

2 - 1 3 東北地方における地殻変動連続観測

Continuous Observation of Crustal Deformation in Tohoku District

東北大学大学院理学研究科

Graduate School of Science, Tohoku University

1．横坑式観測点における地殻変動連続観測

第1図は東北大学の横坑式地殻変動連続観測点の配置図である。第2図(a)~(m)に男鹿(OGA), 五城目(GJM), 仁別(NIB), 西木(NSK), 田沢湖(TAZ), 沢内(SWU), 姫神(HMK), 黒沢尻(KRS), 大東(DIT), 気仙沼(KSN), 三陸(SNR), 宮古(MYK), 北阿武隈(KTA)の各観測点の石英管伸縮計・水管傾斜計により得られた歪・傾斜変化を示す。期間は1984年1月から1998年10月までである。EXNS, EXEW, GMNEは南北, 東西方向の線歪とせん断歪, DILT, GMAXは面積歪, 最大せん断歪, TLNS, TLEWは南北, 東西方向の傾斜, PRCPは日別降水量をそれぞれ示す。日別降水量以外の各成分の年周変化を取り除くため, 三品・他¹⁾の方法によってこの期間の観測データの年平均値を推定し, それを観測データから取り除いたものを示している。このような処理を施すことにより, 歪・傾斜変化の経年変化が見やすくなっている。

2．孔井式観測点における地殻変動連続観測

第3図は太平洋側にある東北大学の孔井式地殻変動連続観測点の配置図である。第4図(a)~(g)に東通(HD3), 階上(HSK), 普代(FDA), 宮古(MY3), 三陸(SR3), 江島(EN3), 遠野(KGJ)の各観測点の, 体積歪計または孔井式3成分歪計, 孔井式傾斜計によって得られた歪・傾斜変化を示す。

第5図は日本海側にある東北大学の孔井式地殻変動連続観測点の配置図, 第6図(a)~(f)は深浦(FKU), 岩城(IW3), 飛鳥(TBS), 酒田(SKT), 温海(ATM), 村山(MR3)の各観測点を示す。設置年度の違いにより, 期間は1995年8月または1996年5月(SR3は1996年9月)から1998年7月までである。BSMDは体積歪計で膨張を正としている。BTLX, BTLYは傾斜計のX, Y成分で, その方位は右側の図に示されており, その方位への傾動を正としている。BSD1, BSD2, BSD3は, 3成分歪計の0°, 120°, 240°の方位(基準は傾斜計のX軸)の成分で, その方位の歪変化に敏感な隔壁の膨張を正としている。ATMP, PRCPは気圧および日降水量である。計器の深さは体積歪計は500m, 3成分歪計は300mである。各観測点とも設置後の期間が短く初期ドリフトが大きいため, 歪計のバルブ開閉によるオフセットの補正のみを施したデータを示している。第7図は日本海側の男鹿(OGA), 五城目(GJM), 仁別(NIB), 本荘(HOJ)および田沢湖(TAZ)の各観測点における体積歪計のデータからトレンドを取り除いたものを示している。

3．1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に伴う地殻変動

1998年9月3日岩手県内陸北部でM6.1の地震が発生した。第8図(a)~(c)は, それぞれこの地震発生前の1998年8月, 地震発生前後, 地震後2ヶ月間の各期間のGPS観測から得られた震源域周辺の地殻変動を示す。(a)では, 従来から報告されている岩手山の火山活動に関係すると思われる地殻

変動が顕著である。(b)では明瞭な地震性地殻変動がとらえられている。第9図には観測された地殻変動と、それから試行錯誤的に求めた断層パラメータ(第1表)により計算された変動との比較を示した。

参 考 文 献

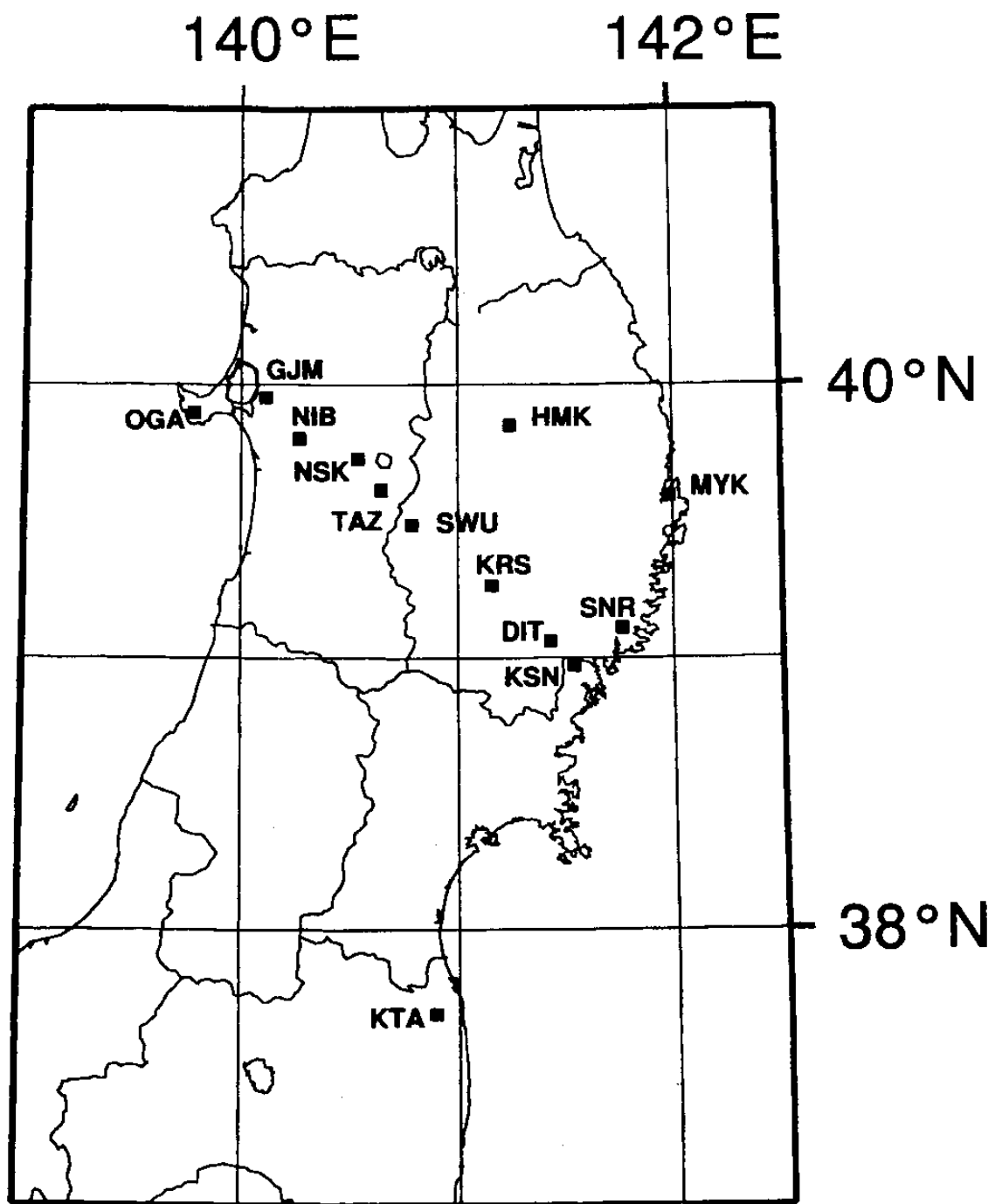
- 1) 三品・他：地殻変動連続観測にあらわれた年周変化について(続報)，日本測地学会第74回講演会要旨(1990)，150-151。

第1表 1998年9月3日岩手県内陸北部の地震(M6.1)の断層モデル

Table 1 Fault model parameters of the M6.1 event occurred in Iwate prefecture on September 3, 1998.

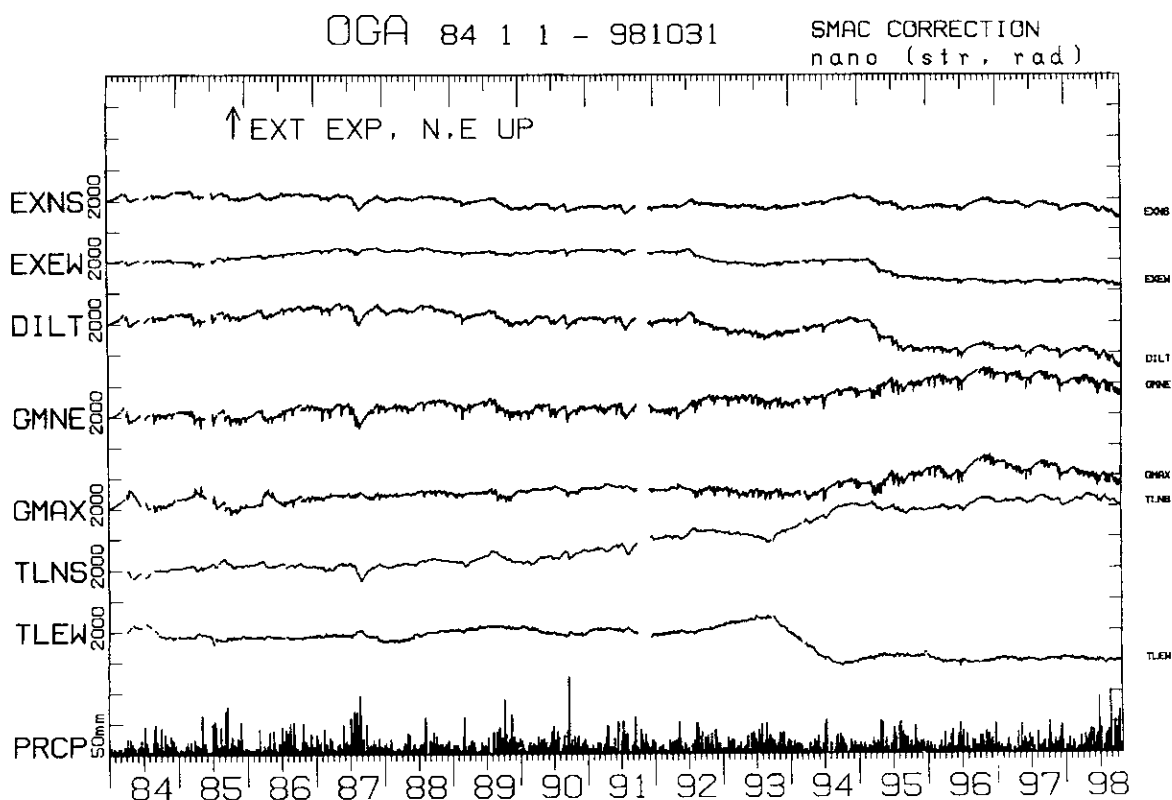
Location			Dip		Dimension		Slip		M_0	M_w
Lat. *	Lon. *	Depth*	Direction	Ang.	Length	Width	Amount	Ang.		
N39.78°	E140.91°	0.5km	N300° E	45°	8km	8km	0.51m	90°	$9.8 \times 10^{24} \text{Nm}$	5.9

* : at the middle point of the upper edge of the fault



第1図 伸縮計，水管傾斜計による歪・傾斜観測を行っている観測点の配置図。

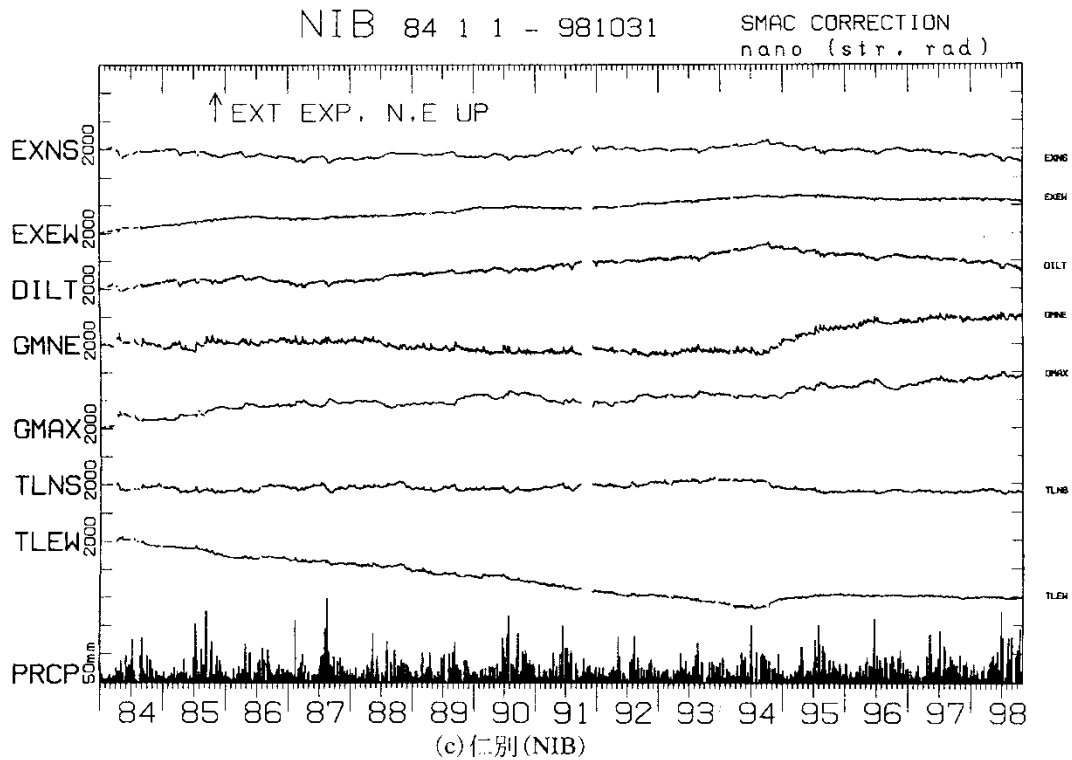
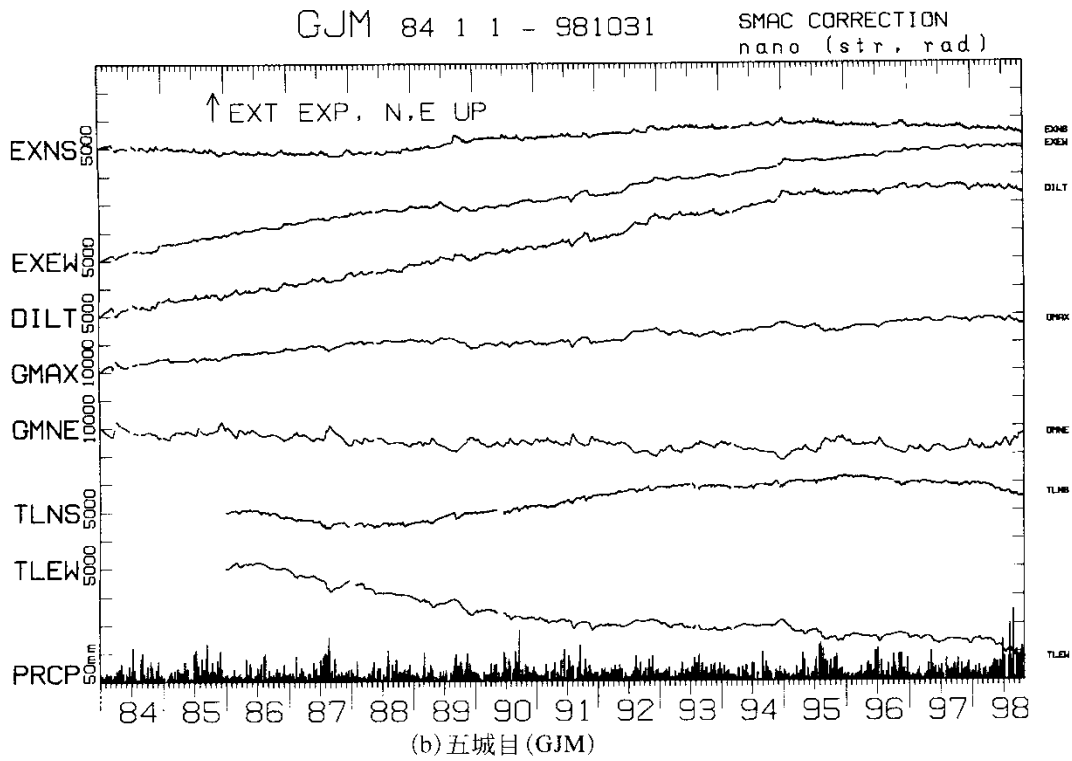
Fig.1 Locations of the observation stations where extensometers and water-tube tiltmeters are installed.



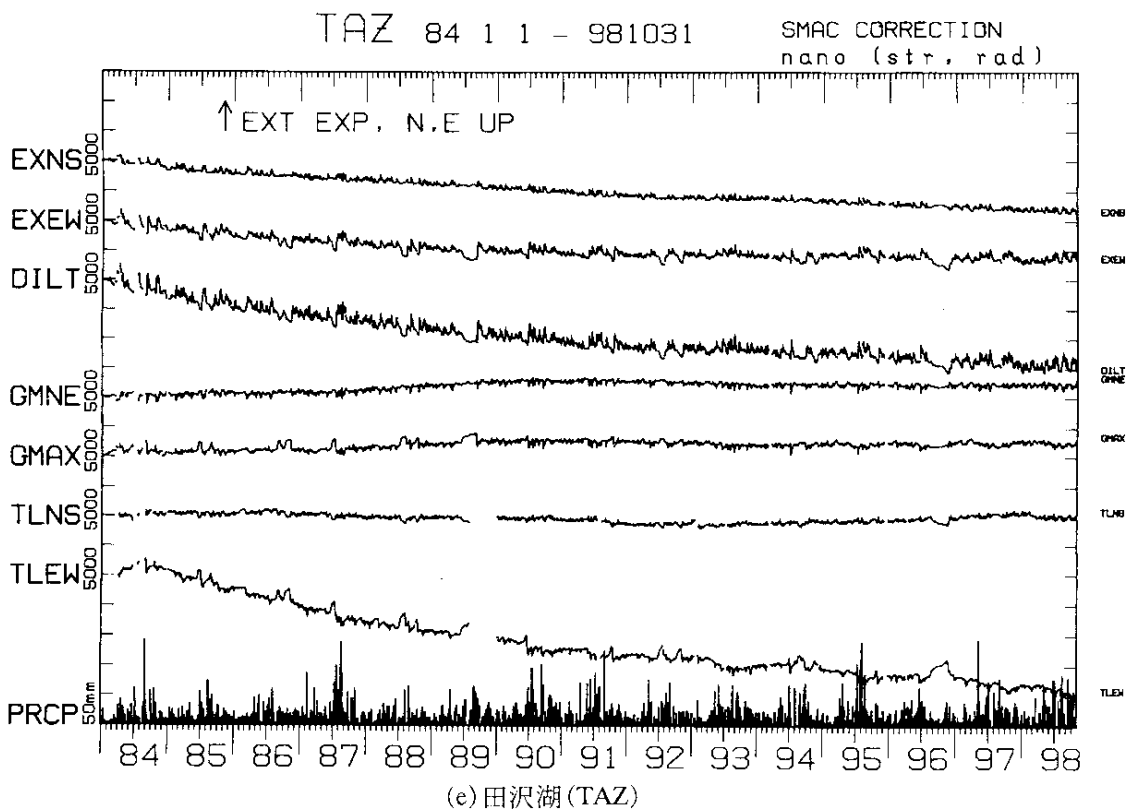
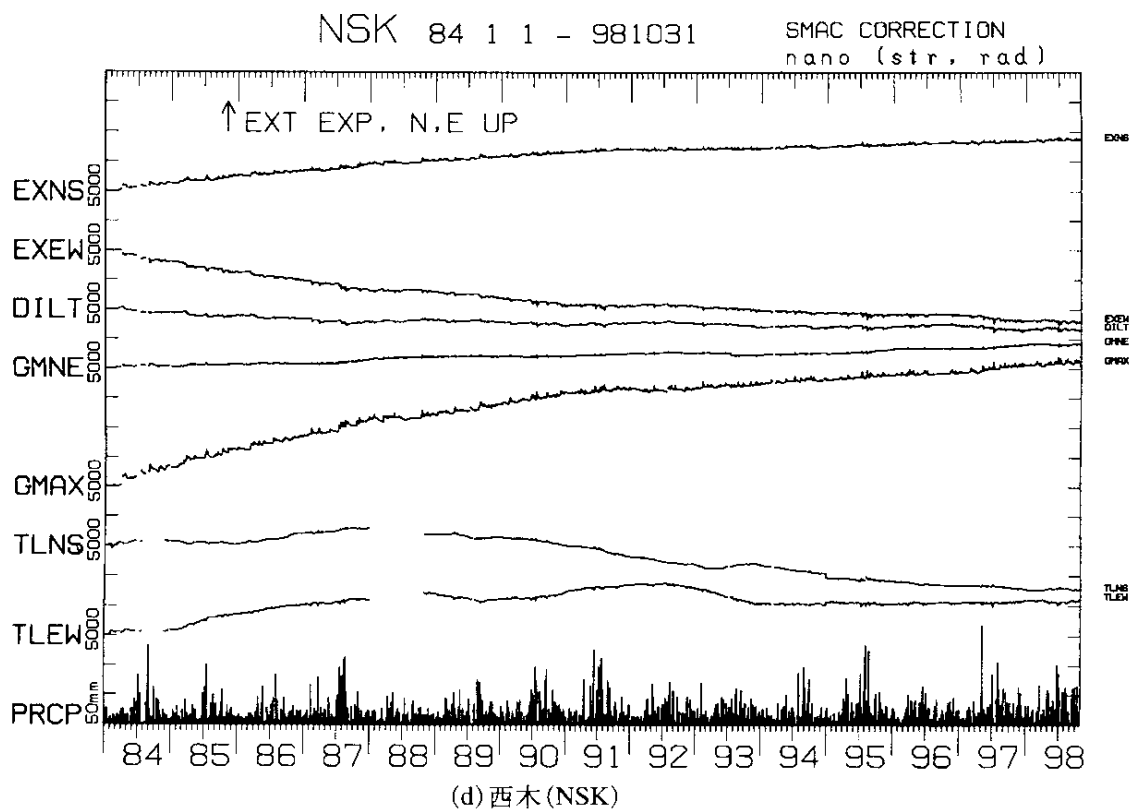
(a) 男鹿(OGA)

第 2 図 横坑式地殻変動観測点の石英管伸縮計および水管傾斜計により観測された歪，傾斜変化 (1984 年 1 月～1998 年 10 月)。EXNS ,EXEW ,GMNE は南北 ,東西方向の線歪とせん断歪，DILT ,GMAX は面積歪，最大せん断歪，TLNS ,TLEW は南北，東西方向の傾斜，PRCP は日別降水量をそれぞれ示す。日別降水量以外の各成分からは平均的な年周変化を差し引いてある。縦軸の 1 目盛あたりのスケールは成分わきの数値で表し，歪，傾斜各成分の単位は nano strain または nano radian である。(a) 男鹿(OGA) ,(b) 五城目(GJM) ,(c) 仁別 (NIB) ,(d) 西木 (NSK) ,(e) 田沢湖 (TAZ) ,(f) 沢内 (SWU) ,(g) 姫神 (HMK) ,(h) 黒沢尻 (KRS) ,(i) 大東 (DIT) ,(j) 気仙沼 (KSN) ,(k) 三陸 (SNR) ,(l) 宮古 (MYK) ,(m) 北阿武隈(KTA)。

Fig.2 Strain and tilt changes observed by the extensometers and water-tube tiltmeters at (a) OGA, (b) GJM, (c) NIB, (d) NSK, (e) TAZ, (f) SWU, (g) HMK, (h) KRS, (i) DIT, (j) KSN, (k) SNR, (l) MYK, and (m) KTA for the period from January, 1984 to October, 1998. EXNS, EXEW, GMNE, DILT, GMAX, TLNS, TLEW, PRCP indicate NS-, EW-linear strain, NS-EW shear strain, dilatation, maximum shear strain, NS-, EW-tilt, and daily precipitation, respectively. Numerals shown besides the component names denote units per division in nano strains or nano radians. Normal values for the period are extracted from observed data.



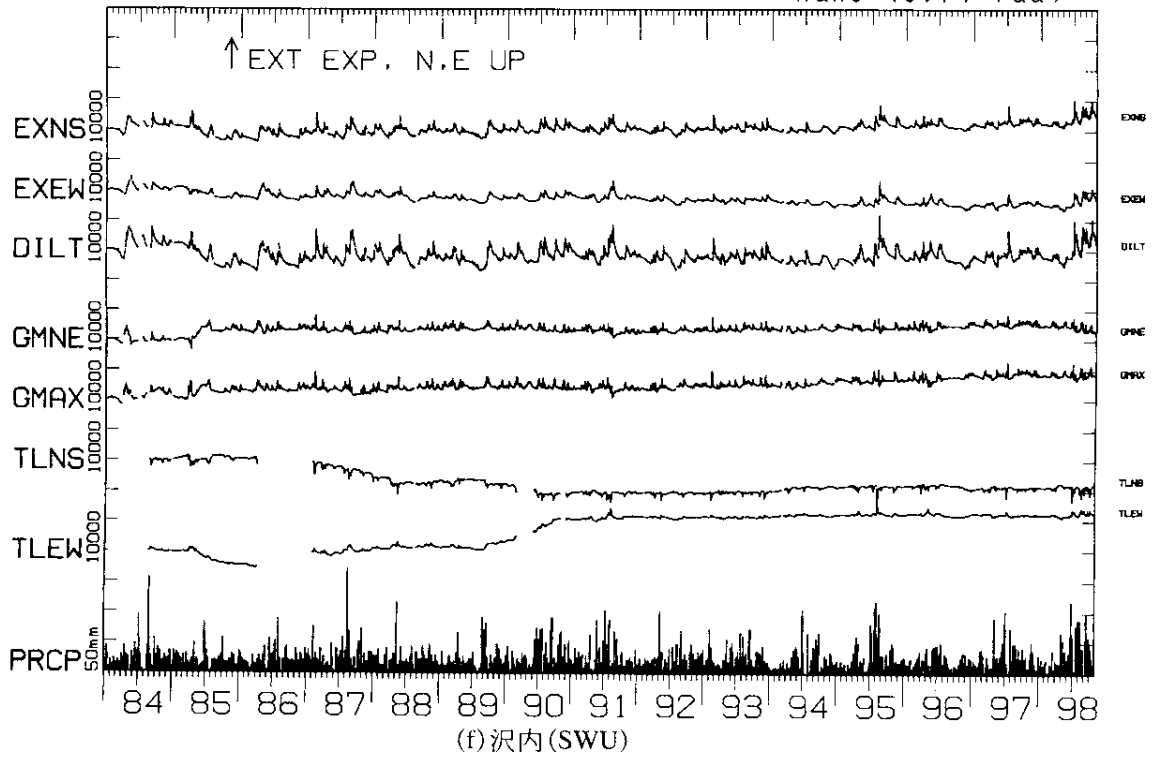
第2図 つづき
Fig.2 (Continued)



第2図 つづき
Fig.2 (Continued)

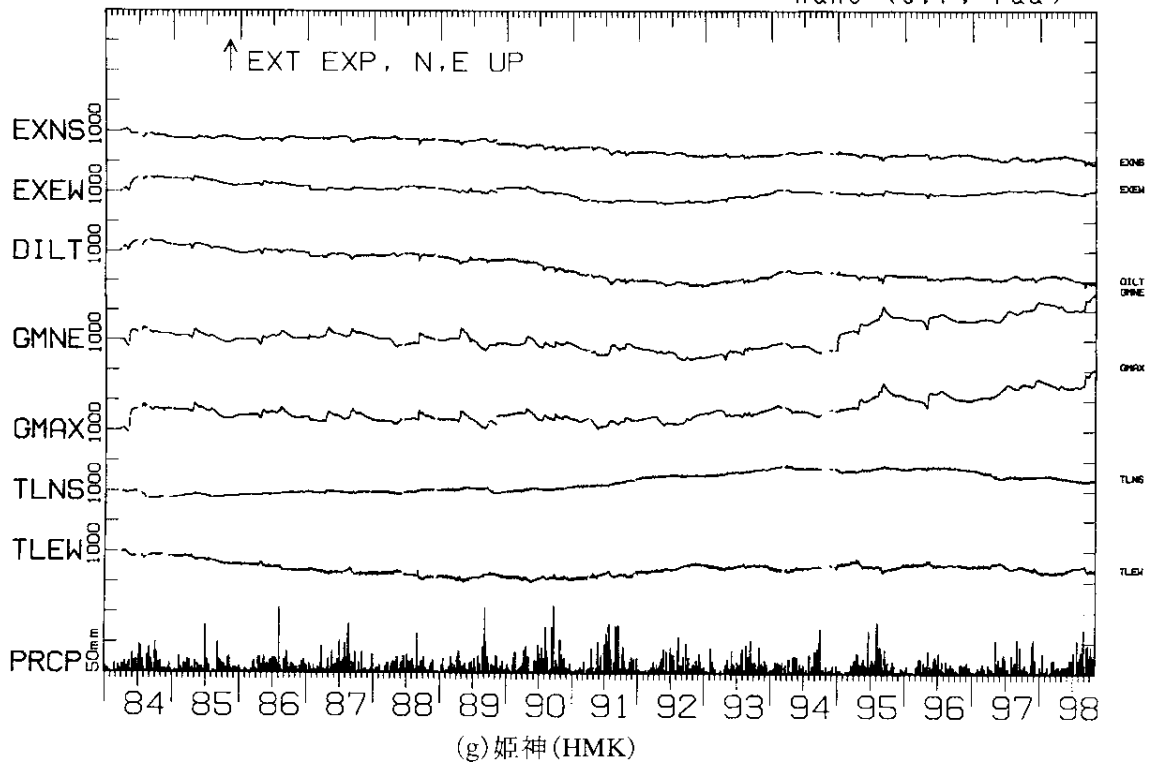
SWU 84 1 1 - 981031

SMAC CORRECTION
nano (str, rad)



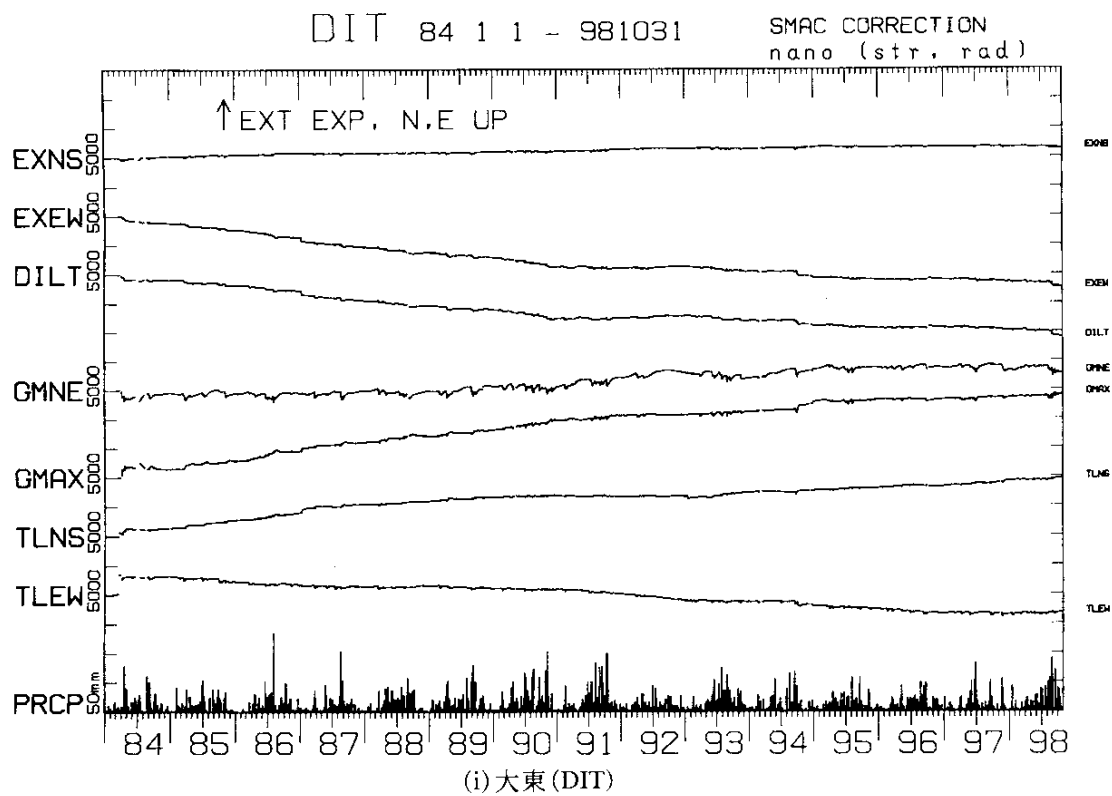
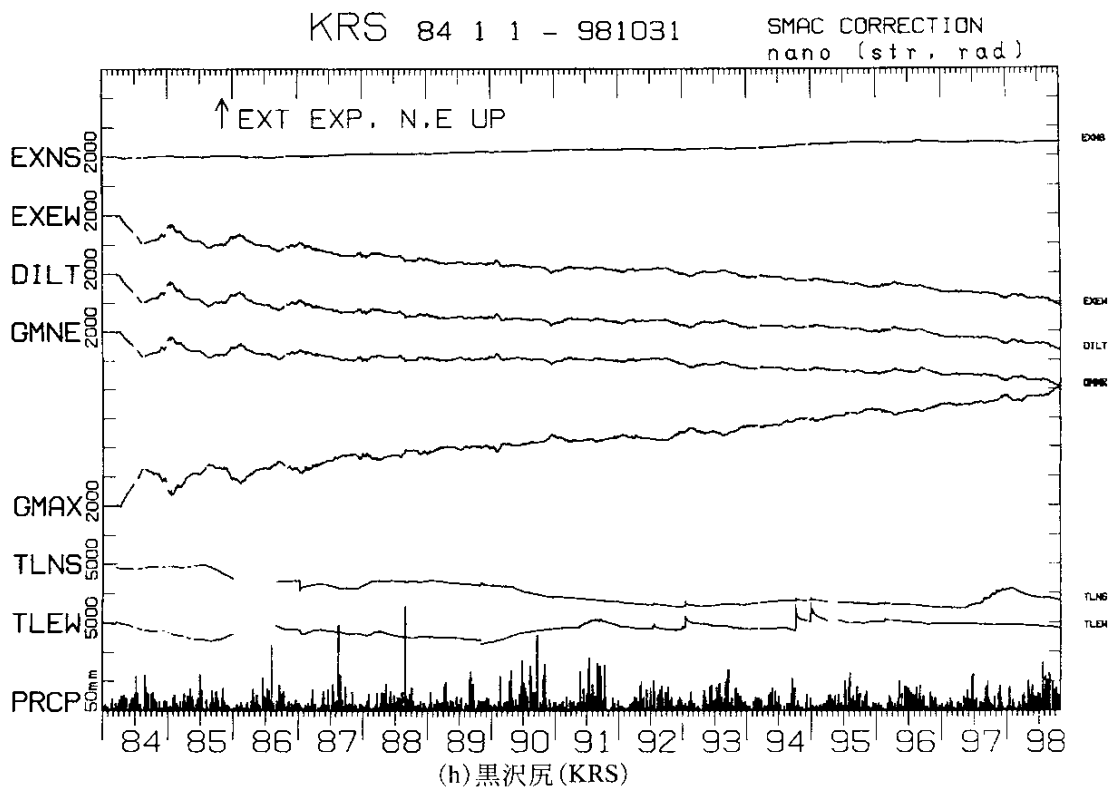
HMK 84 1 1 - 981031

SMAC CORRECTION
nano (str, rad)

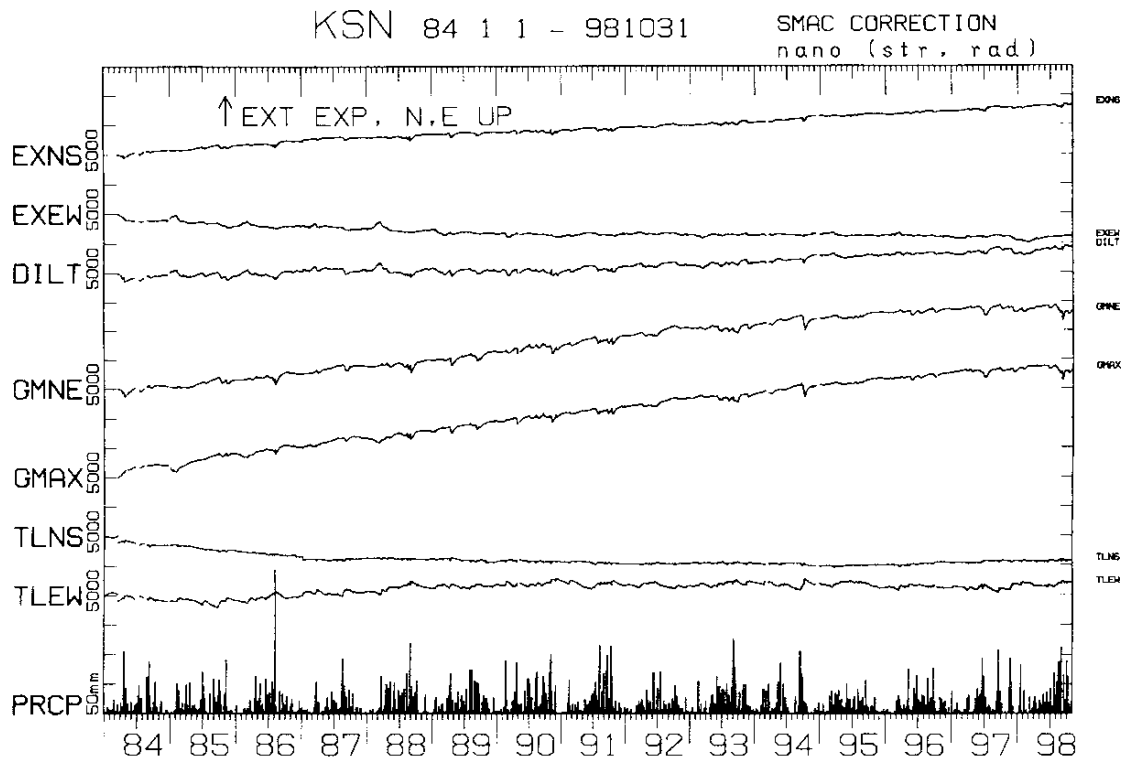


第2図 つづき

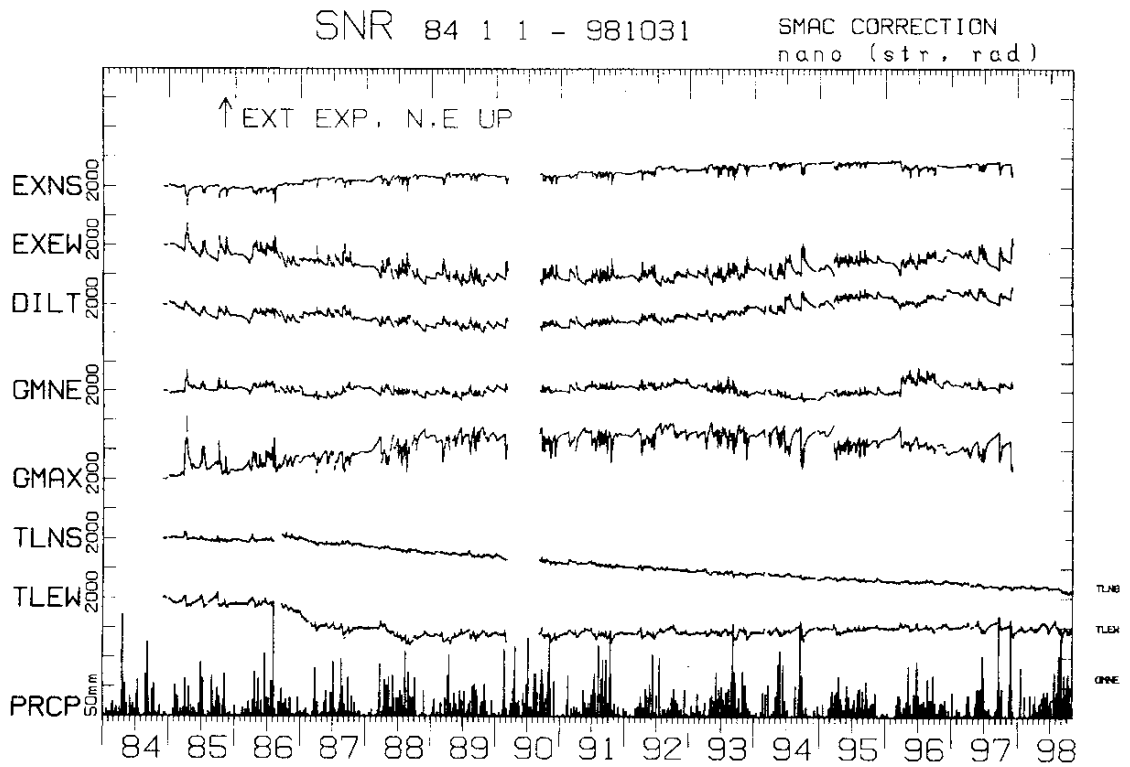
Fig.2 (Continued)



第2図 つづき
Fig.2 (Continued)



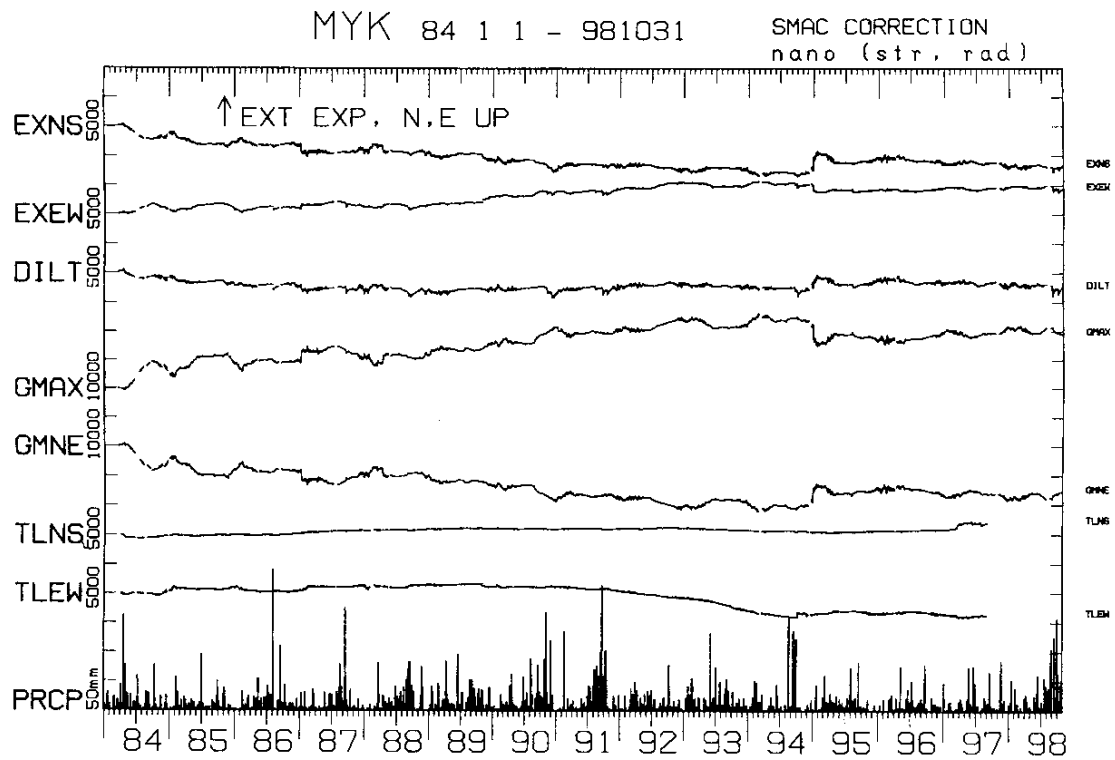
(j) 気仙沼 (KSN)



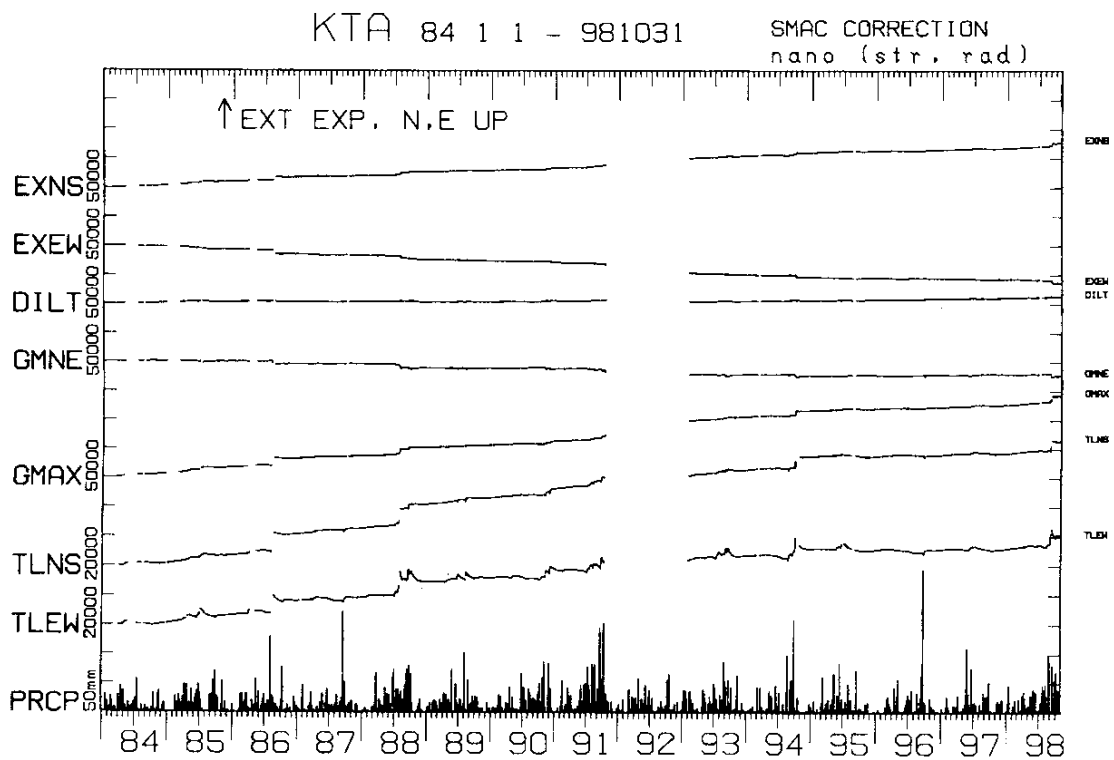
(k) 三陸 (SNR)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



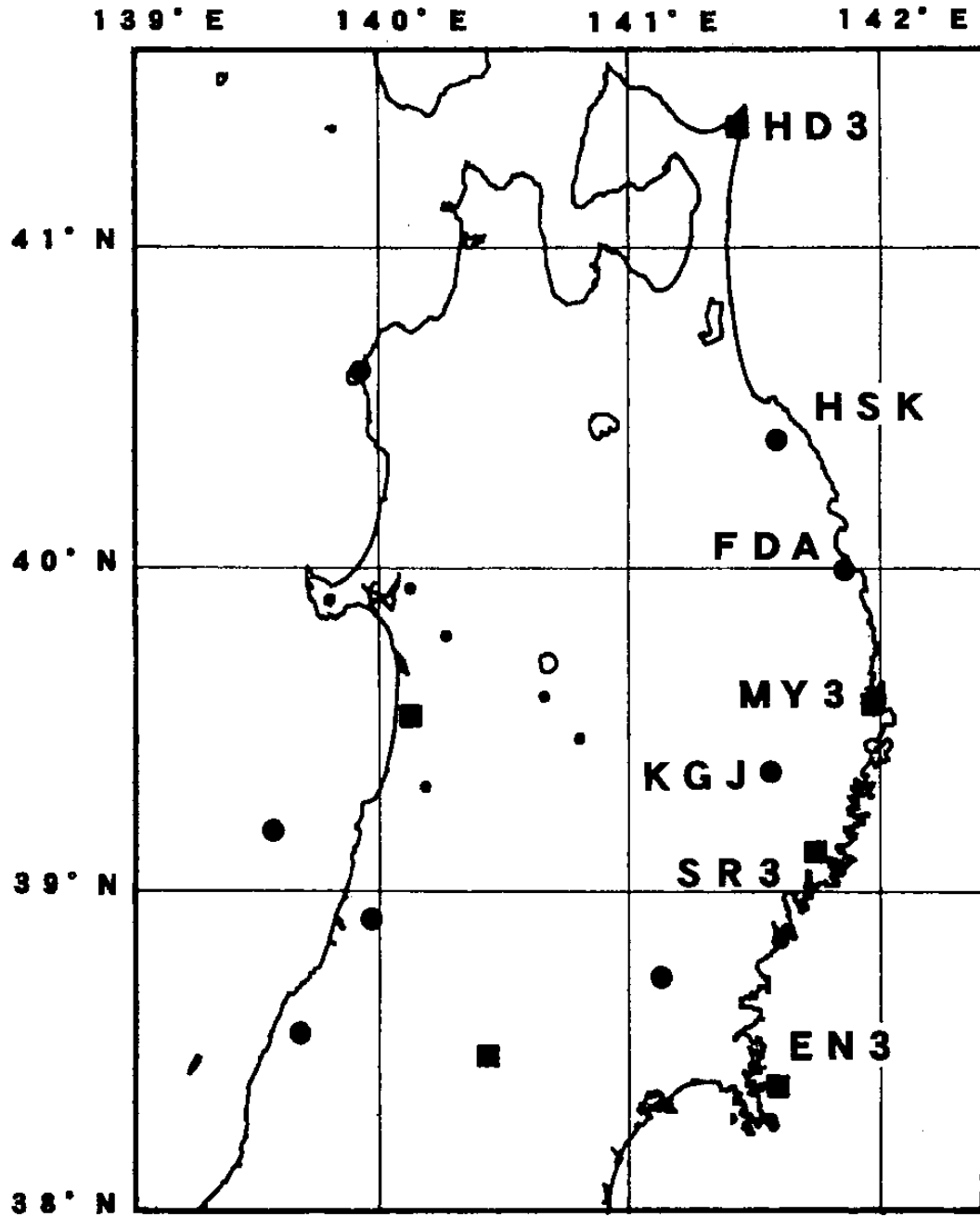
(l)宮古(MYK)



(m)北阿武隈(KTA)

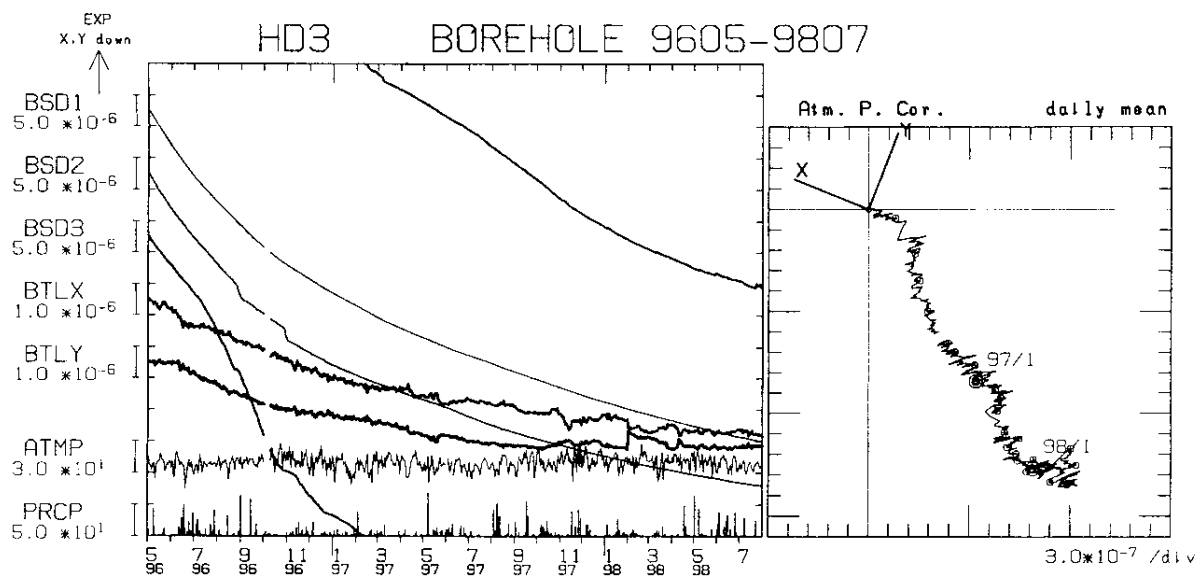
第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



第 3 図 東北地方太平洋側の孔井式地殻変動観測点配置図。印はそれぞれ深度 500m の体積歪計と傾斜計、深度 300m の 3 成分歪計(アカシ製)および傾斜計が設置された観測点を示す。

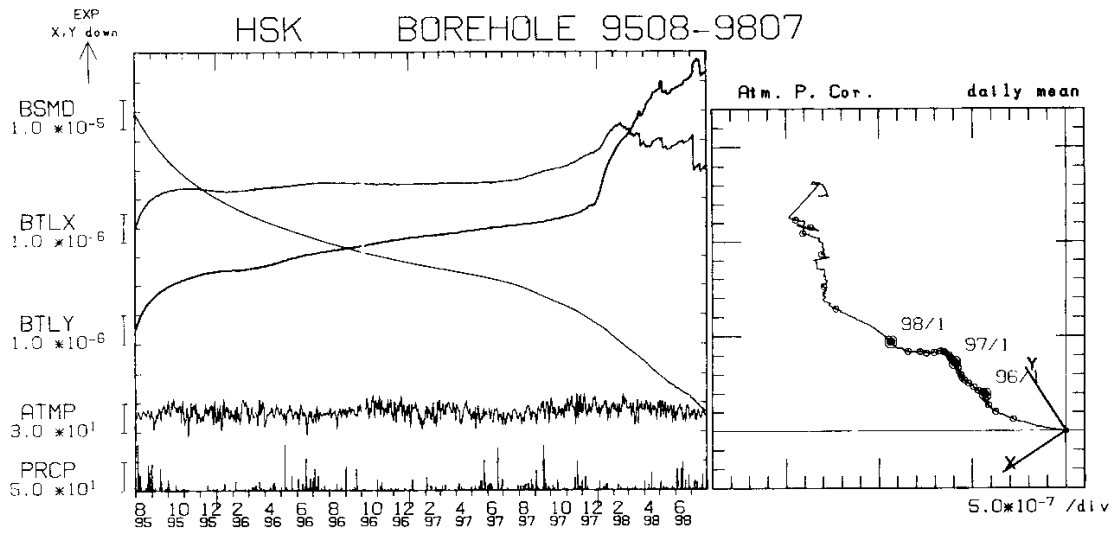
Fig.3 Locations of the observation stations where borehole strain- and tilt-meters are installed (the Pacific Ocean side). Closed circles indicate the sites where the volumetric strainmeters and the tiltmeters are installed at the depth of 500m. Closed squares denotes the sites where the three-component strainmeters and tiltmeters are installed at the depth of 300m.



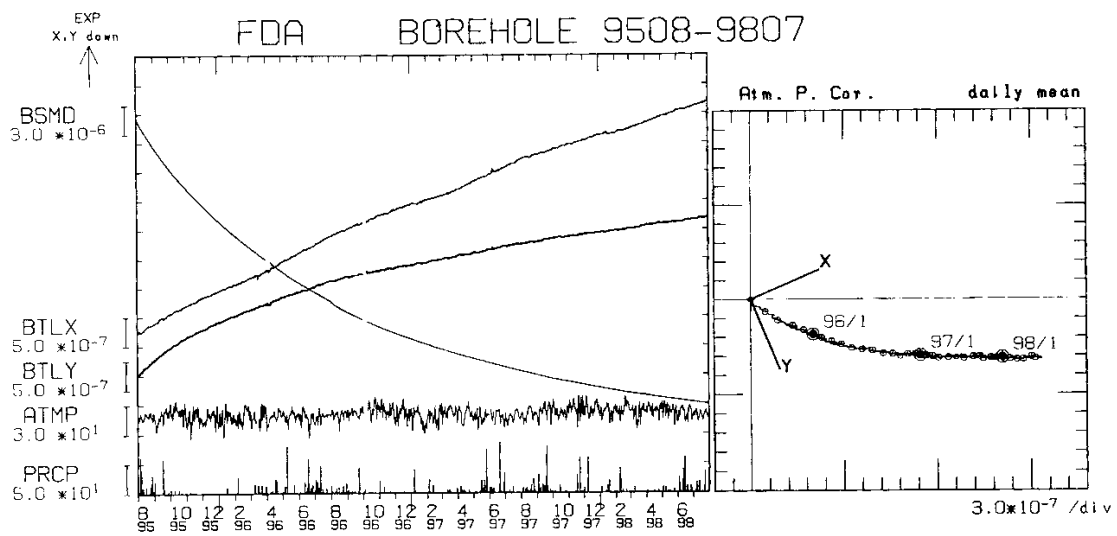
(a) 東通(HD3)

第 4 図 孔井式観測計器により観測された歪、傾斜変化。各図の左側は各成分の日平均値の時系列、右側は最大傾斜ベクトルの軌跡を示す。BSMD は体積歪計で膨張を正としている。BTLX、BTLY は傾斜計の X、Y 成分で、その方位は右側の図に示されており、その方位への傾動を正としている。BSD1、BSD2、BSD3 は、3 成分歪計の 0°、120°、240°の方位(基準は傾斜計の X 軸)の成分で、その方位の歪変化に敏感な隔室の膨張を正としている。ATMP、PRCP は気圧および日降水量である。(a)東通(HD3)、(b)階上(HSK)、(c)普代(FDA)、(d)宮古(MY3)、(e)三陸(SR3)、(f)江島(EN3)、(g)遠野(KGJ)。

Fig.4 Strain and tilt changes observed by borehole strainmeters and tiltmeters at (a)HD3, (b)HSK, (c)FDA, (d)MY3, (e)SR3, (f)EN3, and (g)KGJ for the period from August, 1995, or May, 1996 to July, 1998. BTLX, and BTLY indicate tilt along X- and Y-axis of each instrument shown in the right panel of each station. BSMD, BSD1, BSD2, and BSD3 denote the changes in volumetric strain, linear strain along 0, 120, and 240degrees measured from X-axis of three component strainmeters, respectively. ATMP and PRCP indicate the atmospheric pressure and the precipitation at each site. The left and right panels show the temporal variation and the change in the tilting vector, respectively.



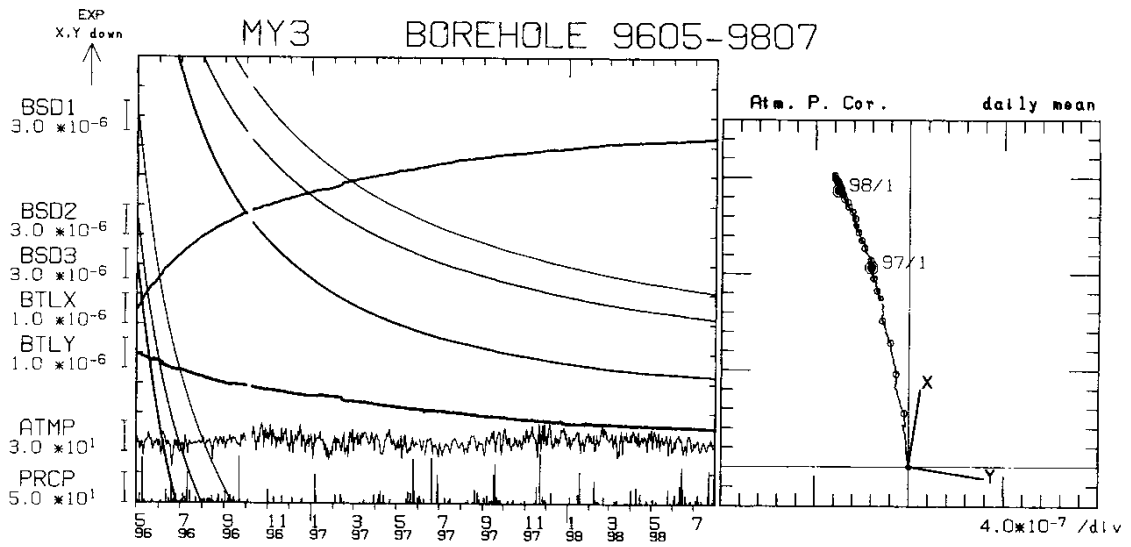
(b) 階上 (HSK)



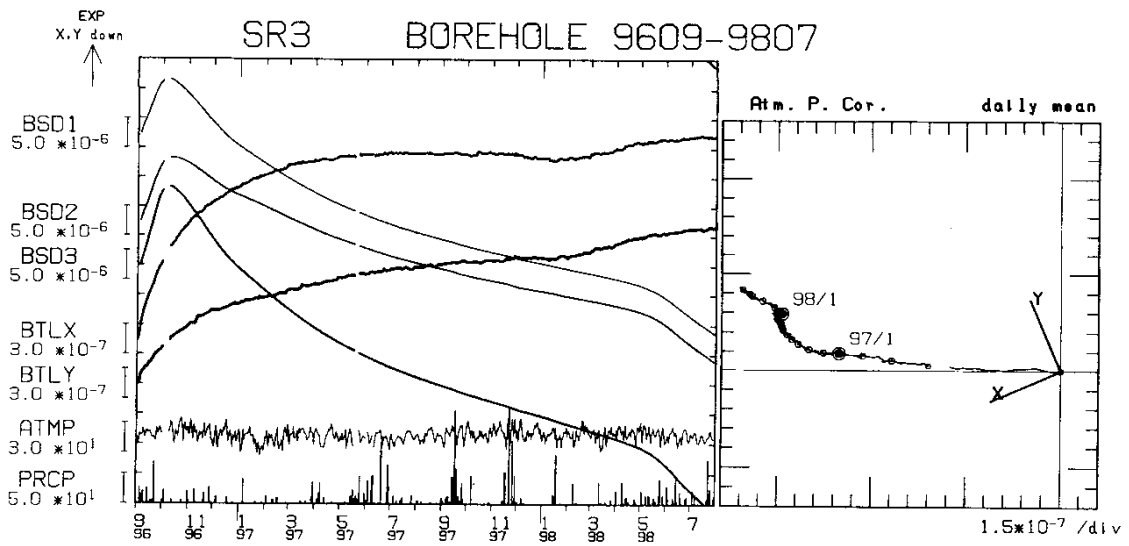
(c) 普代 (FDA)

第4図 つづき

Fig.4 (Continued)

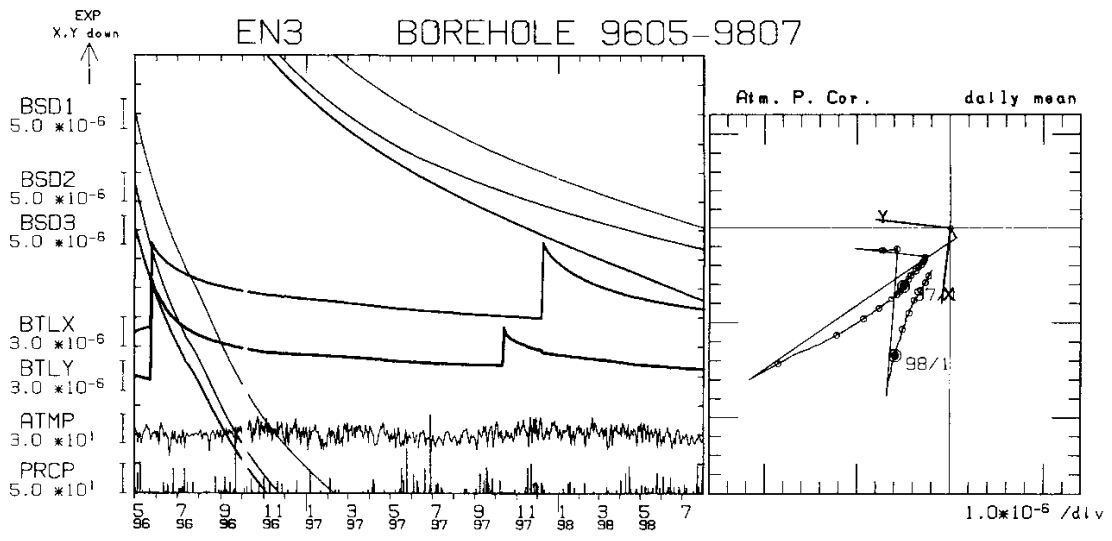


(d)宮古(MY3)

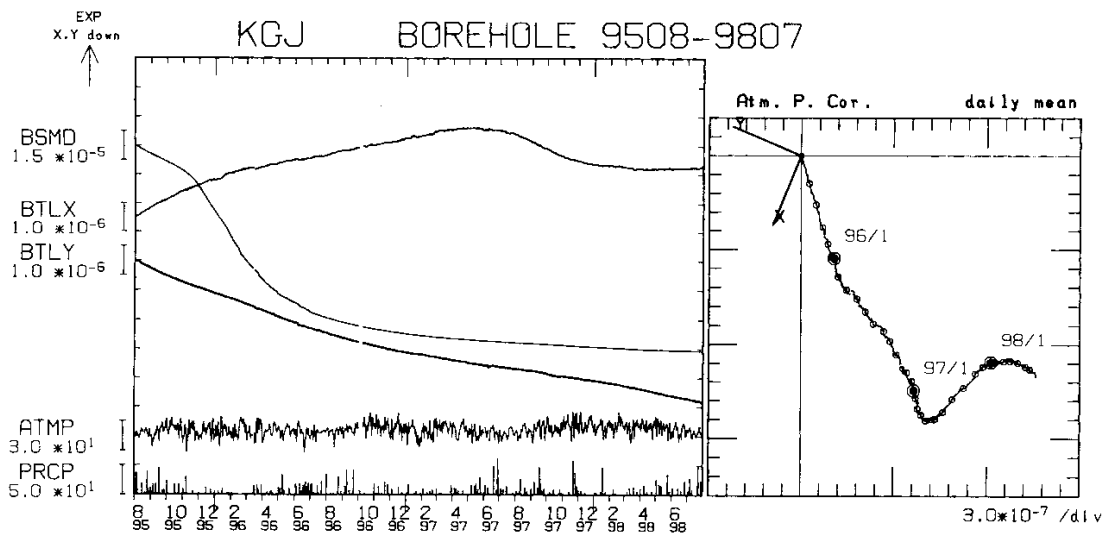


(e)三陸(SR3)

第4図 つづき
Fig.4 (Continued)

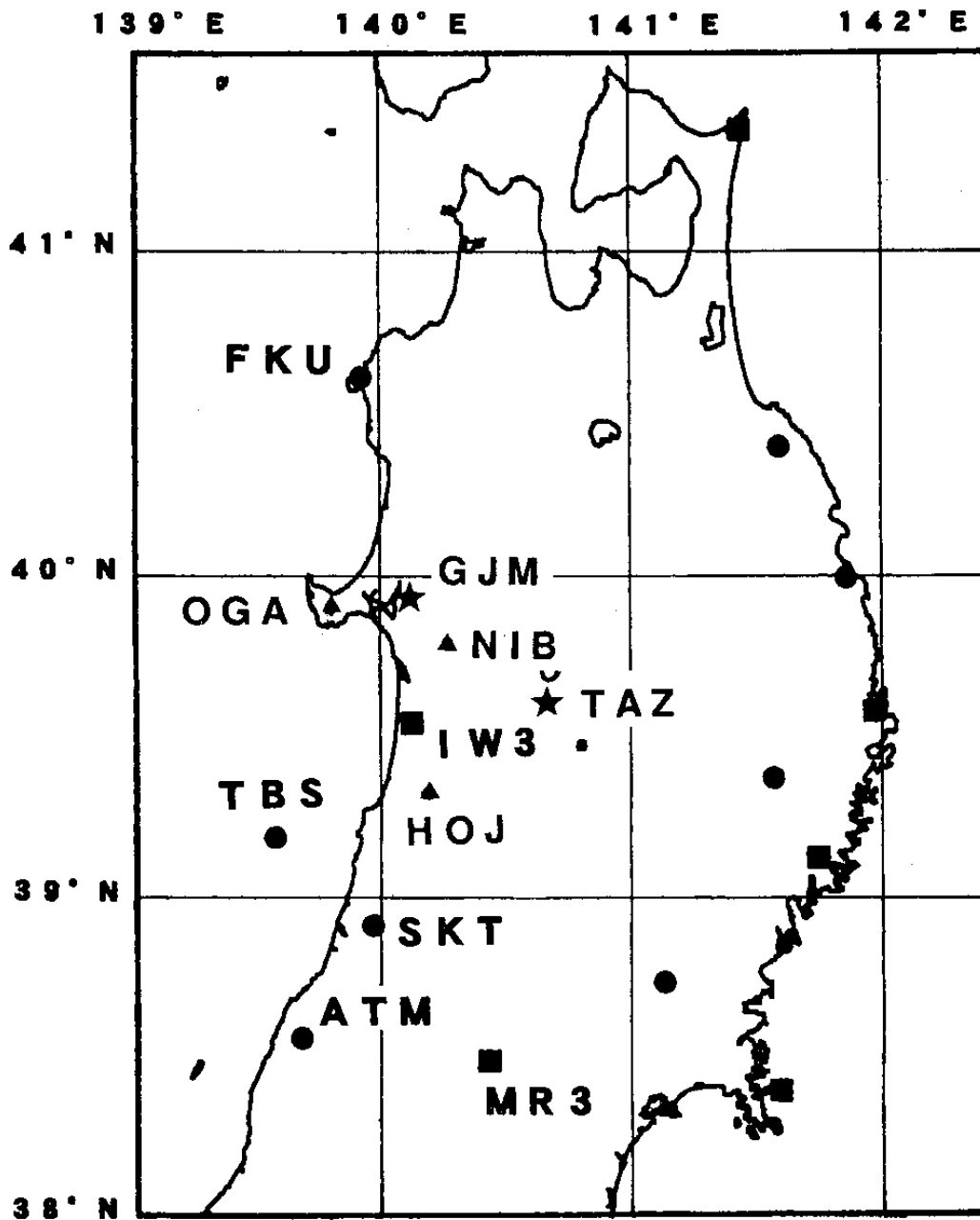


(f) 江島 (EN3)



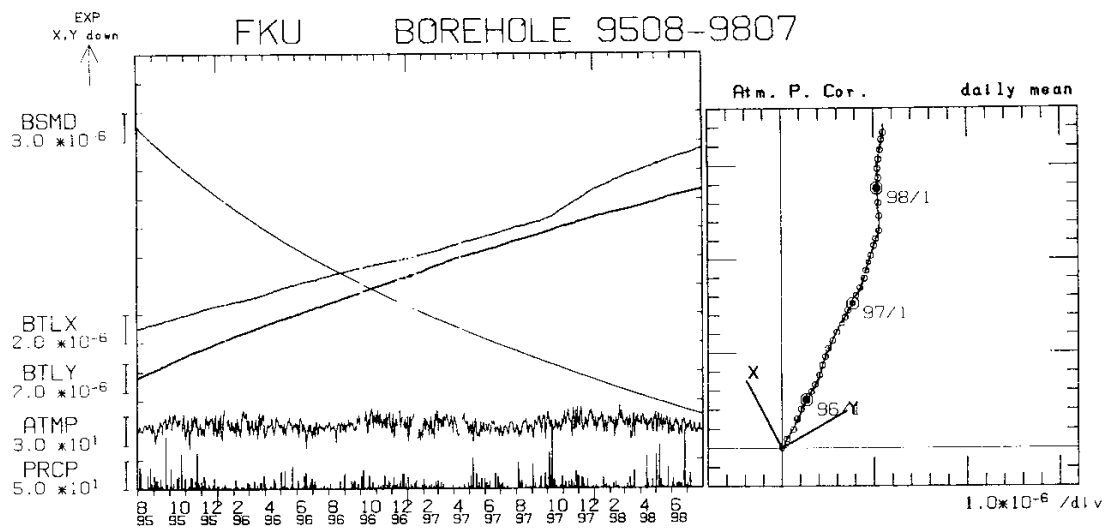
(g) 遠野 (KGJ)

第4図 つづき
Fig.4 (Continued)

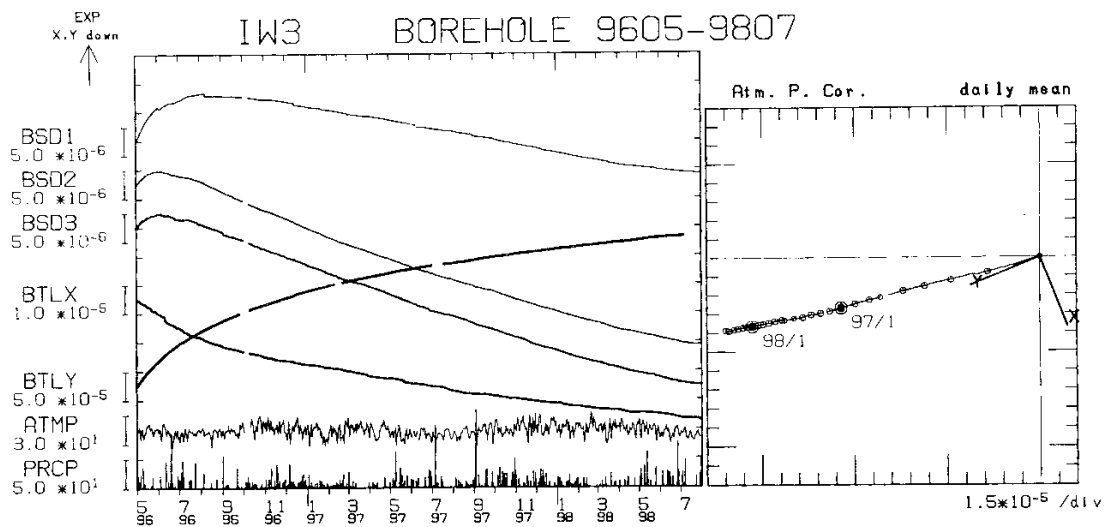


第5図 東北地方日本海側の孔井式地殻変動観測点配置図。●, □, △, ☆ はそれぞれ深度500mの体積歪計と傾斜計, 深度300mの3成分歪計(アカシ製)と傾斜計, 深度200mの体積歪計, 深度100mの体積歪計の各計器が設置されている観測点を示す。なお, 飛島(TBS)には, 深度100mに石井式3成分歪計を設置した観測井が併設されている。

Fig.5 Locations of the observation stations where borehole strain- and tilt-meters are installed (the Japan Sea side). Closed circles, squares, triangles, and stars denote stations where the volumetric strainmeters and the tiltmeters at the depth of 500m, the three-component strainmeters and tiltmeters at the depth of 300m, the volumetric strainmeters at the depth of 200m, and the volumetric strainmeters at the depth of 100m are installed, respectively.



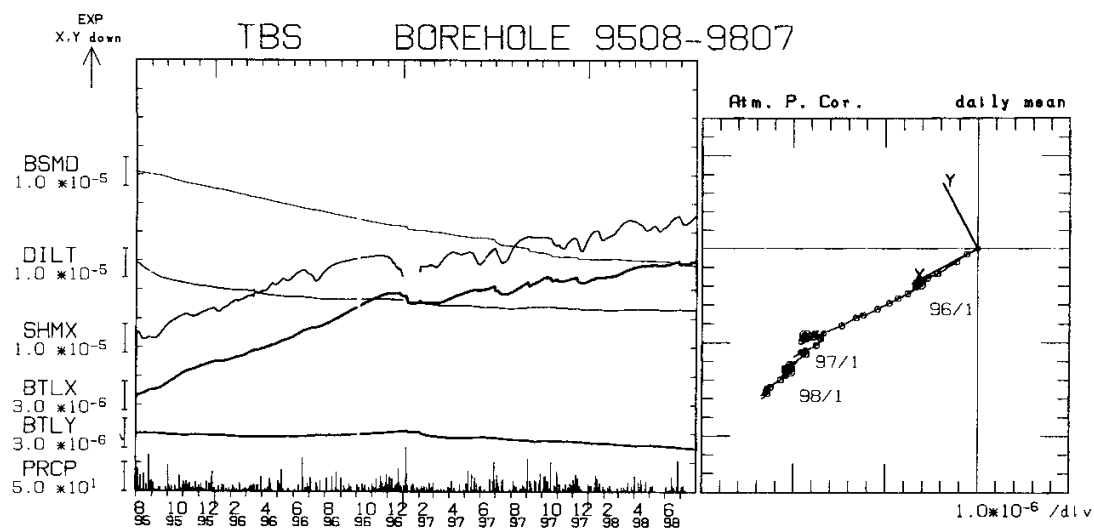
(a) 深浦 (FKU)



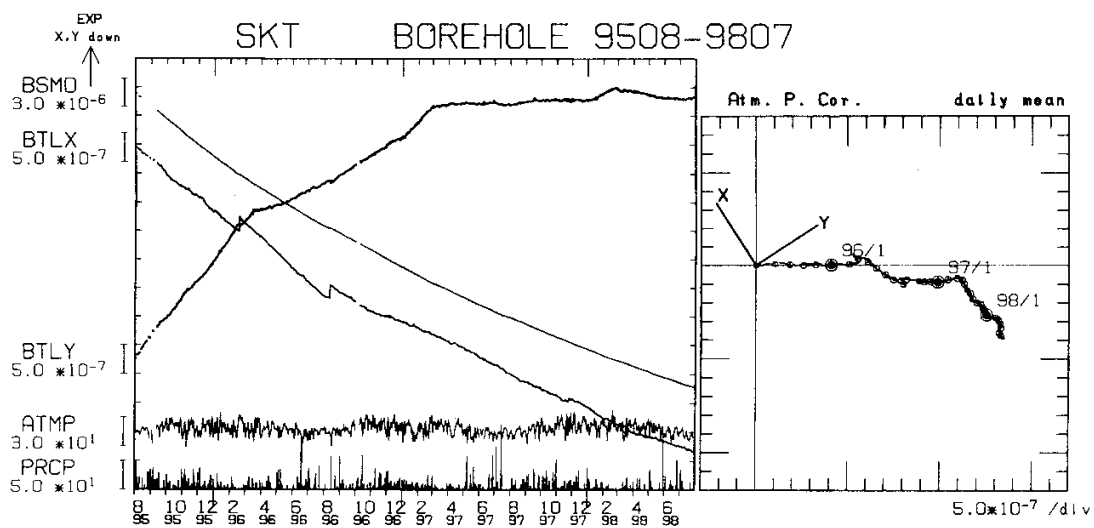
(b) 岩城 (IW3)

第 6 図 第 4 図と同じ。(a)深浦(FKU) , (b)岩城(IW3) , (c)飛島(TBS) , (d)酒田(SKT) , (e)温海(ATM) , (f)村山(MR3)。飛島(TBS)における DILT,SHMX は石井式 3 成分歪計のデータから計算された面積歪および最大せん断歪である。

Fig.6 Same as Fig.4 but for (a) FKU , (b) IW3 , (c) TBS , (d) SKT , (e) ATM , and (f) MR3. DILT and SHMX at TBS indicate areal dilatation and maximum shear strain calculated from observed data by three component borehole strainmaeter.



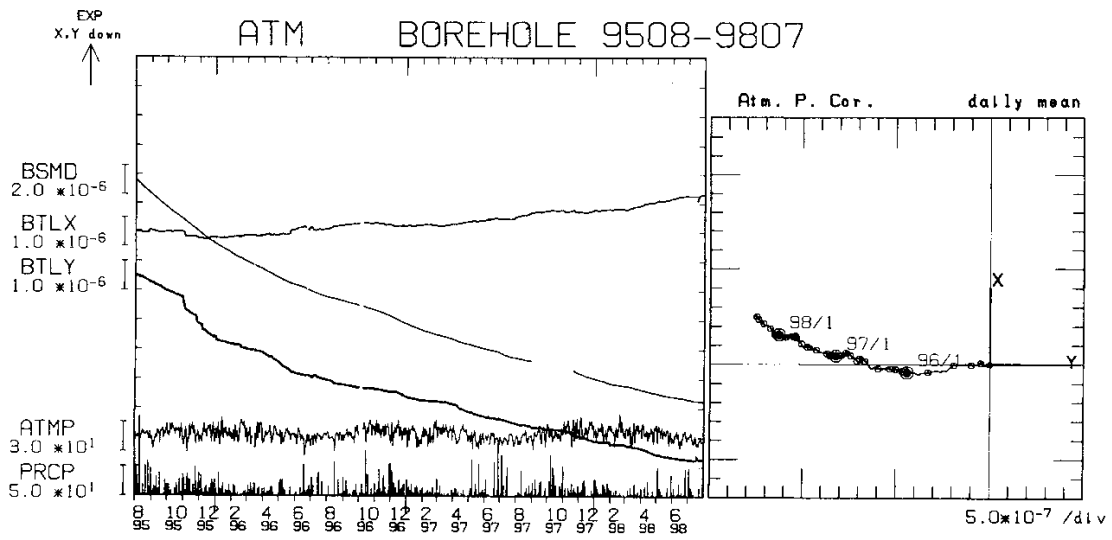
(c) 飛島 (TBS)



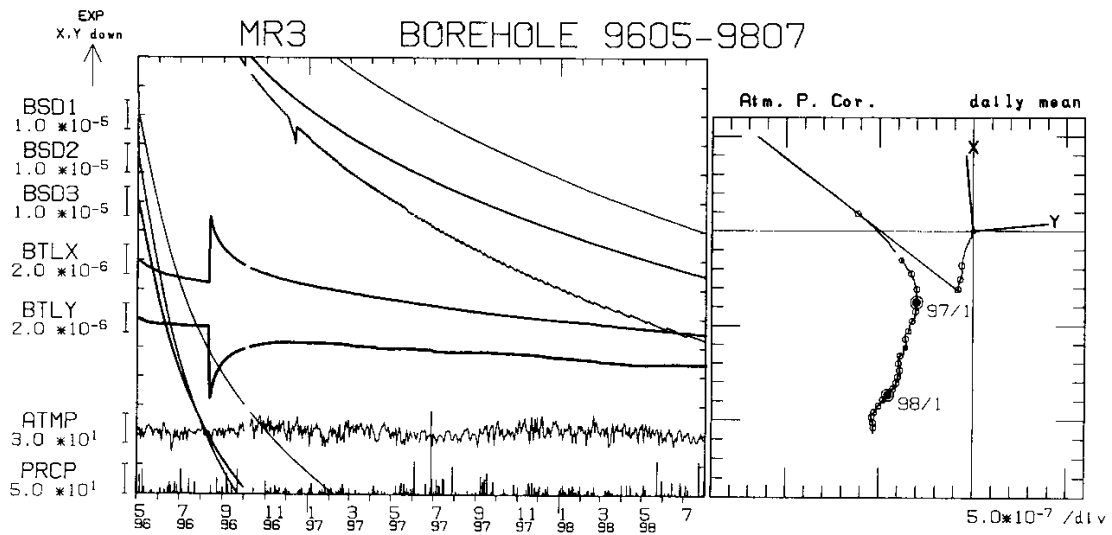
(d) 酒田 (SKT)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



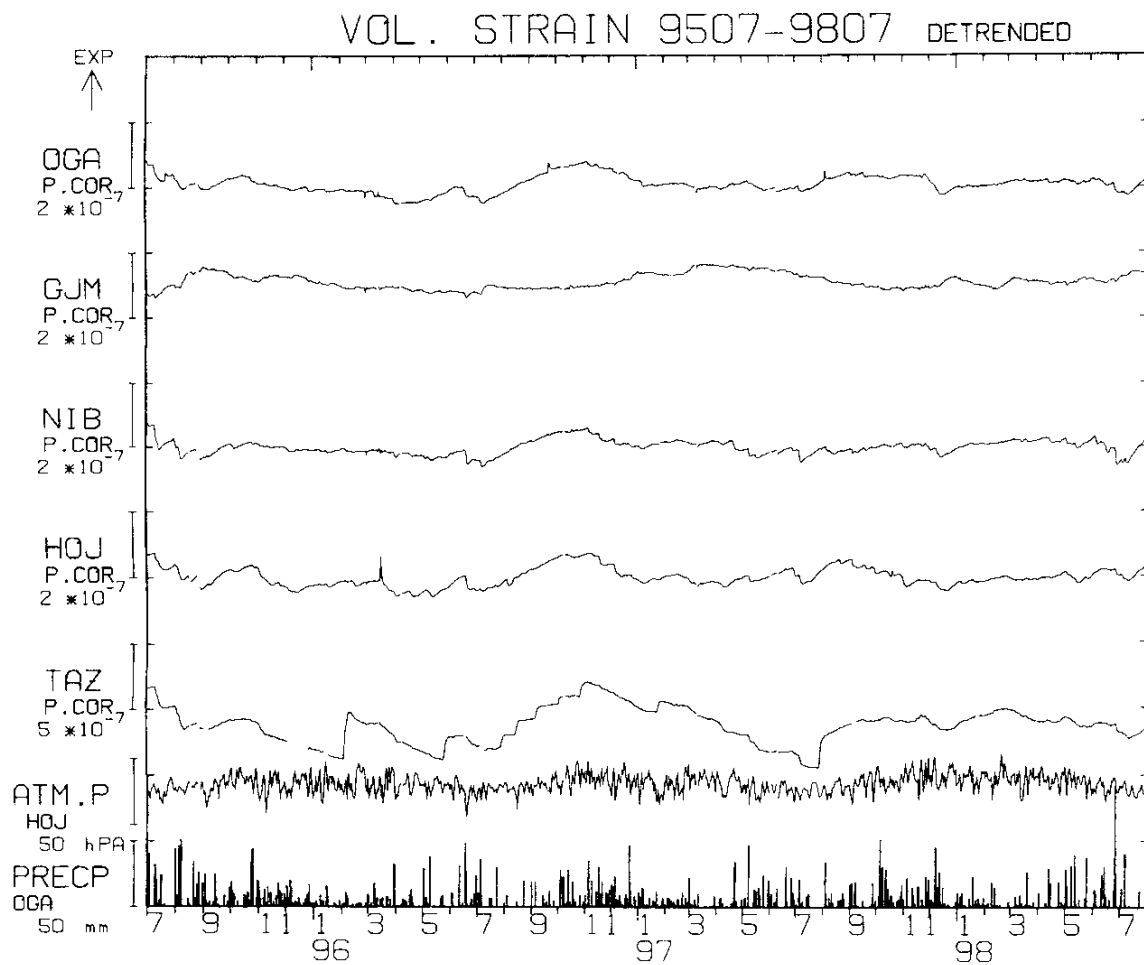
(e) 温海 (ATM)



(f) 村山 (MR3)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



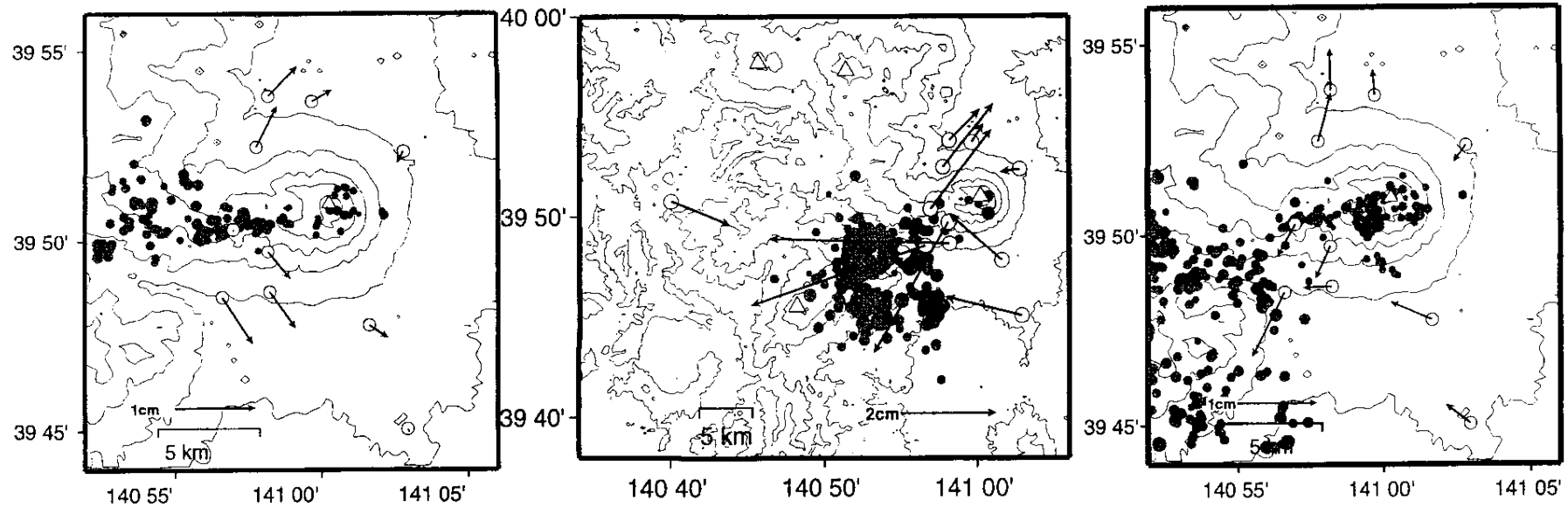
第 7 図 日本海側の男鹿(OGA), 五城目(GJM), 仁別(NIB), 本荘(HOJ)および田沢湖(TAZ)の各観測点における体積歪計のデータからトレンドを取り除いた結果。トレンドは 2 次式を仮定した。ATM.P, PRECP はそれぞれ本荘(HOJ)における気圧変化, 秋田県男鹿市における降水量である。

Fig.7 Detrended strain obtained for the stations indicated by the closed triangles and stars in Fig.5 assuming quadratic trends for each site. ATM.P and PRECP denote the atmospheric pressure at HOJ and the precipitation at OGA.

(a) 8/1-9/1,1998

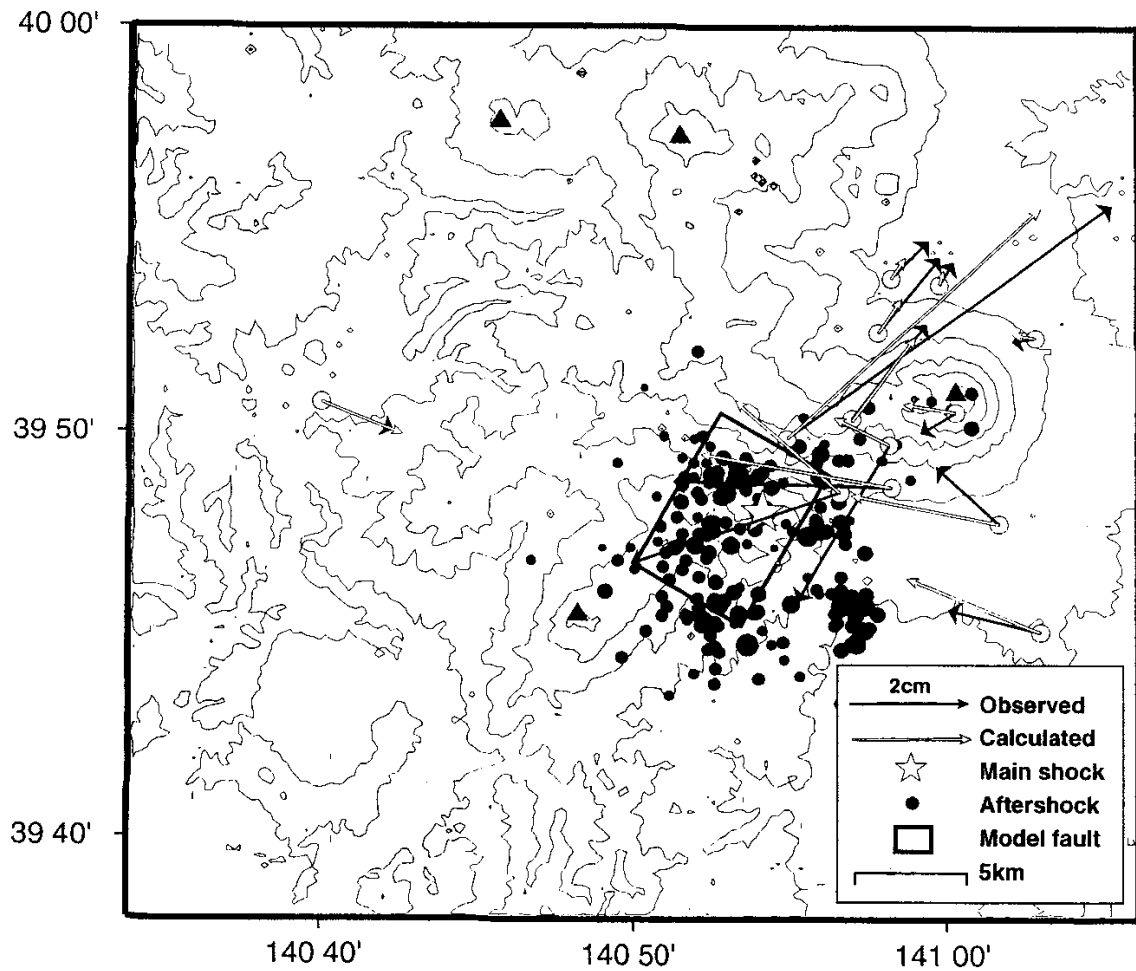
(b) 9/3,1998
Coseismic

(c) 9/4-11/4,1998



第 8 図 GPS 観測から得られた岩手山周辺の水平地殻変動。(a)1998 年 8 月 1 日～9 月 1 日 ,(b)9 月 3 日に発生した岩手県内陸北部の地震(M6.1)の前後 , (c)9 月 4 日～11 月 4 日の各期間における水平変位分布。いずれも固定点は東北大秋田観測点(AKT;秋田市)である。黒丸は各期間における再決定震源を示す。

Fig.8 Horizontal displacement relative to AKT(in Akita city) derived from the GPS network around Iwate volcano (a) in August, 1998, (b) before and after the M6.1 earthquake occurred at the northern part of Iwate prefecture on September 3, 1998, and (c) for two months after the event. Circles are the relocated epicenters for each period.



第9図 GPSによって観測された1998年9月3日岩手県内陸北部の地震に伴う水平地殻変動と断層モデル(第1表)から計算された水平変位。黒い矢印が観測された変位, 白い矢印が計算された変位, 星印は本震の震央, 黒丸は本震発生後24時間以内に発生した余震の震央を示す。長方形は断層モデルの水平面投影である。

Fig.9 Comparison between the observed (black arrows) and the theoretical displacements (white arrows) calculated from the parameters listed in Table 1. The open star and closed circles indicate epicenters of the main shock and the aftershocks occurred within 24 hours. The rectangular denotes the projection of the model fault.