

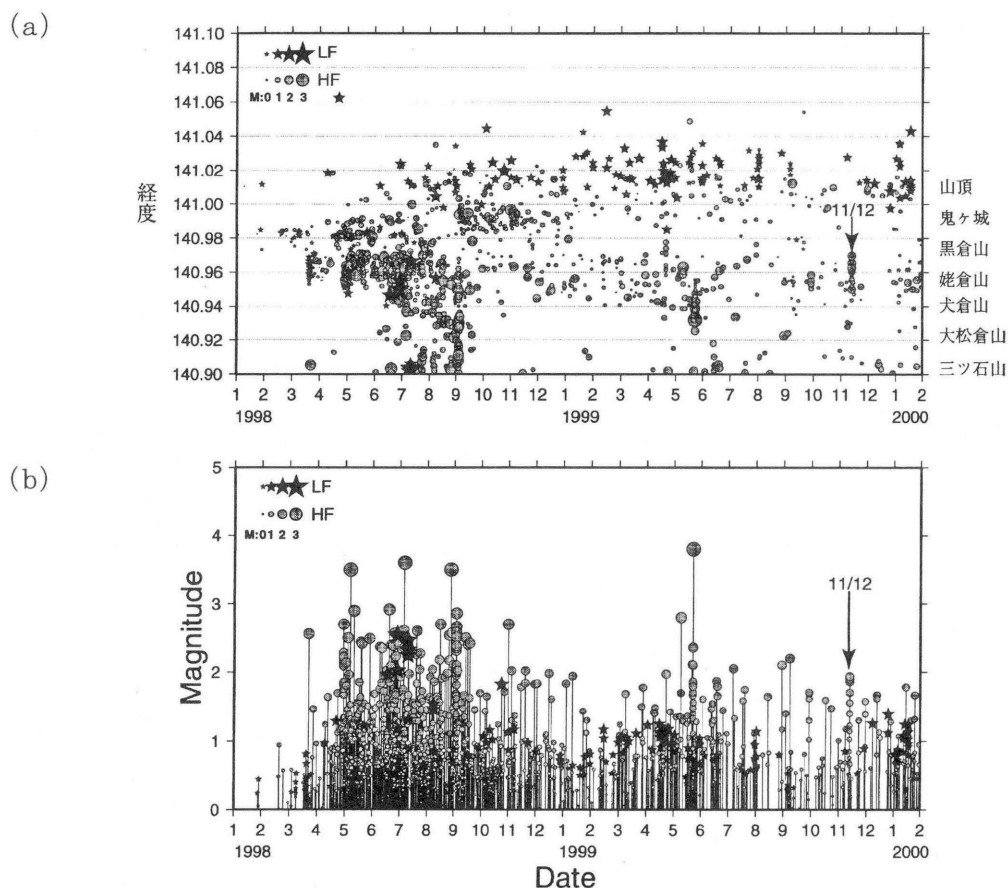
岩手山の地震活動と地殻変動（1999年10月～2000年1月）*

Seismic Activity and Crustal Deformation at Iwate Volcano in the Period from October, 1999 to January, 2000

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

1999年10月～2000年1月の岩手山の地震活動では、1999年11月12日に黒倉山・姥倉山付近で発生した群発地震・火山性微動と、2000年1月の東山腹下深さ約8 kmにおける低周波地震・火山性微動の活動が特筆される。1998年1月1日～2000年1月31日に岩手山周辺で発生した地震の時空間分布を第1図(a)に、M-T図を第1図(b)に示す。さらに同期間の地域別積算度数を第2図に、1999年10月～2000年1月の月別震源分布を第3図に示す。1999年10月～2000年1月の岩手山浅部における高周波地震活動は、1999年11月12日の群発地震を除き、発生頻度が一月当たり10～40個であり、前報¹⁾で述べた1999年6月～10月における頻度とほぼ同じである。1999年11月12日の群発地震は黒倉山から姥倉山にかけて発生した。これに伴い火山性微動も観測された。第4図(a)に姥倉観測点(UB2)における上下



第1図 (a)1998年1月～2000年1月に岩手山で発生した浅発地震の震央を東西方向に投影した時空間分布、(b)同時期のM-T図、丸印が高周波地震(HF)、星印が低周波地震(LF)。

Fig. 1 (a) Space-Time plot and (b) M-T diagram for the earthquakes in Iwate volcano in the period from January, 1998 to January, 2000. Gray circles are high-frequency earthquakes, and stars are low-frequency earthquakes.

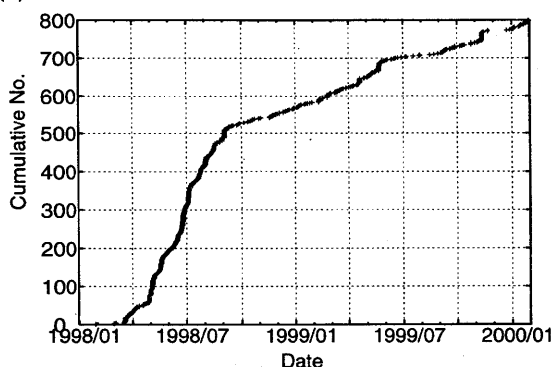
*Received 10, Mar., 2000

動地震記録を示す。このときの火山性微動と地震の卓越周波数は、いずれも約10Hzと高周波であった。第4図(b)に岩手山周辺の観測点における火山性微動開始時前後2分間の波形記録を示す。微動の中に数個の地震を確認することができる。第5図(a)に1999年11月12日に火山性微動と共に発生した群発地震の震源分布を示す。震源域は黒倉山から姥倉山下深さ約1km~2kmの極浅部であった。また、第5図(b)に示すように、この微動・地震活動に伴って明瞭な地殻変動が観測された。玄武洞観測点(GNB)において、微動発生時数分間にわたる縮みと、地震の発生とよく対応する振動的な傾斜変動が観測された。

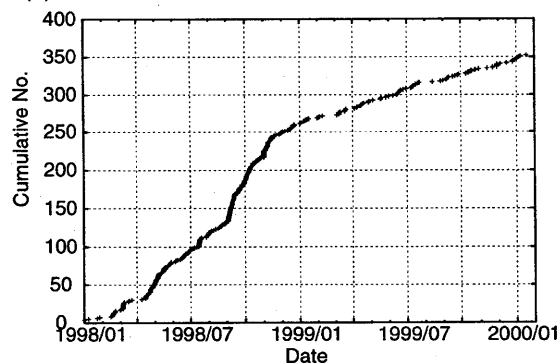
第6図(a)に1999年1月~2000年2月に岩手山で発生した火山性微動と低周波地震数の継続時間と振幅の時間変化を示す。1999年8月~10月に比べ、1999年11月~2000年1月に微動の活動が活発になり、継続時間が5~16分の活動が目立った。これらのほとんどは低周波地震が続発した火山性微動である。第6図(b)に2000年1月18日の波形例を示す。この微動に含まれる数個の低周波地震の震源は、東山腹下深さ約8kmと求められている。第2図(c)に示すように、東山腹下の深さ5km以深に発生した低周波地震は2000年1月に活発化し、地震数が急増している。

第7図(a)に、1999年10月1日~2000年1月31日の震源分布を示す。第7図(b)に示す1998年1月~1999年9月の震源分布と比較すると鬼ヶ城直下の地震活動が減衰していることがわかる。参考までに、1995年3月~1999年10月の期間ではあるが、観測点補正を考慮して再決定したモホ面近傍の低周波地震の震源分布を第7図(c)に示す。震源分布は以前に求められていたものに比べ、図中のA、B、Cの3カ所に顕著に集中している。震源域Aは1999年4月、震源域Cは1999年3月に群発的に地震活動が活発化していた。第2図(d)にモホ面近傍の低周波地震の積算度数を示す。1999年10月中旬以降、地震数の増加が鈍化した状態が継続している。

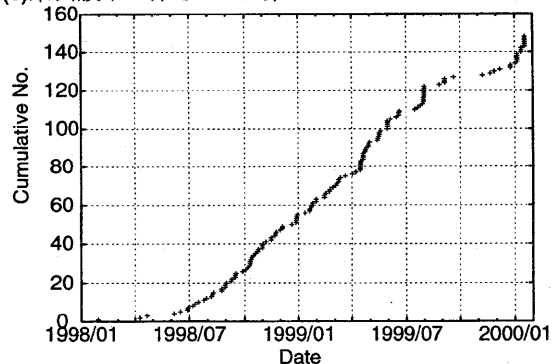
(a) 犬倉山から黒倉山：深さ5km以浅



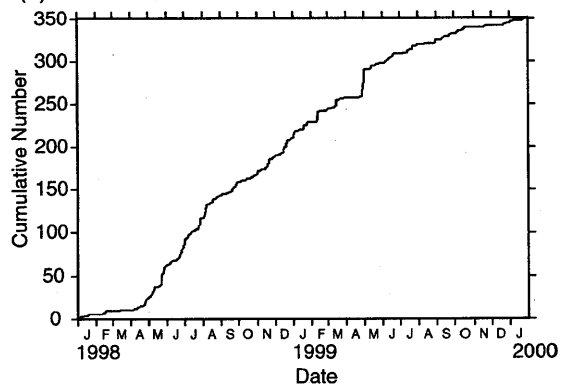
(b) 大地獄から東側：深さ5km以浅



(c) 東山腹下：深さ5km以深

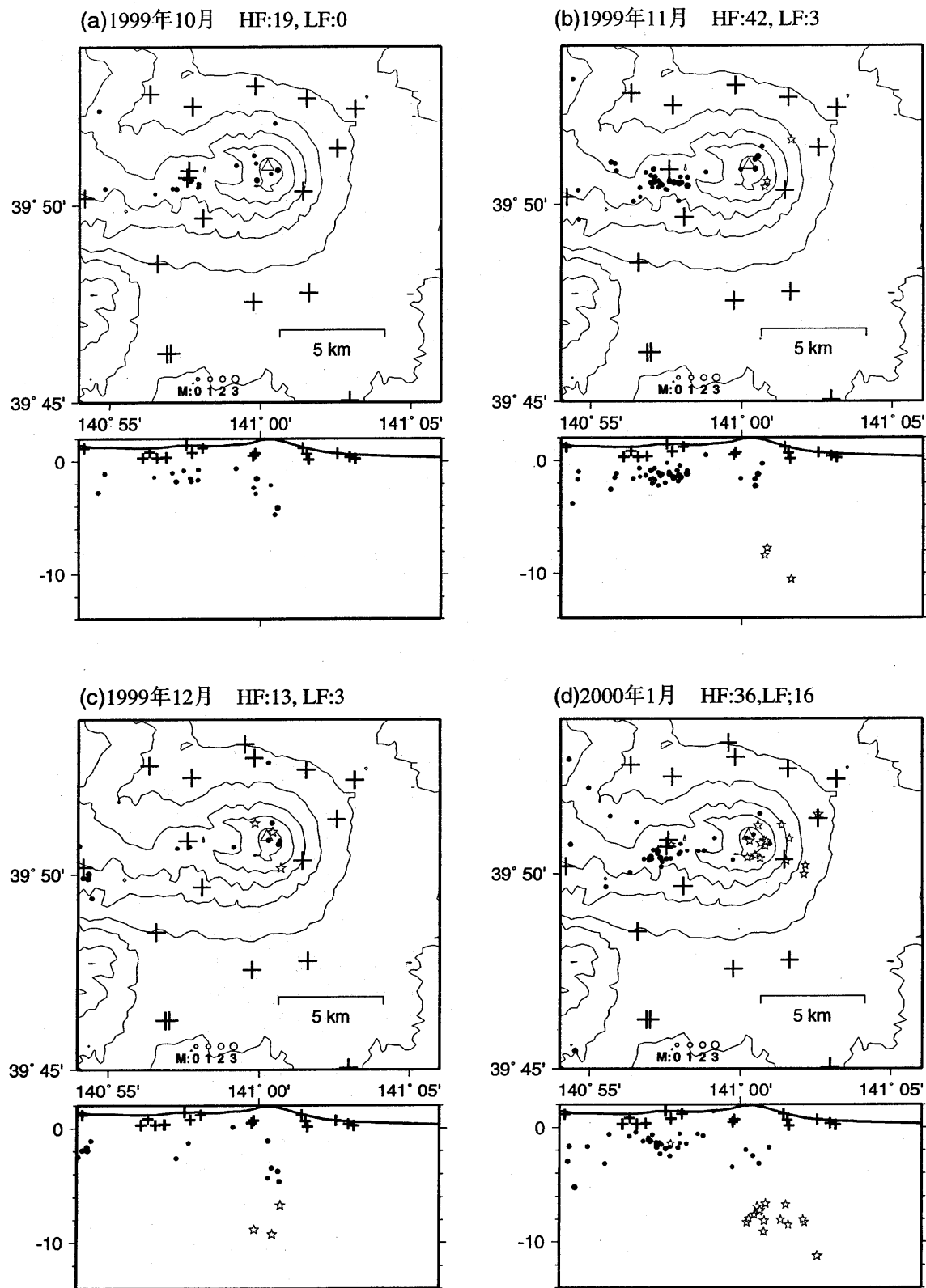


(d) モホ面近傍：低周波地震



第2図 1998年1月~2000年1月岩手山で震源決定された地震の地域ごとの積算度数の時間変化。(a) 犬倉山から黒倉山(北緯39.8度~39.9度、東経140.93度~140.98度、深さ5km未満)、(b) 大地獄から東山腹(北緯39.8度~39.9度、東経140.98度~141.10度、深さ5km未満)、(c) 東山腹下の低周波地震(深さ5~14km)、(d) モホ面近傍の低周波地震(深さ20~40km)。

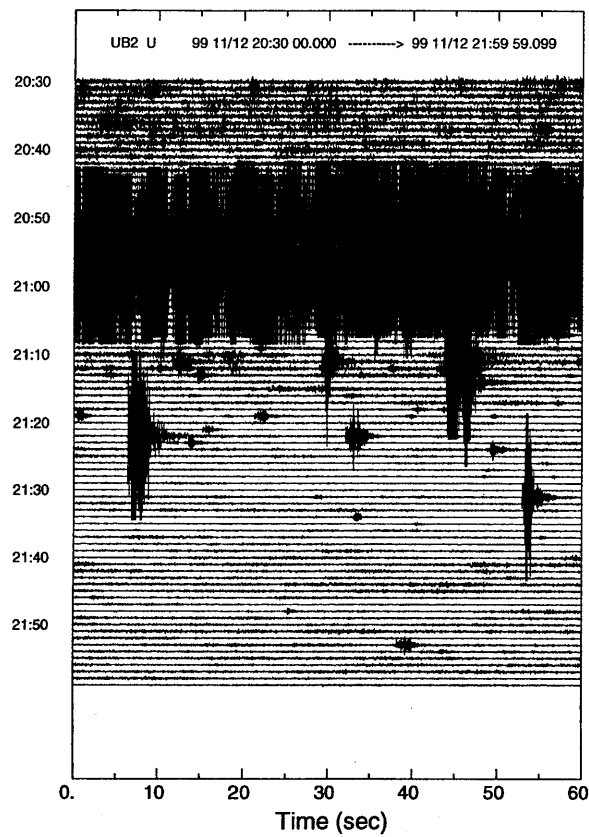
Fig. 2 Cumulative number of the earthquakes occurring in four regions of Iwate volcano in the period from January, 1998 to January, 2000. In the regions (a) from 39.8°N to 39.9°N, 140.93°E to 140.98°E, depth less than 5 km, (b) same as (a) but from 140.98°E to 141.10°E, (c) low-frequency earthquakes occurring at the depth around 10km beneath the east flank, (d) low-frequency earthquakes near the Moho discontinuity.



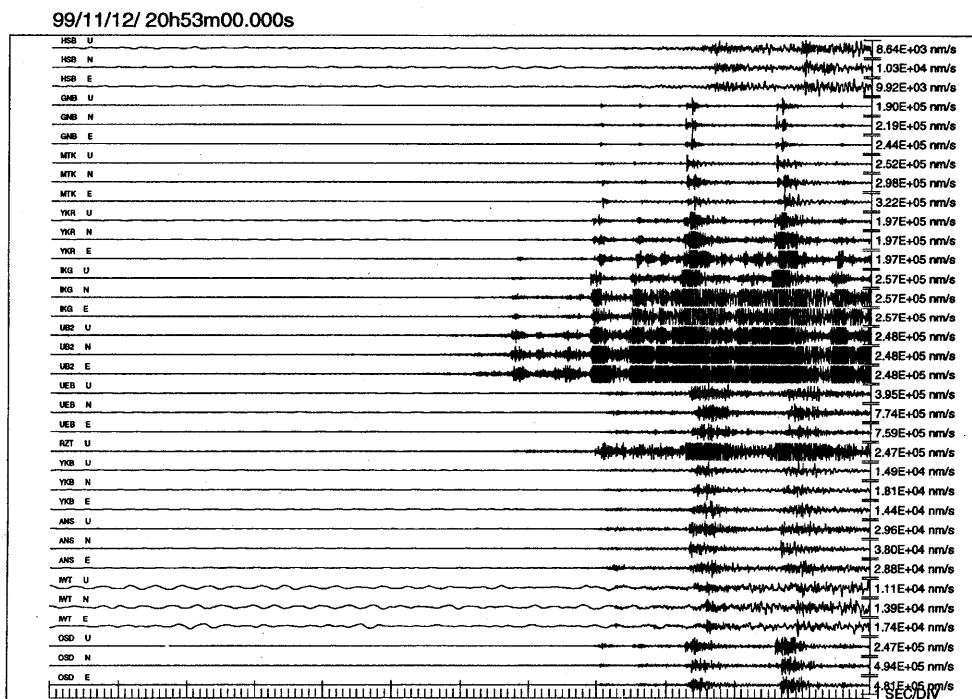
第3図 1999年10月～2000年1月の月別震源分布。黒丸は高周波地震、白星印は低周波地震、十字印が観測点、三角は山頂、等高線は300m間隔。

Fig. 3 Monthly hypocenter distribution in Iwate volcano in the period from October, 1999 to January, 2000. Solid circles are high-frequency earthquakes and open stars are low-frequency earthquakes. Crosses are stations and a triangle is the summit of the volcano. Contour interval is 300m.

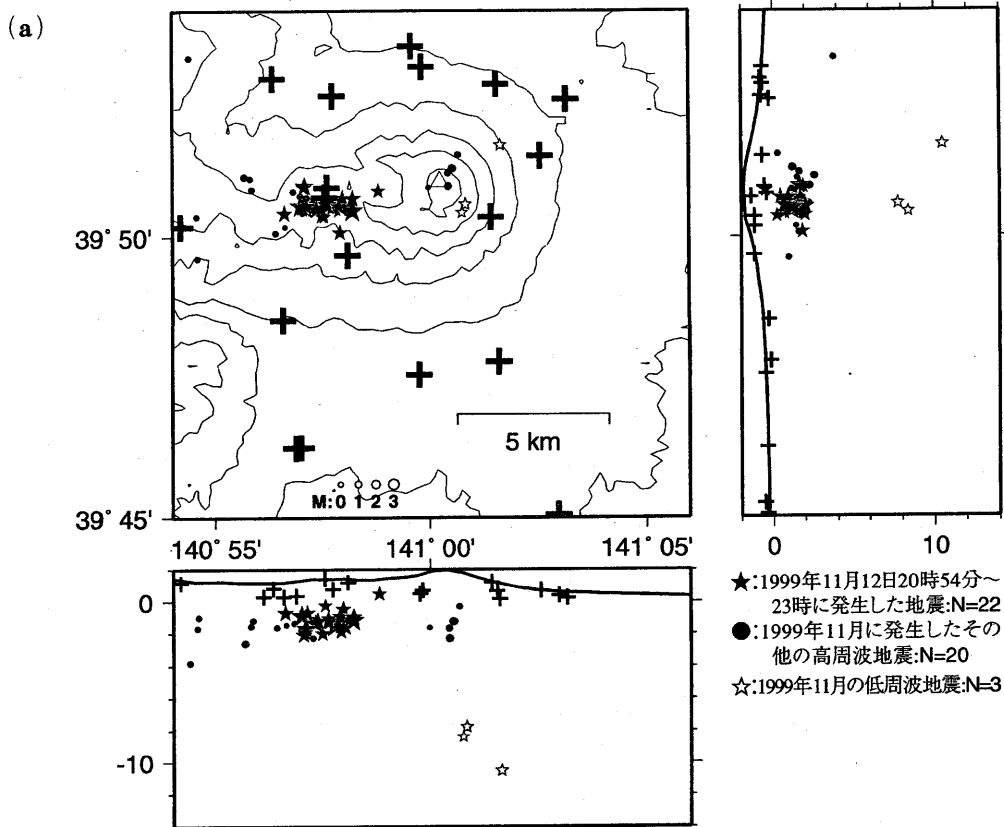
(a)



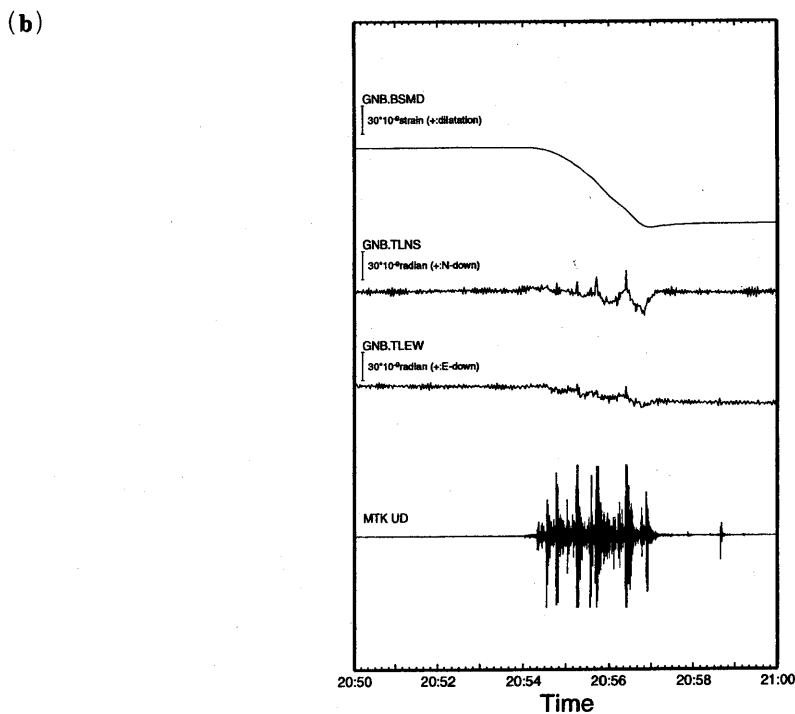
(b)



第4図 (a) 1999年11月12日20時30分～22時00分の姥倉観測点 (UB2) の上下動地震記録。(b) 1999年11月12日20時54分に発生した火山性微動と地震の岩手山周辺の観測点における波形例 (20時53分～54分)。
Fig. 4 (a) Seismogram at UB2 in 20:30–22:00 November 11, 1999. (b) Seismograms of volcanic tremors and earthquakes observed during 20:53–20:54 November 12, 1999 around Iwate volcano.

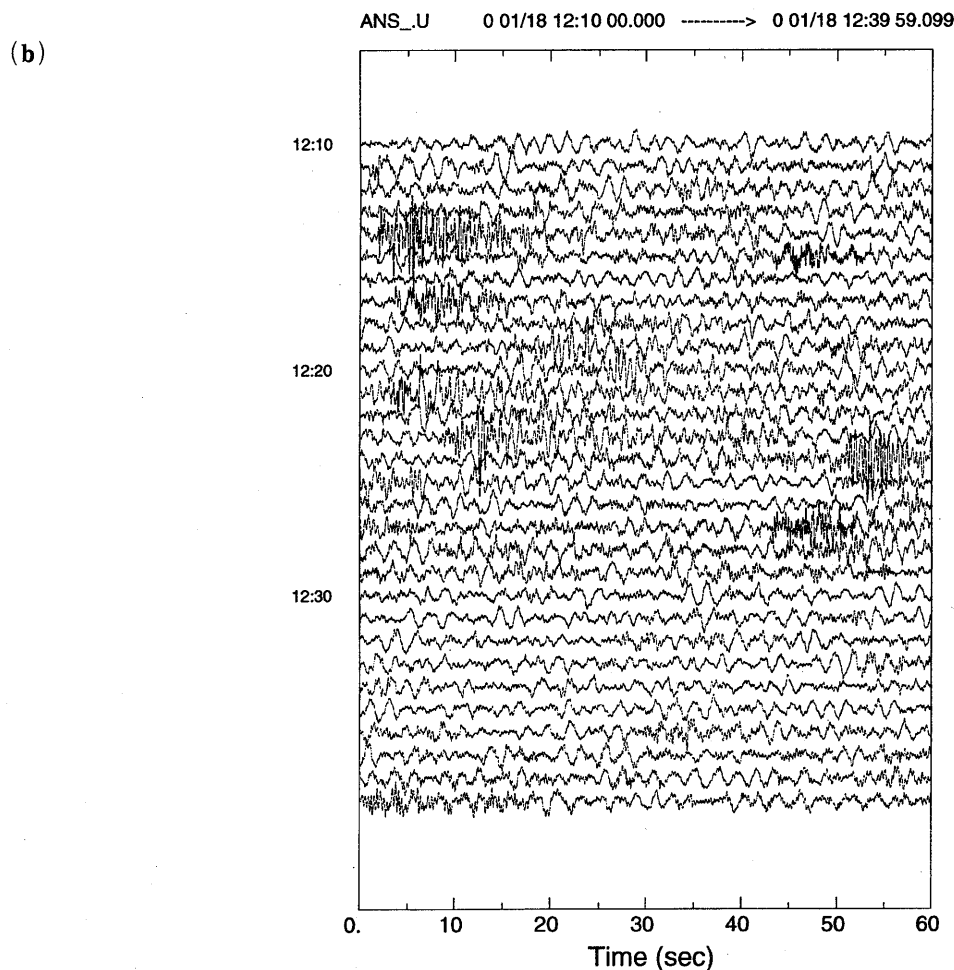
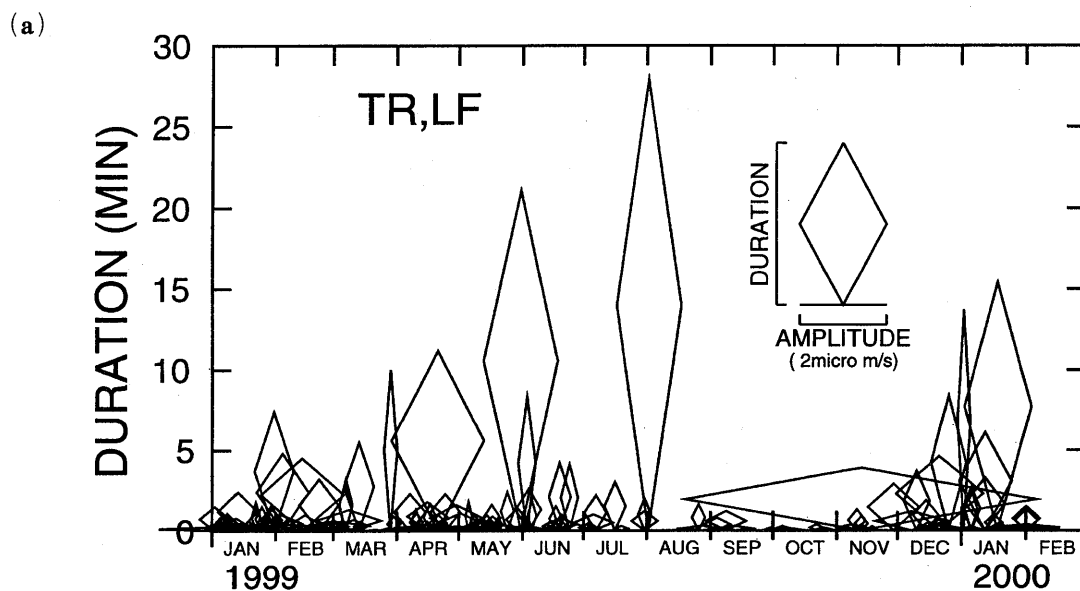


Crustal Deformation 1999/11/12 20:50:00-20:59:59



第5図 (a) 1999年11月12日20時54分~23時00分に発生した地震の震源を黒い星印で示す。黒丸は1999年11月に発生したその他の高周波地震、白い星印は低周波地震。(b) 玄武洞観測点 (GNB) で観測された火山性微動に伴う歪 (BSMD)・傾斜変動 (TLNS, TLEW)。比較のため松川観測点 (MTK) の上下動地震記録を合わせて示す。

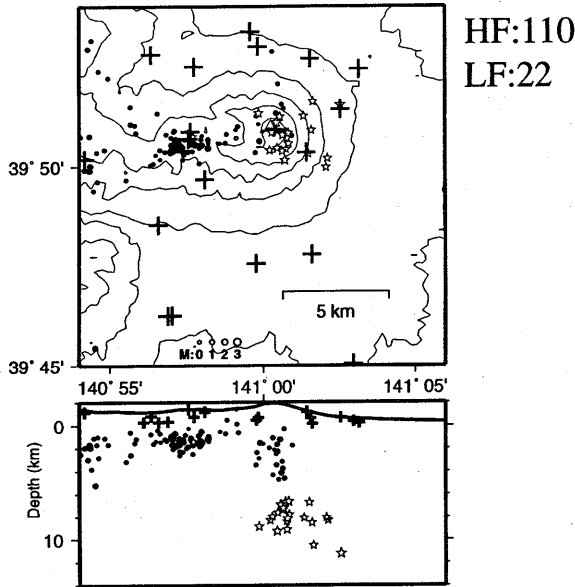
Fig. 5 (a) Hypocenters in Iwate volcano from 20:54 to 23:00 in November 12, 1999 are represented by solid stars. Solid circles and open stars are the hypocenters of high-frequency and low-frequency earthquakes, respectively, in November, 1999. (b) Temporal change of volumetric strain (BSMD) and tilt (TLNS, TLEW) associated with the volcanic tremor in November 12, 1999 recorded at GNB.



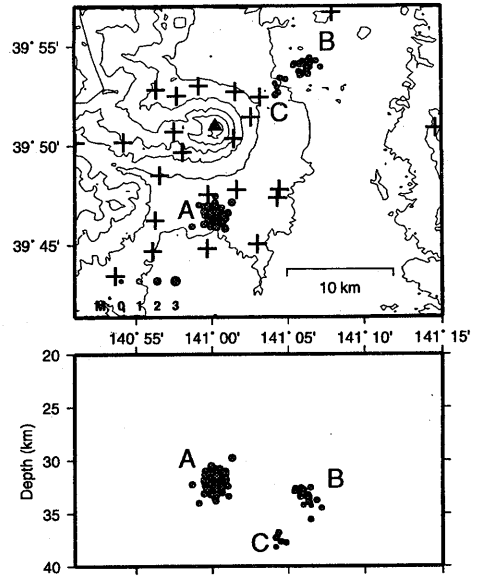
第6図 (a) 1999年1月1日～2000年2月1日に岩手山で発生した火山性微動・低周波地震の継続時間と相ノ沢観測点(ANS)で測定した最大振幅の時間変化。菱形の高さが継続時間、横幅が振幅を表す。(b) 2000年1月18日に発生した火山性微動のANS上下動地震形による波形記録。

Fig. 6 (a) Temporal variation of the duration time and maximum amplitude of volcanic tremors and low-frequency earthquakes observed at ANS in the period from January 1, 1999 to February 1, 2000. Heights of diamonds represent duration, their widths are the maximum amplitudes. (b) An example seismogram of the volcanic tremor observed at ANS in January 18, 2000.

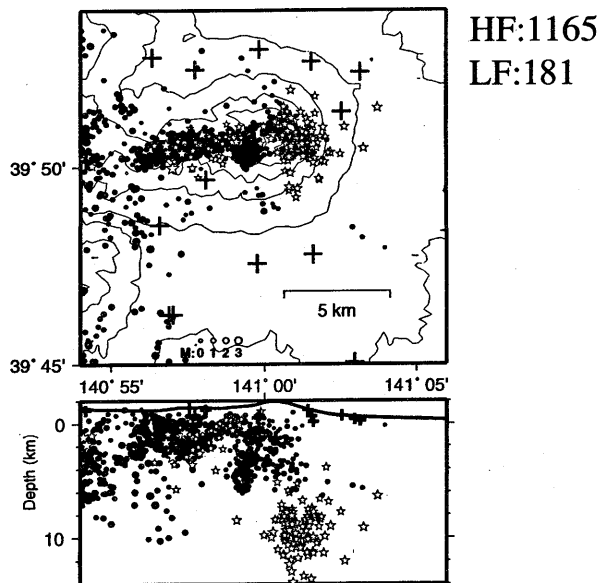
(a) 1999年10月～2000年1月



(c) 1995年3月～1999年10月



(b) 1998年1月～1999年9月



第7図 岩手山および周辺における震源分布。(a) 1999年10月～2000年1月、(b) 1998年1月～1999年9月。黒丸は高周波地震、白星印は低周波地震、十字印が観測点、三角は山頂、等高線は300m間隔。(c) 1995年3月～1999年10月に発生したモホ面近傍の低周波地震。観測点補正を考慮して再決定した。

Fig. 7 (a) Hypocenter distribution in and around Iwate volcano in the period (a) from October, 1999 to January, 2000 and (b) from January, 1998 to September, 1999. Solid circles are high-frequency earthquakes and open stars are low-frequency earthquakes. Crosses are stations and a triangle is the summit of the volcano. Contour interval is 300m. (c) Hypocenter distribution for low-frequency earthquakes around Moho discontinuity beneath Iwate volcano in the period March, 1995 to October, 1999. Station corrections are considered for hypocenter determination.

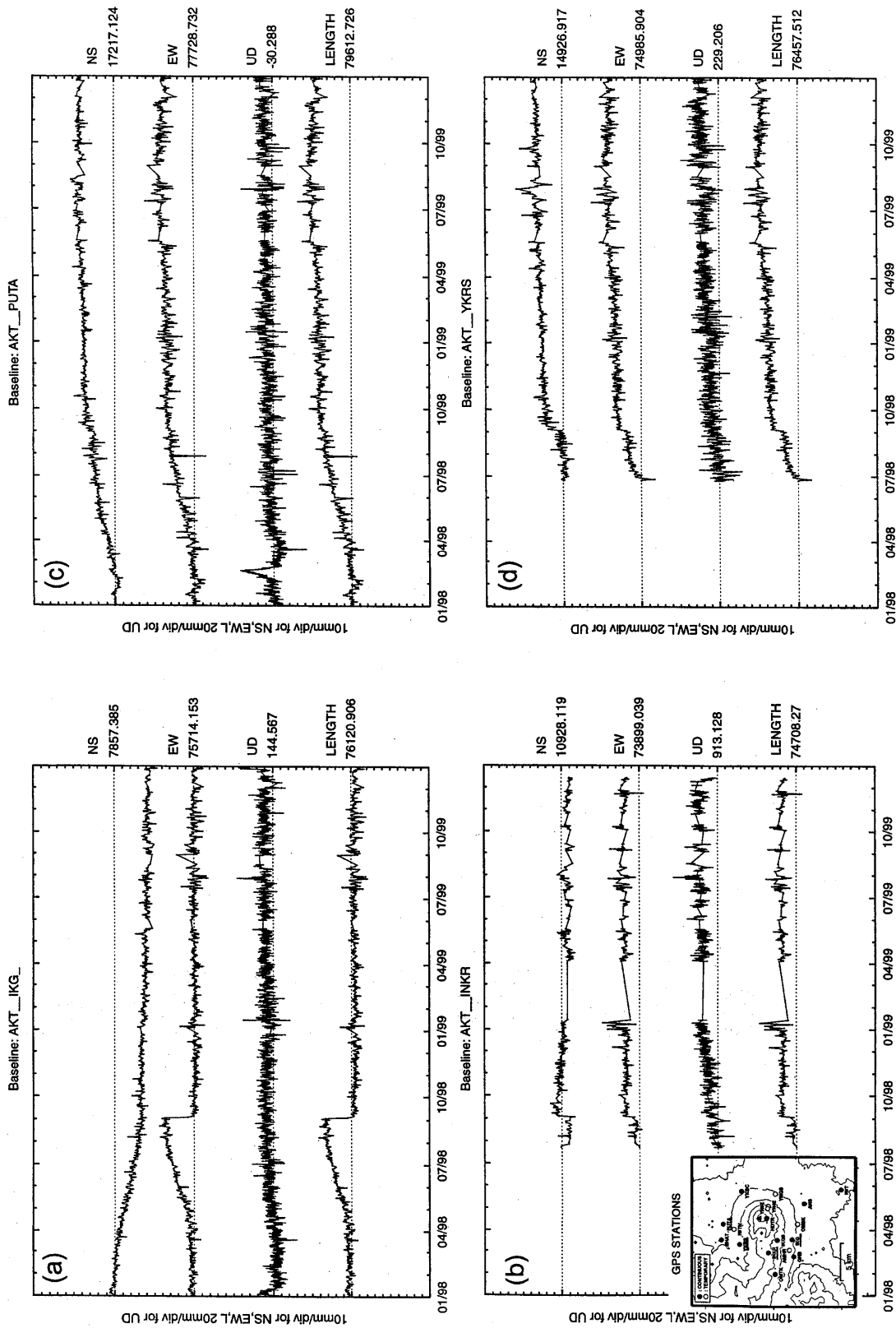
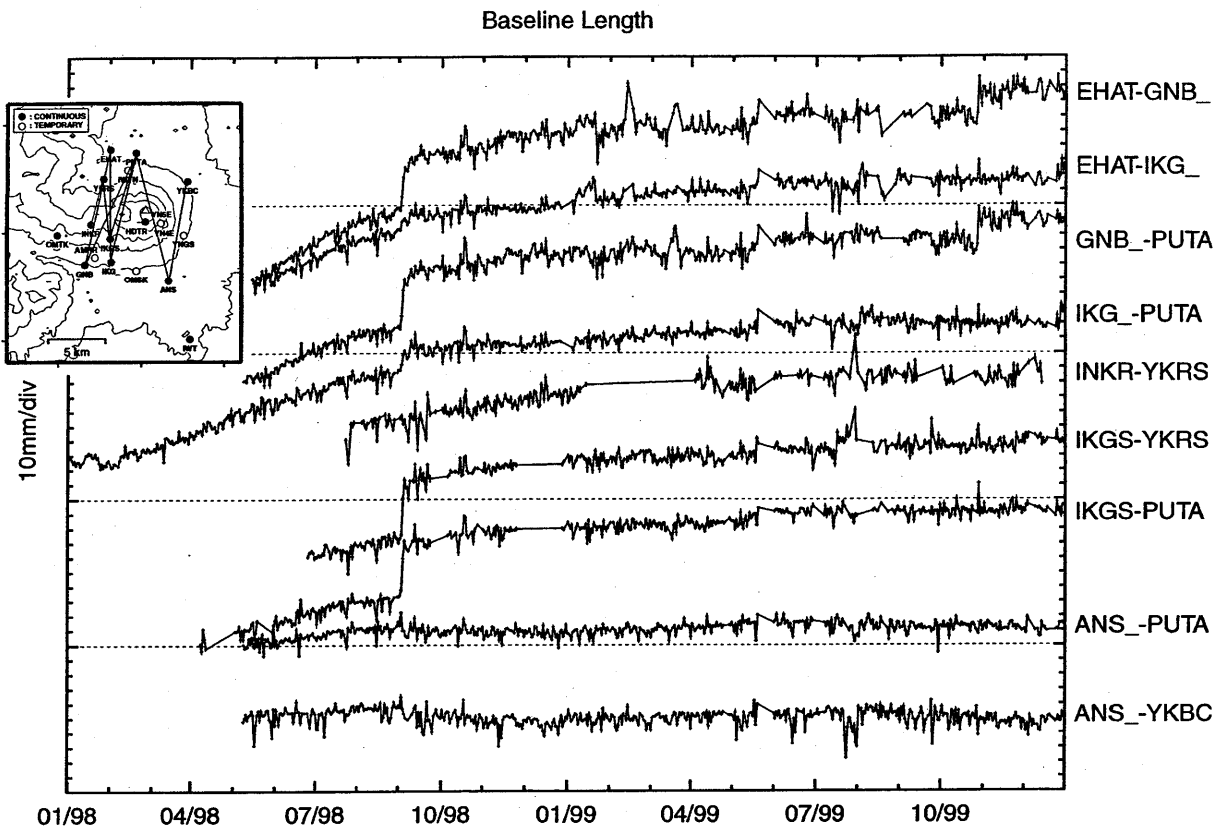


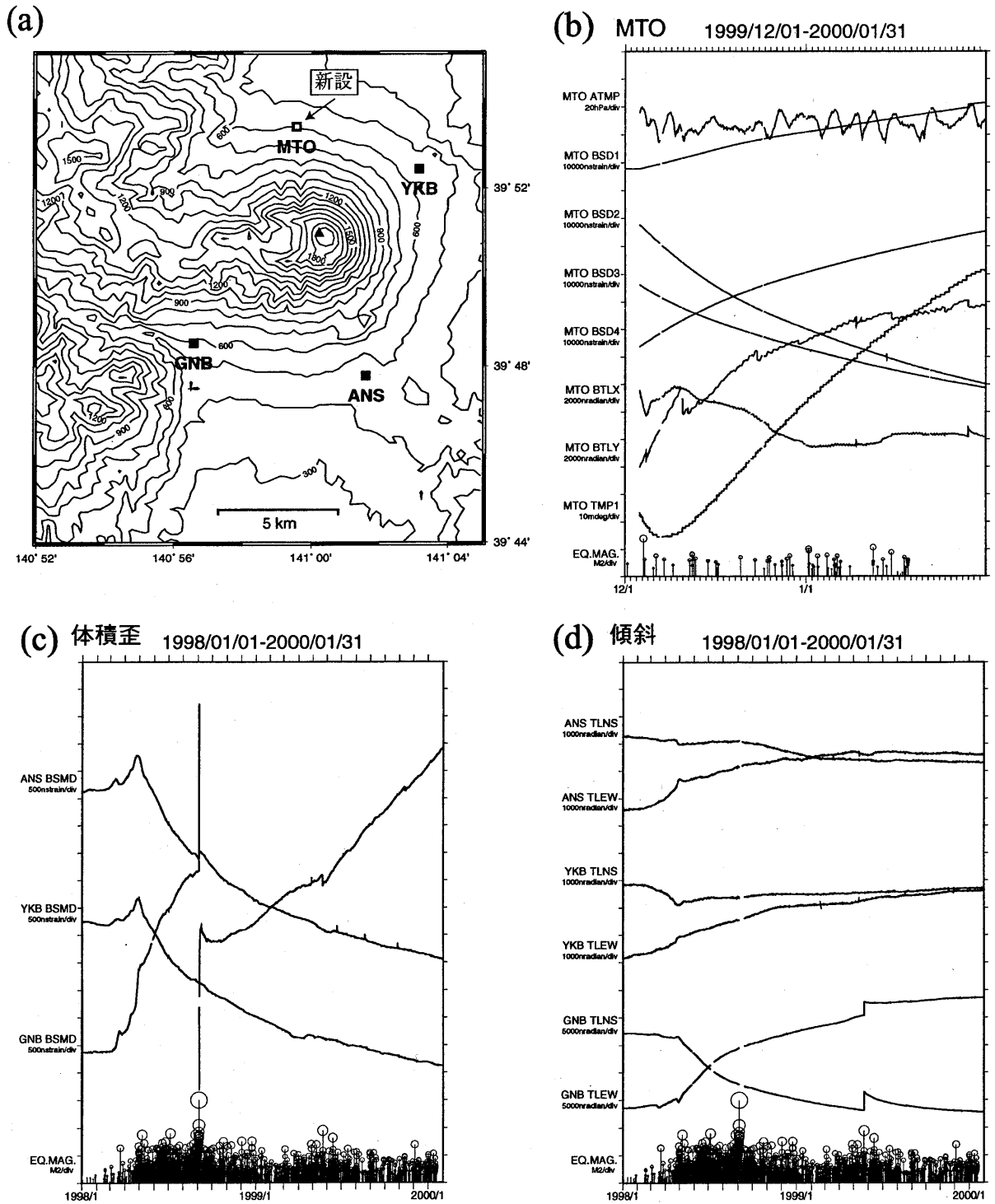
図8 図 岩手山地域の主なGPS観測点における、秋田地震観測点 (AKT) を基点とした基線ベクトル各成分の時系列 (1998年1月1日～1999年12月31日)。(a) 秋田 (AKT) 標高成 一岩手高原 (IKG)、(b) 秋田一犬倉山頂 (INKR)、(c) 秋田一アータ口村 (PUTA)、(d) 秋田一焼切沢 (YKRS) の各基線。上から順に、南北、東西、 分および基線長を示す。
 Fig. 8 Time series of NS, EW and UD components and length of the baseline vectors between some principle GPS stations around Iwate volcano and AKT reference station in the period from January 1, 1998 to December 31, 1999.

次に地殻変動観測の結果を示す。秋田地震観測所（岩手山の西方約80km）を基点とする岩手山地域の主な GPS 観測点における基線ベクトル各成分の時間変化を第8図に示す。また、岩手山の山体をはさむ観測点間の基線長変化を第9図に示す。山腹にある観測点の間（例えばIKGS-YKRS）では、まだわずかながら火山性地殻変動が続いている。

第10図 (a) に、地殻変動連続観測点の配置図を示す。松尾観測点 (MTO) は1999年12月2日から観測を開始した新設観測点であり、孔井深度約560mの地点に石井式歪計、傾斜計の他に短周期地震計などが設置されている。第10図 (b) はMTO 観測点の1999年12月2日～2000年1月31日の歪・傾斜変動記録である。同様に1998年1月1日～2000年1月31日の焼走 (YKB)、相ノ沢 (ANS)、玄武洞 (GNB) の各観測点における体積歪変化を第10図 (c) に、傾斜変化を第10図 (d) に示す。最近4カ月間では、歪・傾斜変動の長期的傾向に顕著な変化は見られない。



第9図 岩手山地域のGPS観測点間における山体をはさむ基線長の時間変化（1998年1月1日～1999年12月31日）。
Fig. 9 Temporal changes in baseline length between GPS stations on the both sides of Iwate volcano, north and south, in the period from January 1, 1998 to December 31, 1999.



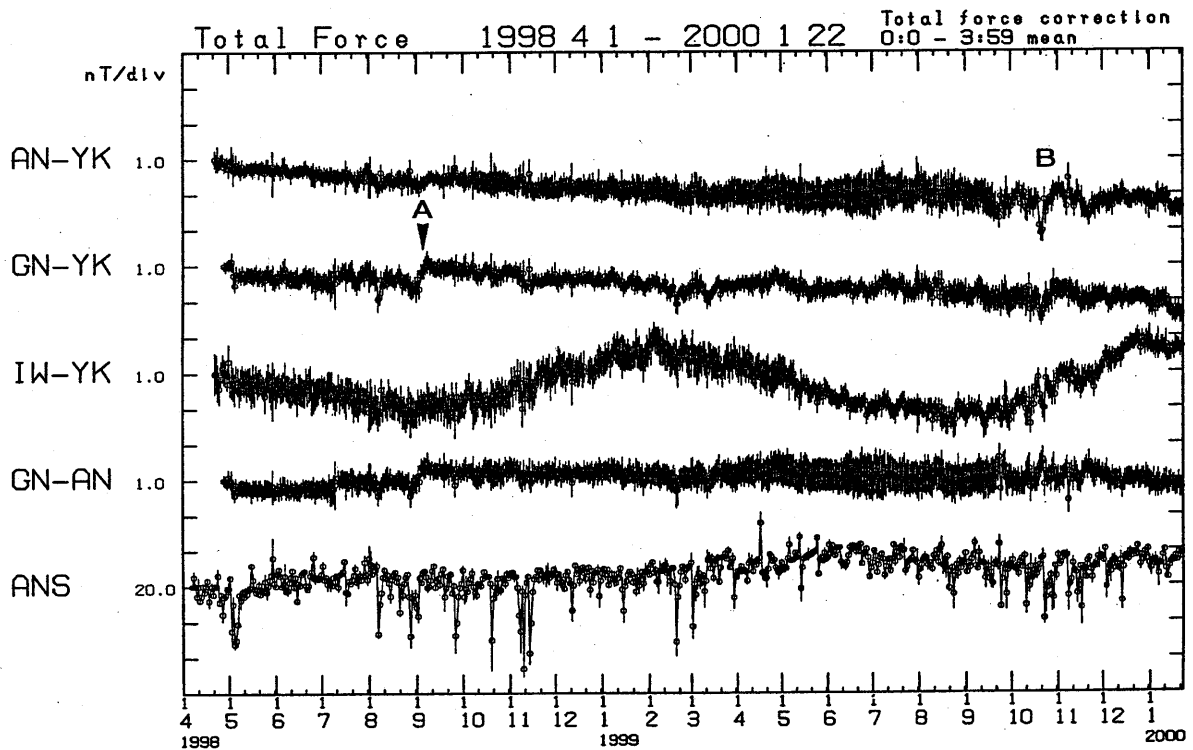
第10図 (a) 地殻変動連続観測点配置図。(b) 松尾観測点 (MTO) における1999年12月2日~2000年1月31日の歪、傾斜変動記録。(c) 1998年1月1日~2000年1月31日の相ノ沢 (ANS)、焼走 (YKB)、玄武洞 (GNB) 観測点における体積歪記録と岩手山周辺に発生した地震の M-T図。潮汐・気圧・降水・トレンド・地震時のトビを補正。縦軸1目盛りは500nstrain。(d) (c) と同じ期間の傾斜変動記録。縦軸1目盛りは、ANS と YKB で1000radian、GNB で5000radian。

Fig10 (a) Distribution of crustal deformation stations. (b) Temporal changes of strain and tilt at station MTO. (c) Temporal changes of volumetric strains at the stations YKB, ANS and GNB in the period from January 1, 1998 to January, 2000. M-T diagram is shown at the bottom. Strains are corrected for tide, atmospheric pressure, precipitation, trends and coseismic steps. (d) Same as (c) except for tilt records.

第11図にプロトン磁力計による観測結果を示す。岩手山周辺の観測点相互差の長期的変動では、AN-YKとGN-YKで2年間に約1 nTの単調な減少が見られるが、全磁力だけでは補正できない変化が含まれていたことによる見かけのものである可能性が高い。また、IW-YKの年周の変動はIWの局所的な影響と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 東北大学大学院理学研究科 (1999) : 岩手山の地震活動と地殻変動 (1999年6月~9月), 噴火予知連会報, 75, 14-25.



第11図 相ノ沢観測点 (ANS) における全磁力夜間平均値 (00:00-03:59)、ならびに、岩手山周辺の観測点間相互差の時間変化 (1998年4月1日~2000年1月22日)、ANSの全磁力値を用いて外部擾乱の影響を補正、AN:相ノ沢観測点、YK:焼走観測点、GN:玄武洞観測点、IW:岩手山観測点。A:地震 (1998年9月3日、M6.1) に伴う変化。B:YKにおける工事の影響。

Fig11 Temporal variations of geomagnetic total forces observed at ANS and the differences between two stations from April 1, 1998 to January 22, 2000. External disturbances are corrected using the geomagnetic total force.