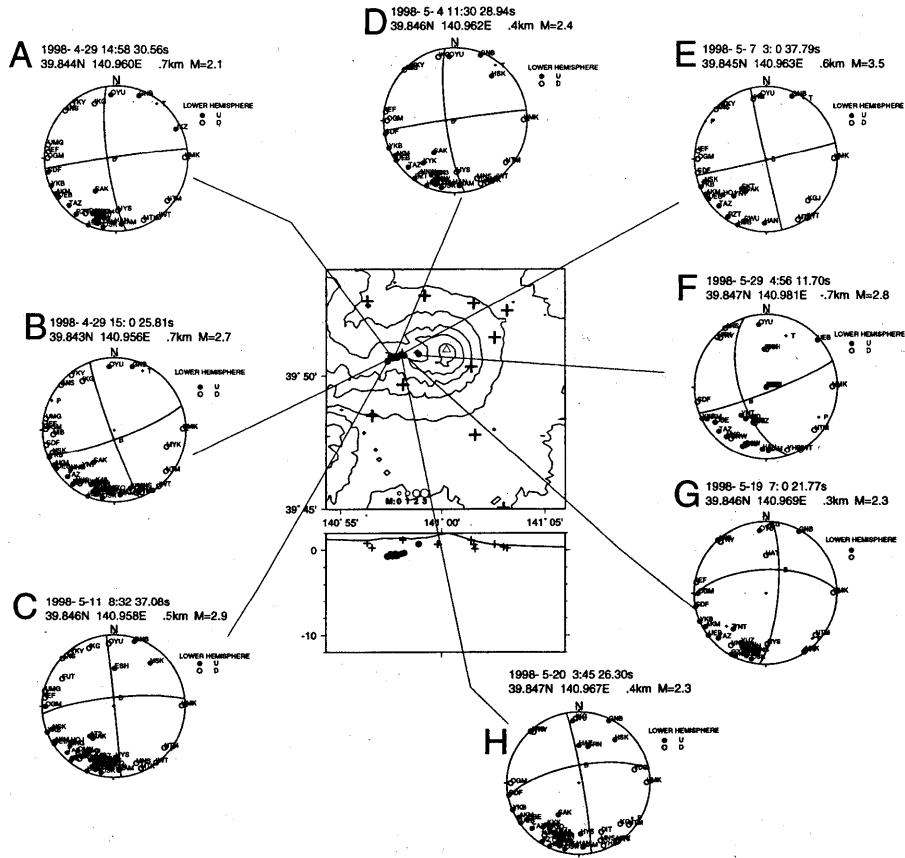
第7図 1998年1月～1998年5月の月別震源分布。

Fig. 7 Hypocenter distributions for each month in the period from January to May 1998.

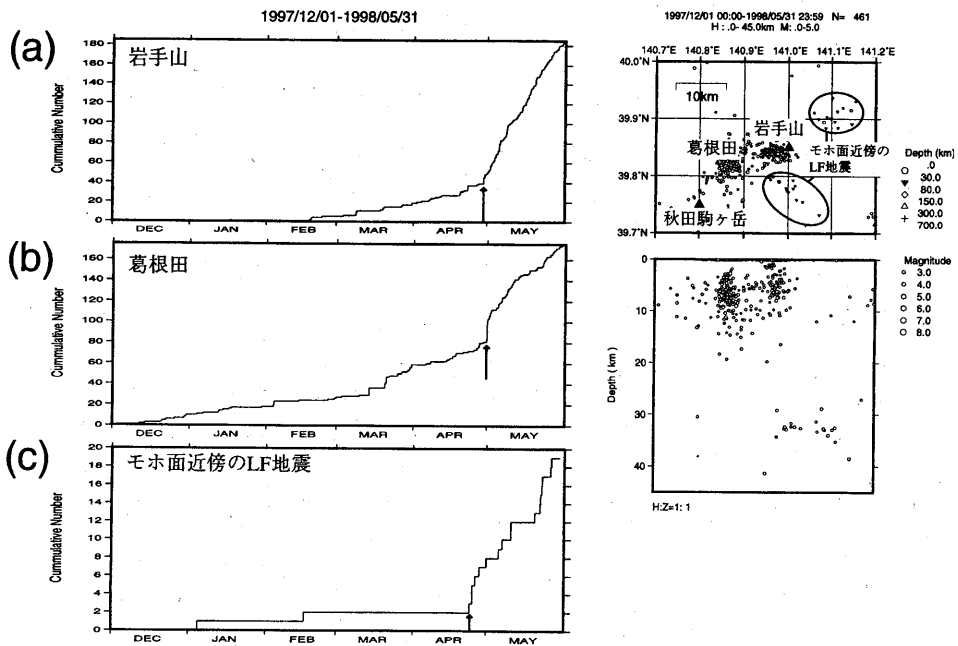


第8図 松川観測点 (MTK) 上下動地震記録による地震波形例。震源分布図の地震の番号は地震波形の番号と対応。  
 (a) 深さが3 kmより浅い地震の波形例。(b) 深さが3 kmより深い地震の波形例。

Fig. 8 Examples of seismograms observed at MTK. Index numbers of the seismograms correspond to the event numbers in hypocenter distribution. (a) Seismograms for the earthquakes with depths less than 3 km, (b) those for the events with depths greater than 3 km.



第9図 マグニチュードが2を超える地震のメカニズム解 (下半球投影)。  
 Fig. 9 Focal mechanism solutions for the events with magnitude greater than 2 (equal area projection on a lower-hemisphere).



第10図 自動処理による1997年12月~1998年5月の岩手山とその周辺の地震の積算度数の時間変化。(a) 岩手山近傍, (b) 葛根田近傍の浅発地震, (c) モホ面近傍の低周波地震。矢印は地震数が急増した時期を示す。  
 Fig. 10 Cumulative numbers of shallow earthquakes (a) near Iwate volcano, (b) around Kakkonda geothermal region, and (c) low-frequency earthquakes near the Moho discontinuity in the period from December 1997 to May 1998. All hypocenters are determined by auto processing system.



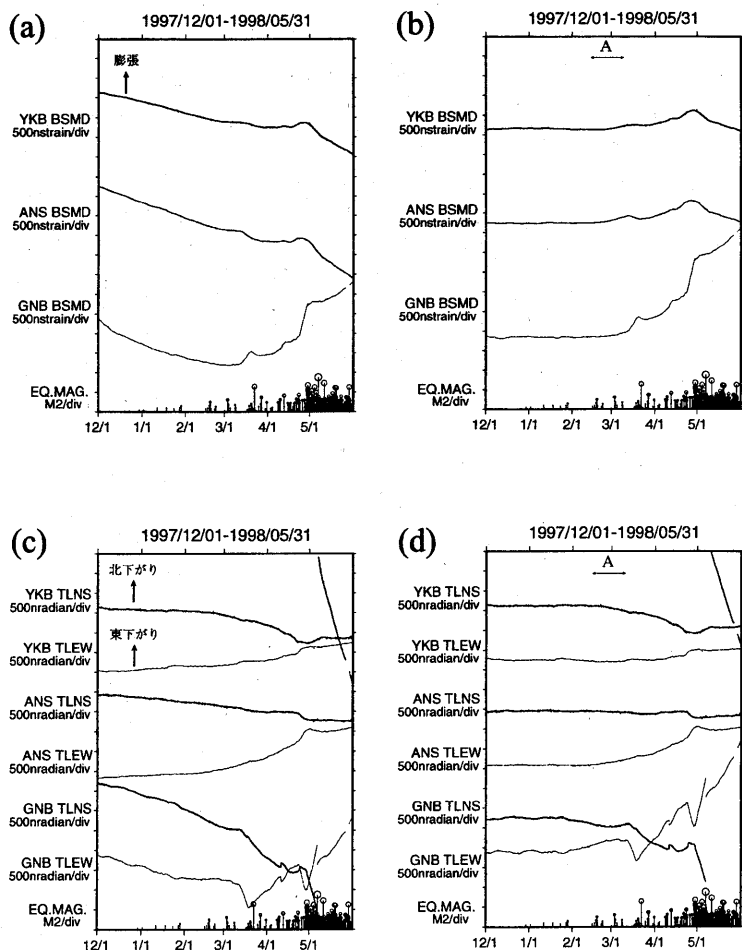
次に地殻変動について述べる。第11図は1997年12月～1998年5月の焼走 (YKB), 相ノ沢 (ANS), 玄武洞 (GNB) の各観測点における地殻変動連続観測記録と岩手山周辺に発生した地震のマグニチュードの時間変化である。地震活動の活発化に伴って、3カ所の観測点で傾斜・体積歪変化が生じている。変化の初期に対応する図中のAの範囲で示す1998年2月14日～3月11日における傾斜・歪変化は、第12図に示すように、ほぼ東西の走向 (N 100° E) と傾斜角90° を持ち、岩手山の山頂から黒倉山 (中心の緯度39° 85′ N, 経度140° 99′ E, 横幅2.5km) の直下、深さ10～16kmの範囲に存在する開口量5 cmの開口割れ目モデルで説明することができる。また、第13図に示すような小規模な群発地震に伴って、1時間程度の時定数の傾斜・歪変化が観測された。

第14図にGPS観測による1998年2月16日～5月31日の水平地殻変動を示す。基準点は秋田地震観測所にとった。山の北側では北～北東方へ、南側では南東～南西方向の2 cm前後の変動が認められる。これに対して、山頂から東側の変動は小さい。また、第15図に示す1997年11月～1998年5月のGPS繰り返し測量の結果においても、山頂付近を通る南北方向の基線で大きな伸張が確認される。第16図は岩手山周辺のGPS観測点の基線ベクトルの各成分 (南北, 東西, 上下動, 基線長) の時間変化を示す。第14, 15図に示す変化は1998年2月中旬から始まり、6月上旬でも継続中であることがわかる。

第17図に岩手山周辺における全磁力夜間平均値と観測点ごとの相互差の時間変化を示す。全磁力には有意な変化は見られない。

1998年5月に精密重力測定の実施した。その結果を第2表に示す。前回の1997年11月と比較し、南北双方の山麓で20  $\mu$  gal 前後の重力現象が観測された。しかし、この期間では全点で重力値の減少が観測されており、基準点での重力変化の可能性もある。今後のデータの蓄積を待って、再検討する必要がある。

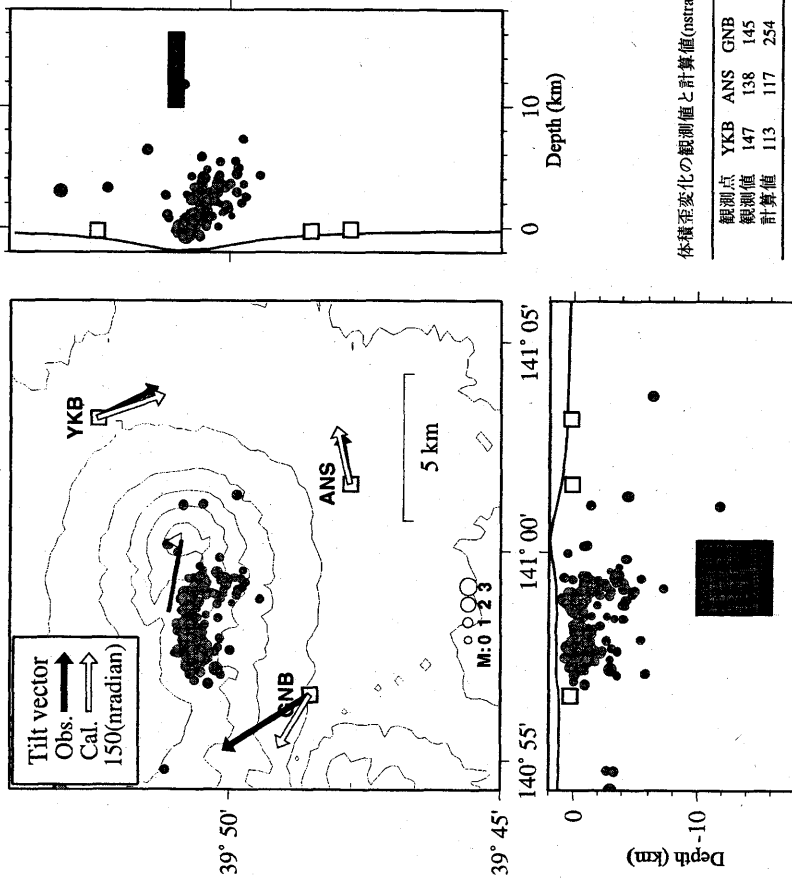
以上に述べたように、1998年3月以降、西岩手山における地震活動、地殻活動は以前に比べて非常に活発な状況で推移している。



第11図 1997年12月～1998年5月の焼走 (YKB), 相ノ沢 (ANS), 玄武洞 (GNB) 観測点における地殻変動連続観測記録 (潮汐・気圧補正済み) と岩手山周辺に発生した地震のM-T図。(a) 体積歪変化 (BSMD), (b) トレンド除去後の体積歪変化。(c) 傾斜変化 (TLNS: 傾斜 NS 成分, TLEW: 傾斜 EW 成分), (d) トレンド除去後の傾斜変化。

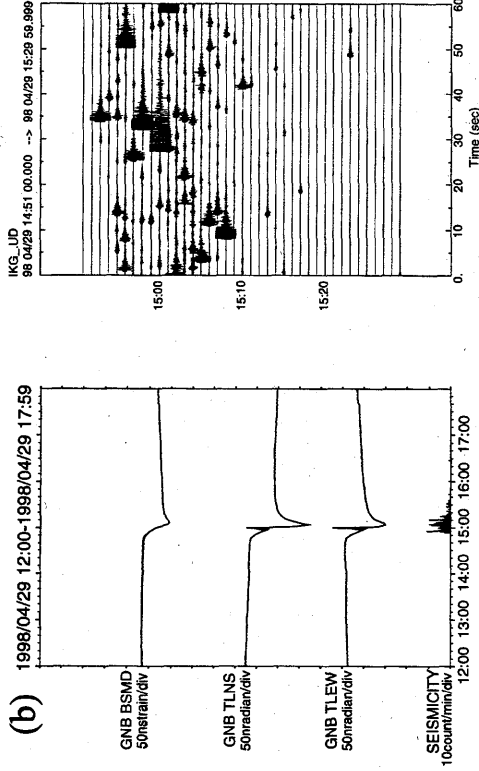
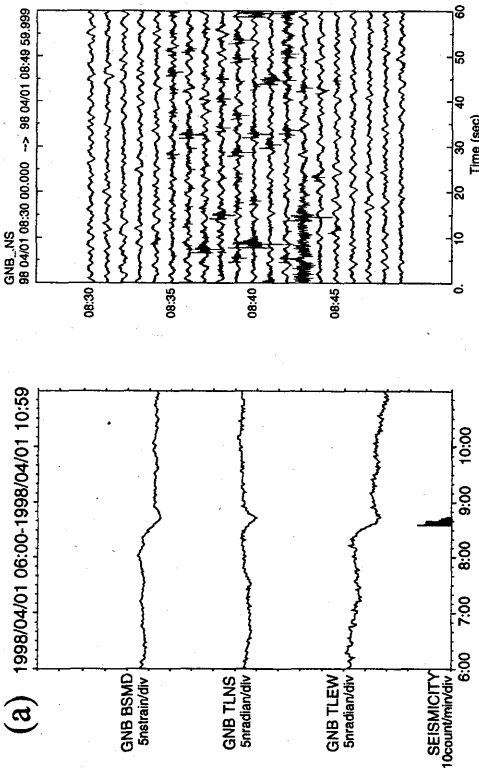
Fig. 11 Temporal changes of volumetric strain and tilt at stations YKB, ANS and GNB in the period from December 1997 to May 1998. (a) Variations of volumetric strain (BSMD), (b) strains after trends were removed, (c) Variations of tilt (TLNS: NS component of tilt, TLEW: EW), (d) tilts after trends were removed.

(period A: 1998/02/14-1998/03/11)



第12図 1998年2月14日～3月11日(第11図の期間A)に観測された歪、傾斜変化を説明する開口割れ目モデル。太線は地表に投影した開口割れ目、灰色の四角は東西・南北断面に投影した開口割れ目、白四角は観測点、矢印は傾斜ベクトル(黒:観測値,白:計算値,スケールは図中に示す)。灰色の丸は1997年12月29日～1998年5月31日に発生した地震の震源、三角は山頂。

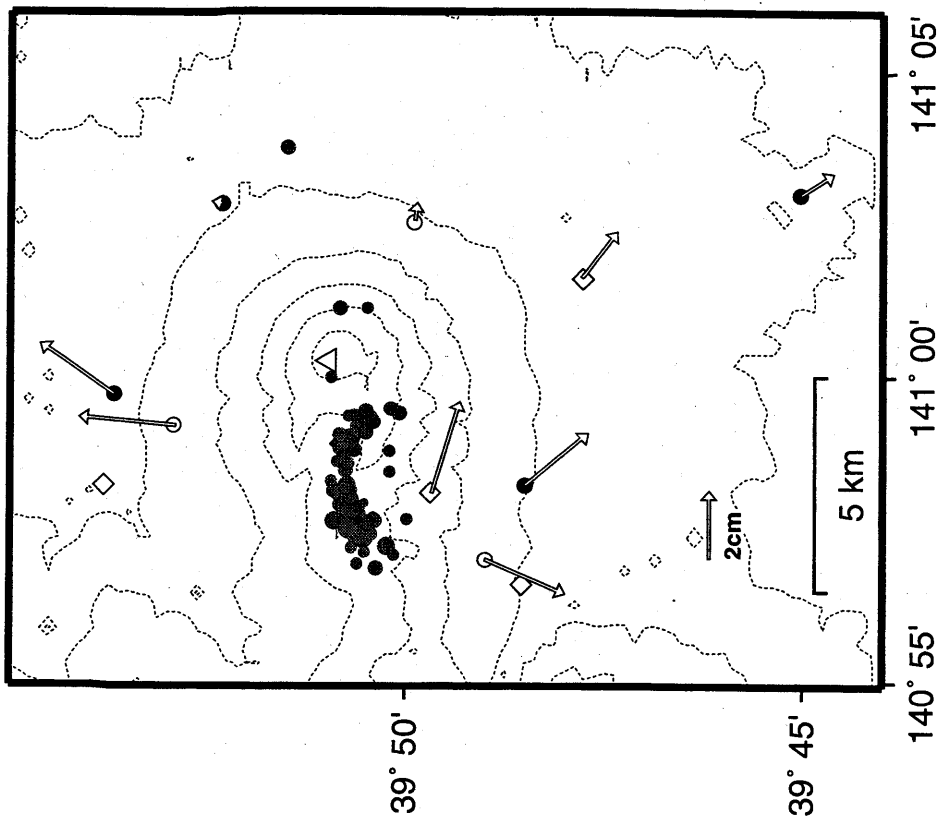
Fig. 12 Our open crack model satisfying observed changes of strains and tilts between February 14 and March 11, 1998. Thick line is the open crack projected on the ground surface, gray squares are those projected on the NS-and EW-cross sections. Open squares are stations. Solid and circles are hypocenters in the period from December 29, 1997 to May 1998.



第13図 群発地震に伴い玄武洞 (GNB) で観測された地殻変動。(a) 1998年4月1日の歪・傾斜記録・1分ごとの地震数(左)とGNBの南北動地震記録(右)。(b) 1998年4月29日の歪・傾斜・1分ごとの地震数(左)岩手高原 (IKG) の上下動地震記録。

Fig. 13 Temporal changes of strain and tilt at GNB stations and number of earthquakes for every minute (left) accompanying with earthquake swarm (right). (a) April 1, 1998. Seismogram of NS component at GNB, (b) April 29, 1998. Seismogram of UD component at IKG.

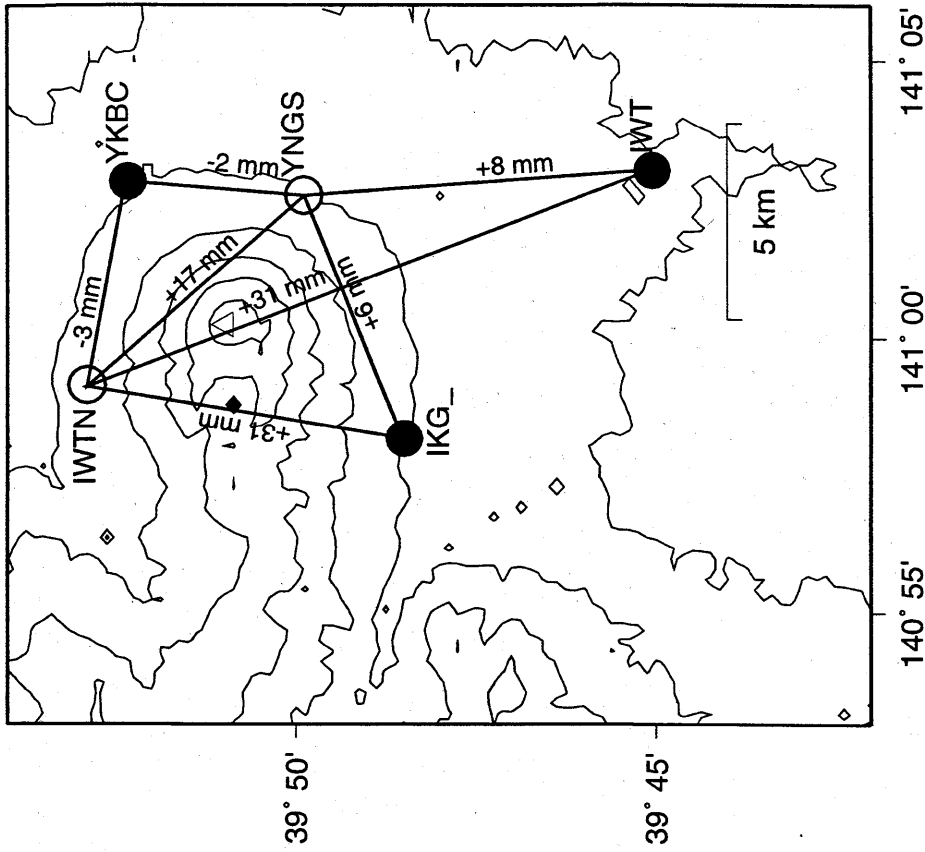
1998年2月16日～5月31日



第14図 岩手山周辺のGPS観測網によってとえられた水平地殻変動(1998年2月16日～5月31日)。基準点は東北大学の秋田地震観測所(AKT)。灰色の丸は1998年3月17日～5月14日に発生した地震の震央。

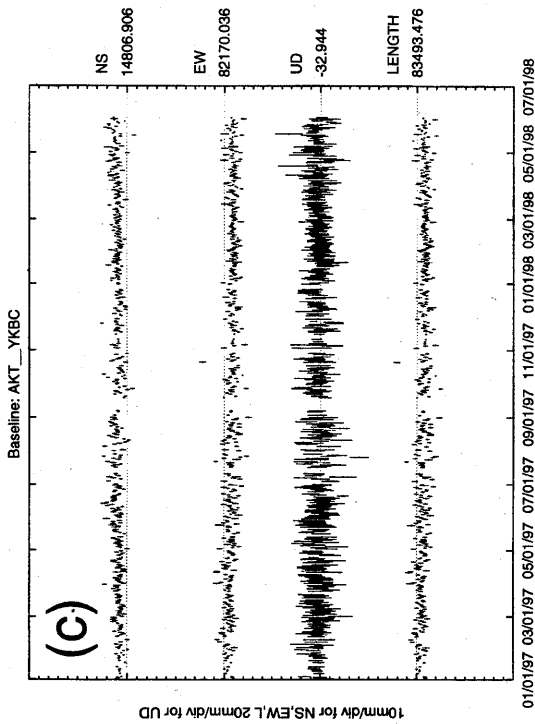
Fig. 14 Horizontal displacements observed by GPS network around Iwate volcano in the period from February 16 to May, 1998. The reference point is AKT station. Gray circles are epicenters of earthquakes in the period from March 17 to May 14, 1998.

GPS: 1997.11-1998.5

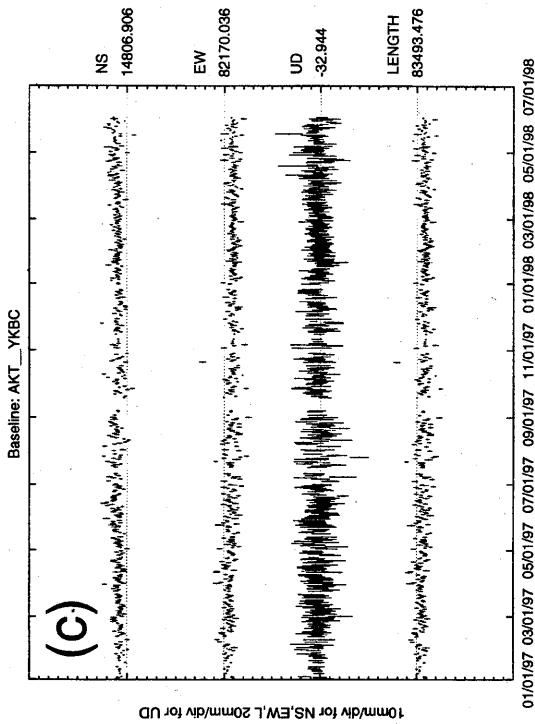


第15図 1997年11月と1998年5月のGPS繰り返し測量から求められた基線長変化。白丸は繰り返し観測点, 黒丸は連続観測点。

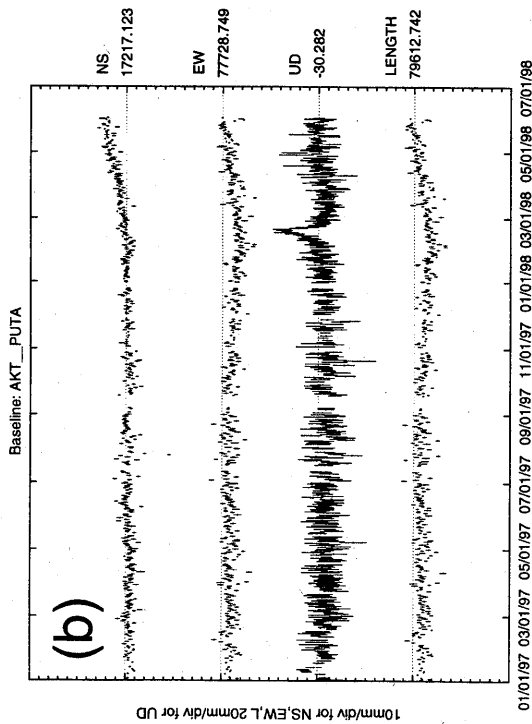
Fig. 15 Changes in baseline length between November 1997 and May 1998. Open circles are temporary stations. Solid circles are routine stations.



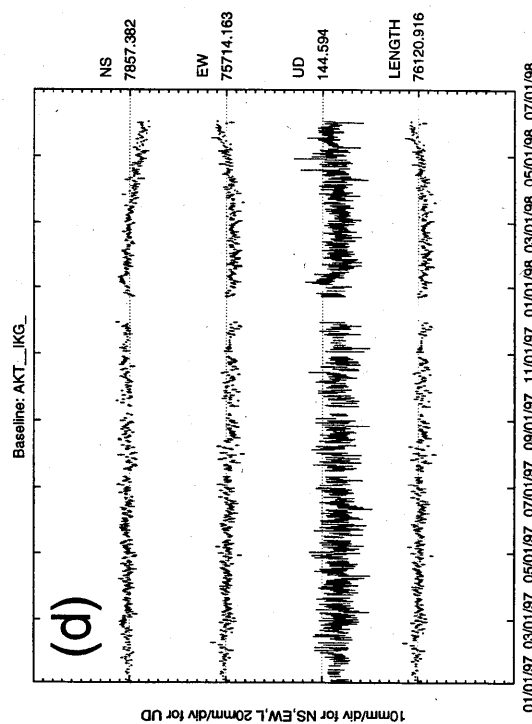
01/01/97 03/01/97 05/01/97 07/01/97 09/01/97 11/01/97 01/01/98 03/01/98 05/01/98 07/01/98



01/01/97 03/01/97 05/01/97 07/01/97 09/01/97 11/01/97 01/01/98 03/01/98 05/01/98 07/01/98



01/01/97 03/01/97 05/01/97 07/01/97 09/01/97 11/01/97 01/01/98 03/01/98 05/01/98 07/01/98

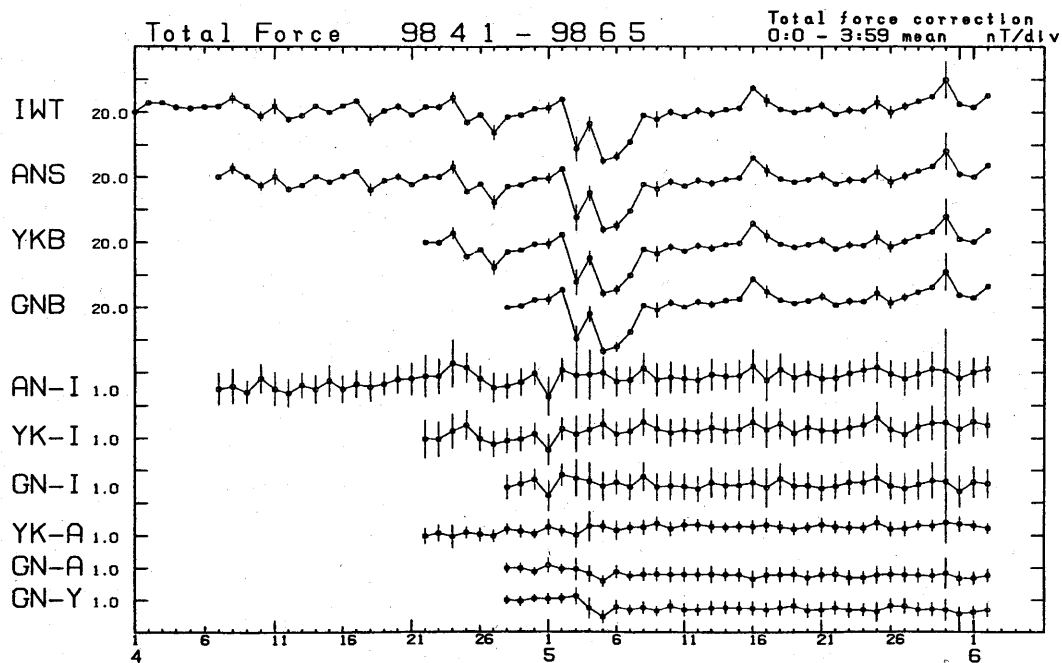


01/01/97 03/01/97 05/01/97 07/01/97 09/01/97 11/01/97 01/01/98 03/01/98 05/01/98 07/01/98

第16図 岩手山周辺のGPS観測点間の基線ベクトル各成分の時系列 (1997年1月1日～1998年6月2日) 上から、南西、東西、上下成分および基線長の変化を示す。

(a) 岩手高原 (IKG) - プータロ村 (PUTA) 基線。 (b) 秋田 (AKT) - プータロ村 (PUTA), (c) 秋田 (AKT) - 焼走 (YKBC), (d) 秋田 (AKT) - 岩手高原 (IKG)。

Fig. 16 Temporal changes of baseline vectors between GPS stations around Iwate volcano in the period from January 1, 1997 to June 2, 1998. (a) IKG-PUTA, (b) AKT-PUTA, (c) AKT-YKBC, (d) AKT-IKG.



第17図 岩手山 (IWT), 相ノ沢 (ANS), 焼走 (YKB), 玄武洞 (GNB) における全磁力夜間平均値 (0時~3時) と相互差 (AN-I: 相ノ沢-岩手山, YK-I: 焼走-岩手山, GN-I: 玄武洞-岩手山, GN-A: 玄武洞-相ノ沢, YK-A: 焼走-相ノ沢, GN-Y: 玄武洞-焼走) の変化 (1998年4月1日~6月2日), 全磁力値を用いて外部擾乱の影響を補正した。

Fig. 17 Temporal variation of geomagnetic total forces observed at IWT, ANS, YKB, GNB and the differences between the two stations from April 1 to June 2, 1998. External disturbances are corrected using geomagnetic total forces. Seismic Activity and Crustal Deformation at Iwate Volcano in the Period from February to May, 1998. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University.

第2表 岩手火山における精密重力測定 (基準点: IWT, 単位: mgal)

Table 2. Microgravity measurements on and around Iwate volcano (Reference point: IWT, unit: mgal).

測定点	GNB	IKG_	AMHR	ANS	YNGS	YKB	IWTN
(1) 1995. 11			-93. 290	-37. 515	-67. 799	-33. 956	-86. 666
(2) 1996. 7			-93. 295	-37. 523	-67. 792	-33. 965	-86. 667
(3) 1996. 10			-93. 296	-37. 523	-67. 811	-33. 962	-86. 661
(4) 1997. 11	-69. 119	-81. 961	-93. 291	-37. 525	-67. 806	-33. 976	-86. 652
(5) 1998. 5	-69. 121	-81. 969	-93. 316	-37. 535	-67. 813	-33. 985	-86. 671
Diff. (2)-(1)			-0. 005	-0. 008	+0. 007	-0. 009	-0. 001
(3)-(1)			-0. 006	-0. 008	-0. 012	-0. 006	+0. 005
(4)-(1)			-0. 001	-0. 010	-0. 007	-0. 020	+0. 014
(5)-(1)			-0. 026	-0. 020	-0. 014	-0. 029	-0. 005
(5)-(4)	-0. 002	-0. 008	-0. 025	-0. 010	-0. 007	-0. 009	-0. 019

#### 参考文献

- 1) 東北大学理学部 (1997): 岩手火山の火山性微動と地震の活動 (1997年10月~1998年1月), 噴火予知連会報, 70, 1-8.
- 2) 東北大学理学部 (1996): 1995年9月と10月に岩手火山で発生した火山性微動, 噴火予知連会報, 63, 1-6.