

4-1 伊豆半島東方沖の群発地震活動と地殻変動

Swarm activities east off Izu Peninsula and associated crustal deformations Review

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

伊豆半島東方沖では、1978年頃より20年近くにわたって、活発な群発地震活動が間欠的に繰り返されている。これらの群発地震活動に伴って、伊豆半島東部に展開された歪計・傾斜計や各種の測量結果などには顕著な地殻変動が記録されているが、その様相は、概ね類似しているものの、細かな点では違いがある。本報告では、最近の大きなイベントである1989年7月、1993年5月、1995年9月、1996年10月の4例について、これらの地殻変動の違いについてとりまとめるとともに、モデル化の基礎となる若干の材料を提供する。

第1表、第2表は、伊豆半島東方沖におけるこれまでの群発地震活動のエポック28例(気象庁の分類による)と、これに伴う歪・傾斜・地下水観測の結果をまとめたものである。同表には鎌田観測点における各エポックの地震総回数も示されている。なお、エポック9309は、群発地震活動はなかったものの、大きな地殻変動が観測された特異な事例として、ここに付け加えてある。

黒丸印は群発地震に伴う変化が報告されているもの、一印は明瞭な変化のなかったもの、?印は1996年末現在で報告のなされていないもの、無印は観測が行われていなかったものをそれぞれ表している。なお、第2表の中で=印が横に連なっているのは、離散的な観測のために複数のエポックによる変動を分離できないことを示している。

1989年以降、鎌田における地震回数が5000回を超えたエポックは、8907、9305、9509、9610と4回を数えるが、それらのいずれについても、数多くの項目の地殻変動観測結果に変化が報告されている。群発地震活動を伴わなかったエポック9309や、300回余りの地震数しかカウントされていないエポック9607にも多くの地殻変動が報告されているが、エポック9402に対しては、水準測量を除き有意な地殻変動が報告されていない。これは、この時の群発地震活動の震源域が城ヶ崎沖合いに限られていたためである。

第1図は伊豆半島東部における歪・傾斜の連続観測点の分布を示す。第2図は4つのエポックにおける東伊豆の体積歪変化、鎌田の時間別地震回数、および網代の降水量の変化[気象庁]を示す。すべてのエポックで収縮が観測されている。第3図はエポック9610(上)および9509(下)における新井の3成分歪(左)と傾斜(右)の変化[東大震研]を示す。第4図は4つのエポックにおける伊東(川奈)、徳永、中伊豆の傾斜変化、および鎌田(気象庁)の日別地震回数[防災科研]を示す。また第5図は、伊東(川奈)におけるスムーズ化した傾動ベクトル図(地動下がり)[防災科研]を4つのエポックで比較しているが、いずれも当初は北東下がり傾動したのち、東北東下がりへ転じるという共通した特徴が見られる。

次に、第6図は伊豆半島東部で行なわれているEDM基線長観測の結果[東大震研;国土地理院]、第7図は伊豆半島東部のGPSによる基線長観測の結果[国土地理院]、第8図は川奈における小基線網のEDM基線長観測の結果[国土地理院]を、それぞれ示す。エポック毎に基線長の伸縮の組合わ

せは微妙に異なっている。また、第9図は伊豆半島東岸の水準測量結果〔国土地理院〕を示すが、これも隆起のパターンはエポック毎に異なっている。

第10図は、GPSにより検出された水平変位ベクトルの分布を示す。エポック8907〔防災科研〕では伊東市周辺と初島とでほぼ同程度の量の水平変動が観測されているが、エポック9509, 9610〔国土地理院〕では初島の動きが小さくなっている。なお、エポック9305については、GPSによる水平変動ベクトルの報告はなされていない。

以上に見られる特徴的な地殻変動を説明するために、エポック8905, 8907についてOkada and Yamamoto(1991)¹⁾が、エポック9305については山本ほか(1994)²⁾が、それぞれ、ほぼ垂直な開口断層によるモデル化を行なっている。一方、エポック9610については、GPSによる非対称な水平変動分布を説明するため、40度の傾斜角をもった開口断層によるモデルが多田(1996)³⁾により提出されている。ここでは、参考までに、多田(1996)の断層パラメータ値を用い、開口断層面の傾き角を変えた場合の地表における上下変動, 水平変動, 主歪, 面積歪のパターンの変化を第11図～第14図に示した。

(岡田義光)

参 考 文 献

- 1) Okada, Y. and E. Yamamoto (1991) : J. Geophys. Res., **96**, 10361-10376.
- 2) 山本英二・岡田義光・大久保正 (1994) : 連絡会報, **51**, 336-340.
- 3) 多田堯 (1996) : 第121回地震予知連絡会資料(1996年11月)

第1表 伊豆半島東方沖の群発地震活動のエポック(気象庁)と、これに伴う歪・傾斜・地下水観測の結果(1978年~1987年)

Table. 1 Epochs of swarm activity east off Izu Peninsula(by JMA) and associated strain, tilt and groundwater changes in 1978-1987.

[●: change was found, -: no change, ?: no report]

[●: 変化あり, -: 明瞭な変化なし, ?: 報告なし, : 観測なし]

エポック			7811	7903	7905	8006	8203	8205	8209	8301	8409	8503	8510	8512	8610	8705
地震総回数(鎌田)			11423	2694	2060	14124	394	1308	667	2166	6058	2748	4202	972	6106	2628
体積歪	網代	JMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
体積歪	東伊豆	JMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	●	-
傾斜	中伊豆	NIED	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ラドン	RHB	東大	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ラドン	姫の湯	GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ラドン	赤沢	GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自噴量	姫の湯	GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自噴量	赤沢	GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水温	赤沢	GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水準測量	伊豆東岸	GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
辺長測量	伊豆東部	GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
辺長測量	網代基線	GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
辺長測量	川奈基線	GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
辺長測量	伊豆東部	ERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

JMA: 気象庁, NIED: 防災科学技術研究所, GSJ: 地質調査所, GSI: 国土地理院, ERI: 東京大学地震研究所

第2表 伊豆半島東方沖の群発地震活動のエポック(気象庁)と、これに伴う歪・傾斜・地下水観測の結果(1988年~1996年)

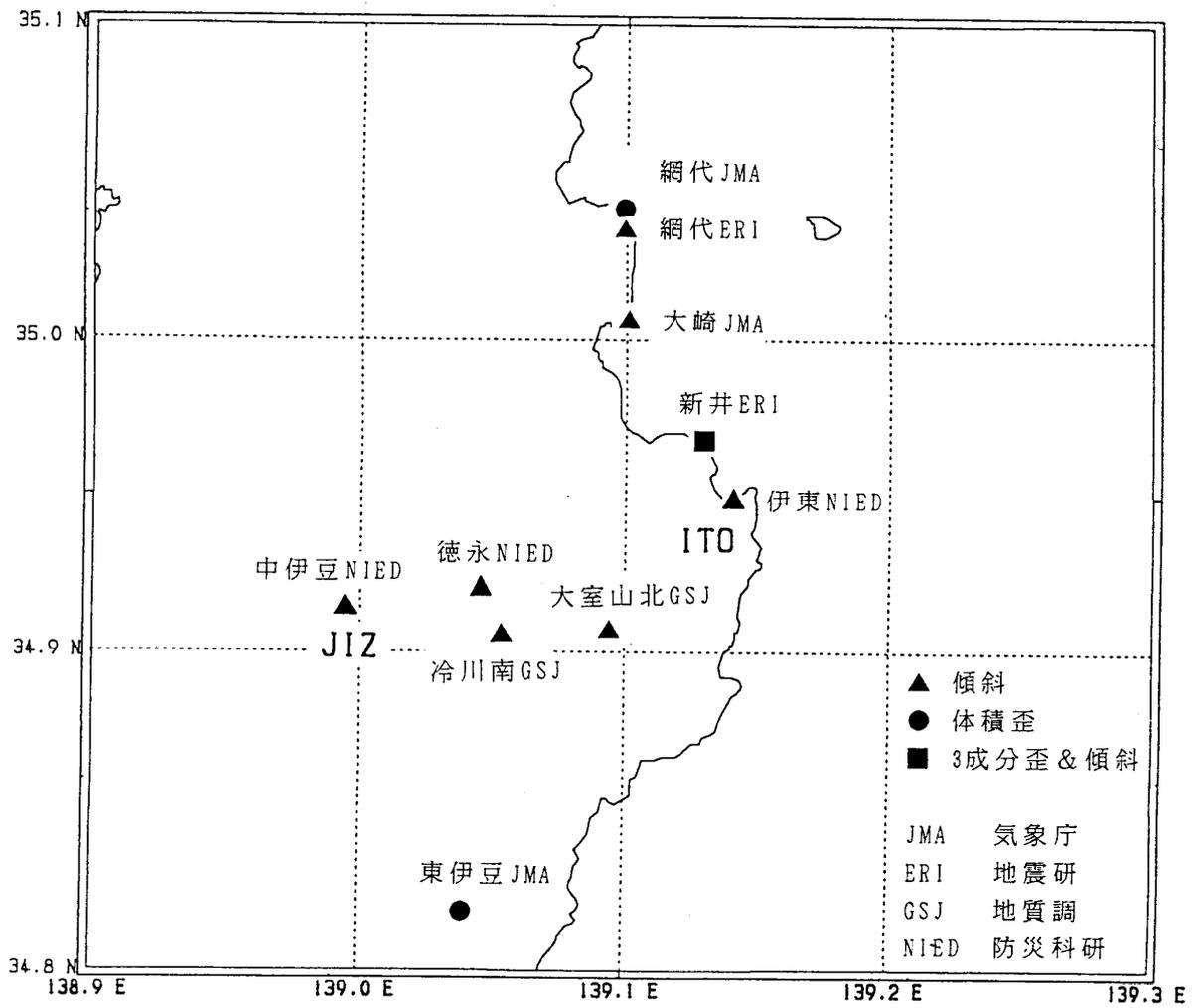
Table. 2 Epochs of swarm activity east off Izu Peninsula(by JMA) and associated strain, tilt and groundwater changes in 1988-1996.

[●: change was found, - : no change, ? : no report]

[● : 変化あり, - : 明瞭な変化なし, ? : 報告なし, : 観測なし]

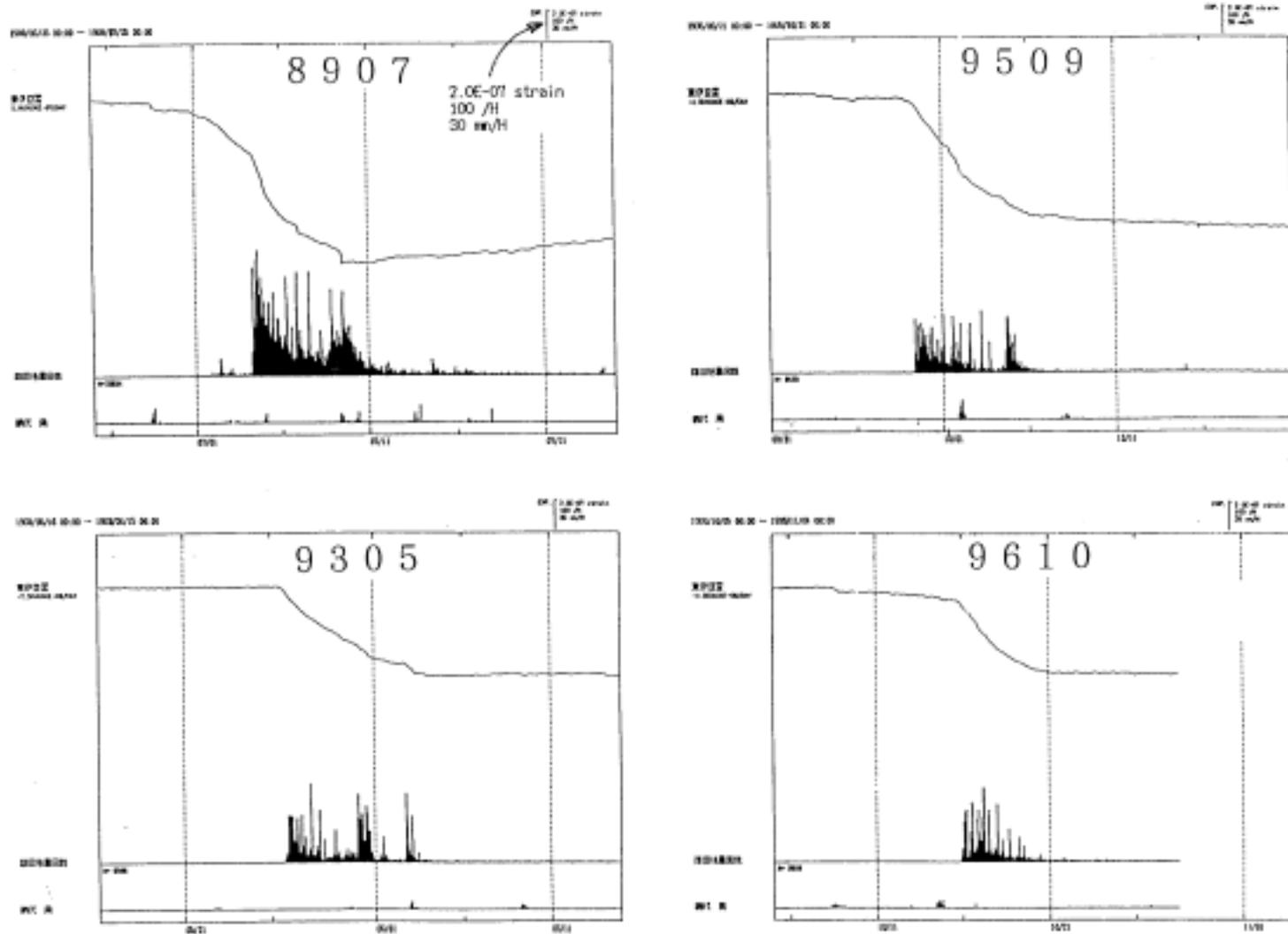
エポック	8802	8804	8805	8807	8905	8907	9108	9112	9301	9305	9309	9402	9509	9607	9610
地震総回数(鎌田)	534	201	77	16990	1217	25098	61	359	2064	9598	-	287	9436	315	5978
体積歪 網代 JMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
体積歪 東伊豆 JMA	-	-	-	●	●	●	-	-	●	●	-	-	●	-	●
3成分歪 新井 ERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	?	●
傾斜 中伊豆 NIED	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	●
傾斜 伊東 NIED	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	-	●	●	●
傾斜 大崎 JMA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	●	?	●
傾斜(水管)網代 ERI	-	-	-	-	-	-	-	●	-	●	●	-	?	?	?
傾斜 徳永 NIED	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	?	●
傾斜 新井 ERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	?	●
傾斜 冷川南 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
傾斜 大室山北 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ラドン RHB 東大	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	●	-	-
ラドン 姫の湯 GSJ	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	?	?	?
ラドン 赤沢 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	?
自噴量 姫の湯 GSJ	-	-	-	-	-	●	-	-	-	●	-	-	●	?	-
自噴量 赤沢 GSJ	-	-	-	-	-	●	-	-	●	●	-	●	●	-	●
水温 赤沢 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	?	●	?	?
水温 HRN 東大	-	-	-	-	-	-	?	?	-	●	-	-	●	?	●
水位 EDY 東大	-	-	-	-	-	-	?	?	-	●	-	-	●	?	●
水位 松原174 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	?	●
水位 冷川南 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	-
水位 大室山北 GSJ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-
光波連続 ITO-HAT ERI	-	-	-	-	-	●	-	-	-	●	●	-	●	●	-
光波連続 ITO-USA ERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	●	-
光波連続 ITO-etc ERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●
光波連続 KMR-USA GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	●	-	●
GPS基線 KWN-HTS NIED	-	-	-	-	-	●	?	?	?	?	?	?	?	?	●
GPS基線 ITO-HTS GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	●	-	●
GPS基線 伊豆東部 GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●
GPS変位 KWN, HTS NIED	-	-	-	-	-	●	?	?	?	?	-	-	●	-	●
GPS変位 伊豆東部 GSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	?	●	●	●
水準測量 伊豆東岸 GSI	-	-	-	-	●	●	=====●	=====●	=====●	●	●	●	●	-	●
辺長測量 伊豆東岸 GSI	-	-	-	-	=====●	=====●	-	-	=====●	=====●	=====●	?	?	?	?
辺長測量 網代基線 GSI	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-	-	?	?
辺長測量 川奈基線 GSI	-	-	-	-	-	●	-	-	-	●	●	-	-	-	●
辺長測量 伊豆東部 ERI	-	-	-	-	-	●	-	-	-	●	●	=====	?	?	?
辺長測量 川奈-etc ERI	-	-	-	-	-	●	-	-	-	●	●	-	●	-	●
GPS測量 潮吹手石 名大	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	=====	●	?	?
GPS測量 伊東周辺 大学	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-

JMA : 気象庁, NIED : 防災科学技術研究所, GSJ : 地質調査所, GSI : 国土地理院, ERI : 東京大学地震研究所



第1図 伊豆半島東部における歪・傾斜の連続観測点の分布

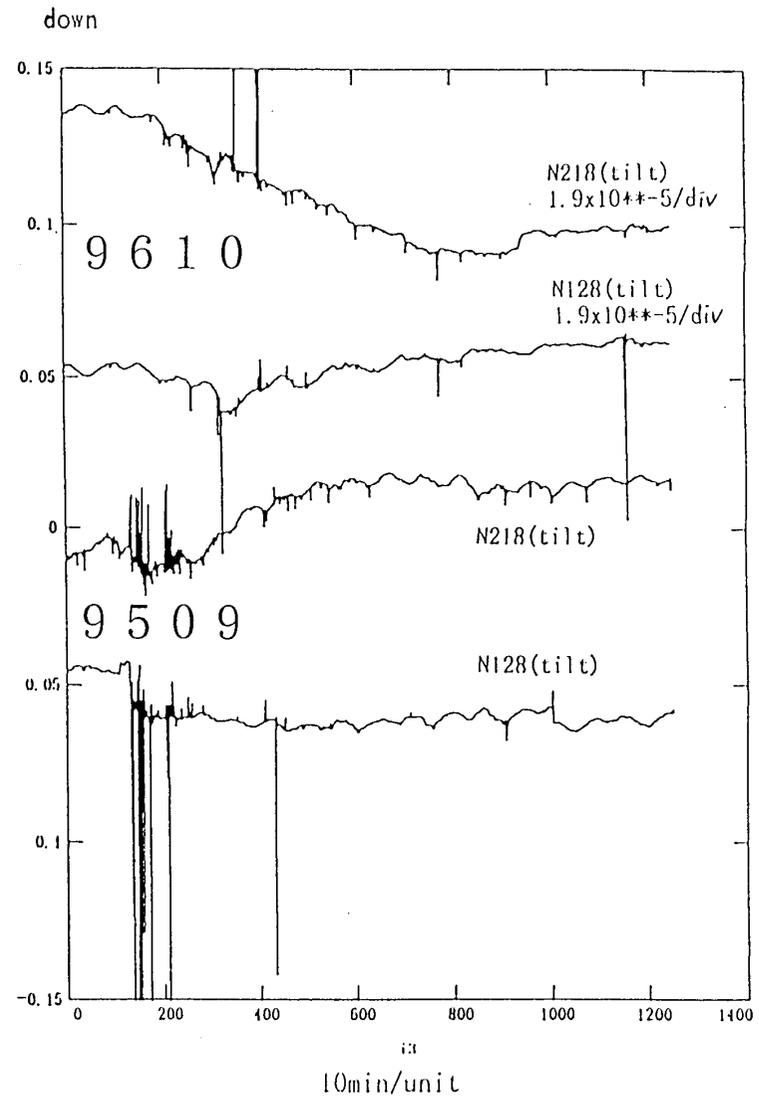
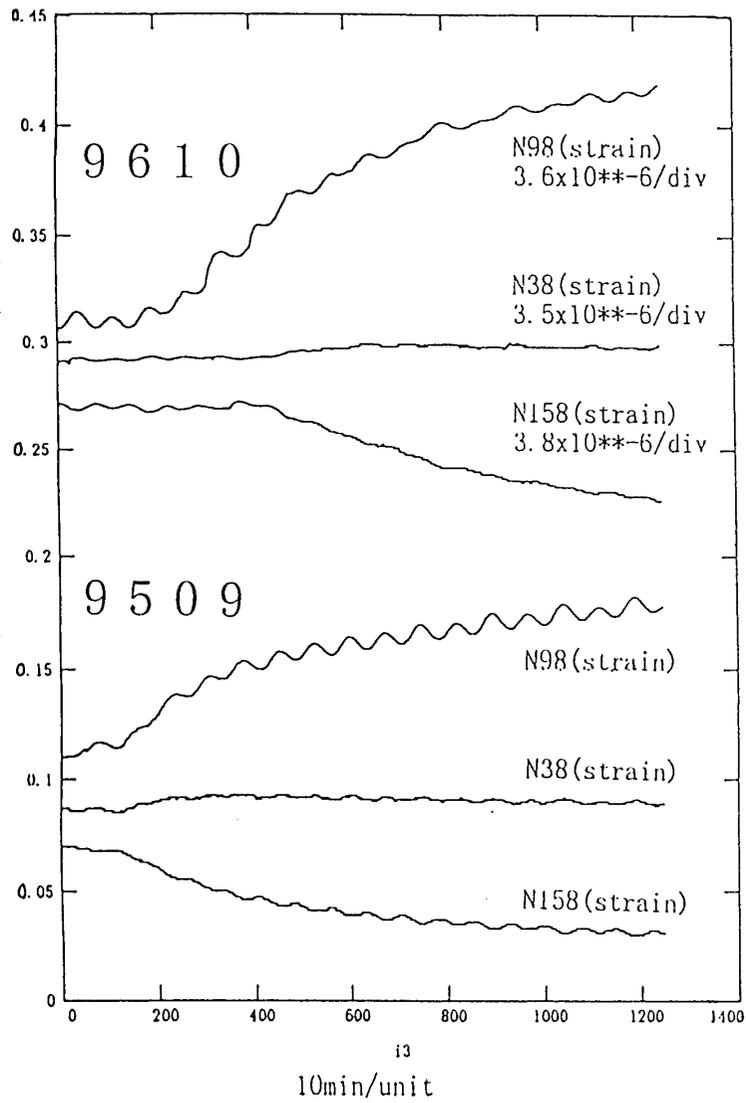
Fig. 1 Distribution of strainmeter(circle) and tiltmeter(triangle) in eastern Izu Peninsula.



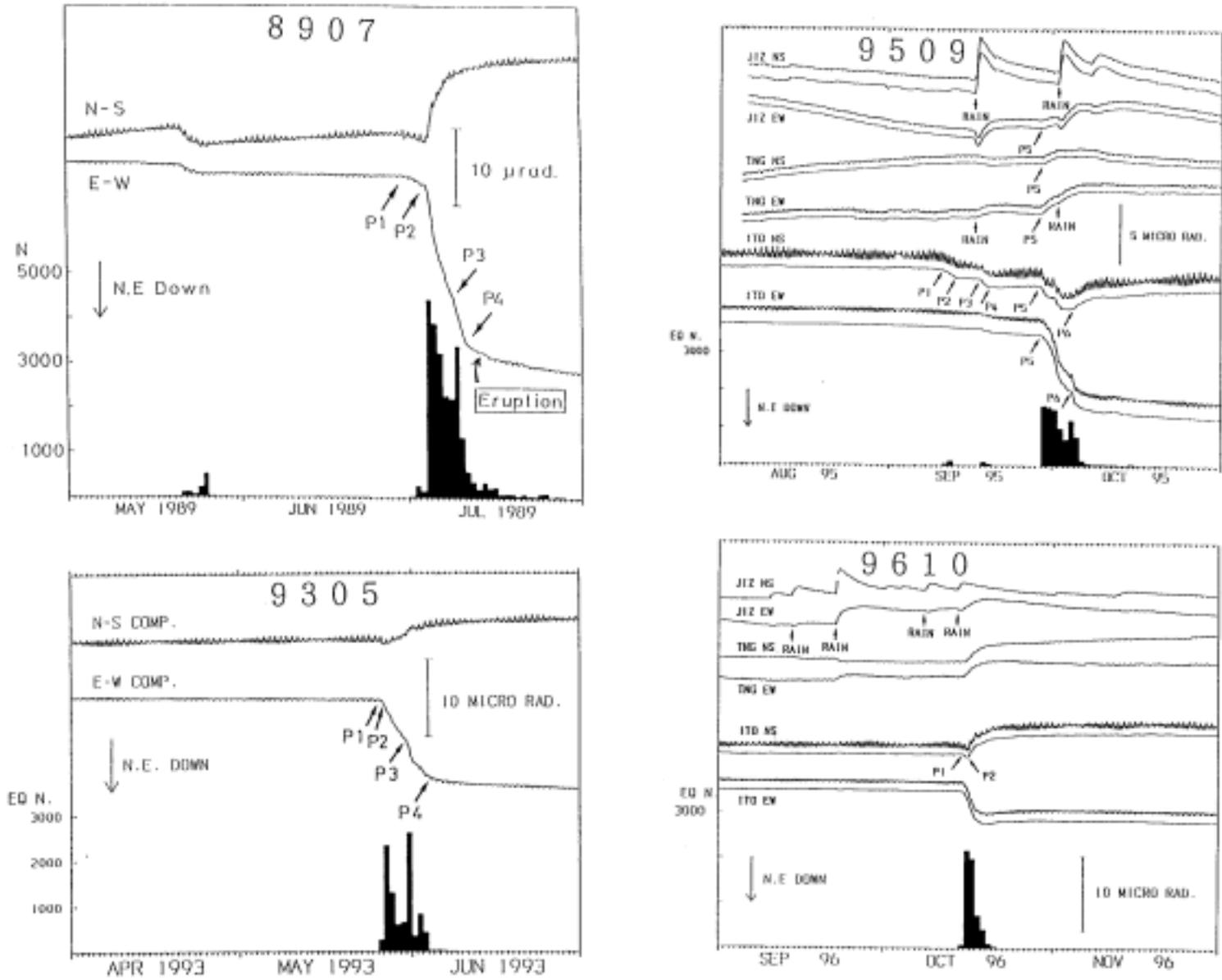
第2図 東伊豆の体積歪変化，鎌田の時間別地震回数，および網代の降水量 [気象庁]

Fig. 2 Volume strain at Higashiizu and hourly earthquake number at Kamata, together with precipitation at Ajiro stations (JMA)

ext 上: 96/10/14 16:40 - 10/23 07:20
 下: 95/10/03 18:40 - 10/12 10:00

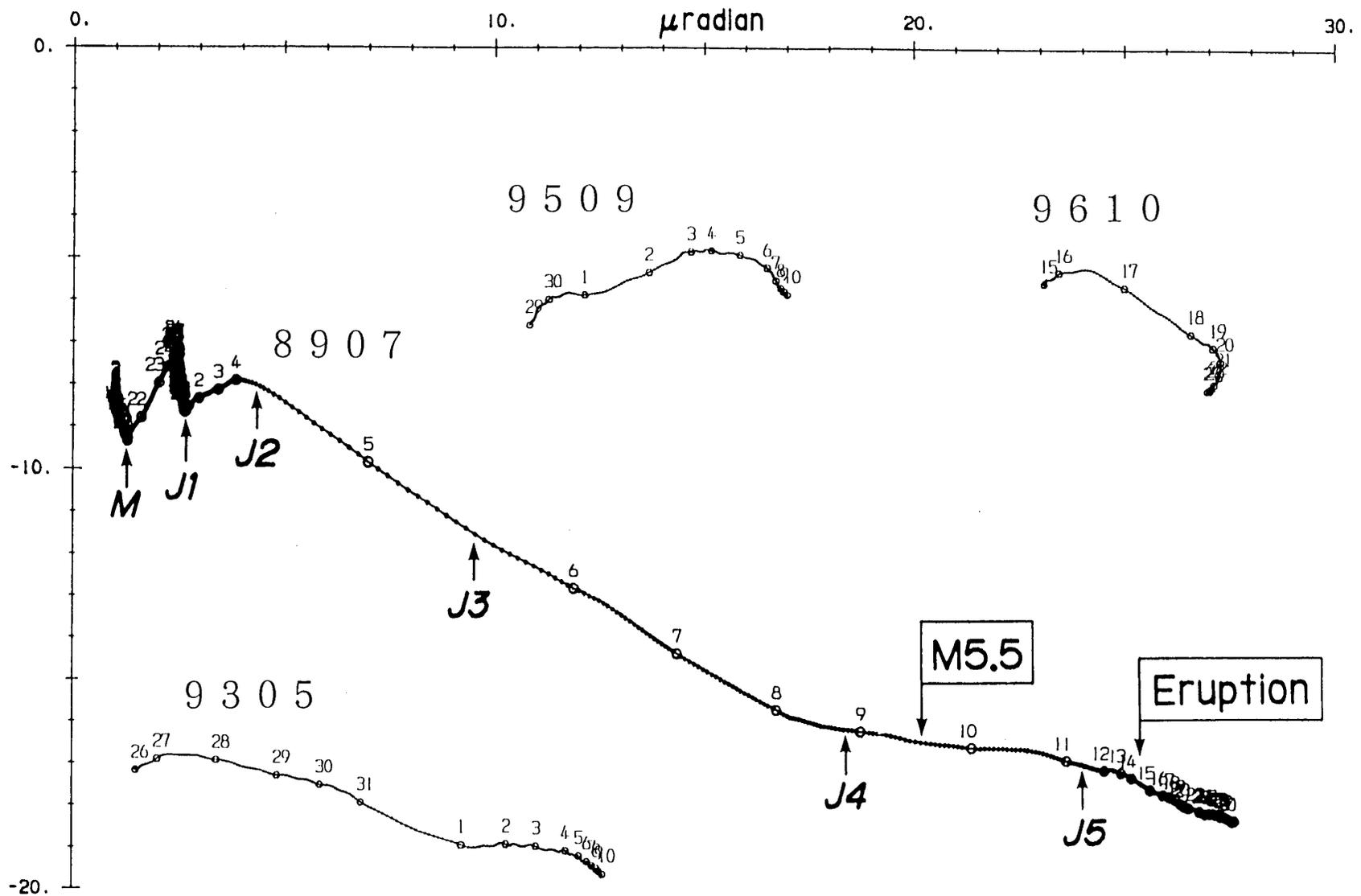


第3図 新井の3成分歪(左)と傾斜(右)の変化 [東大震研]
 Fig. 3 Three-component strain(left) and tilt(right) at Arai station (ERI)



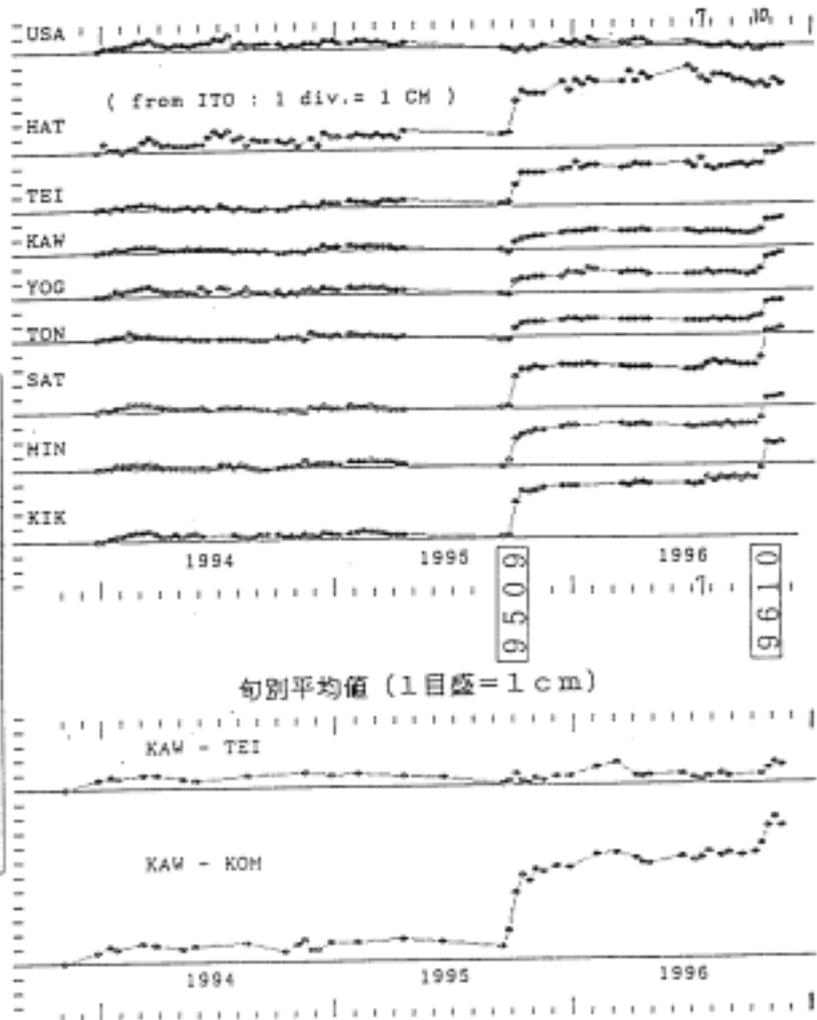
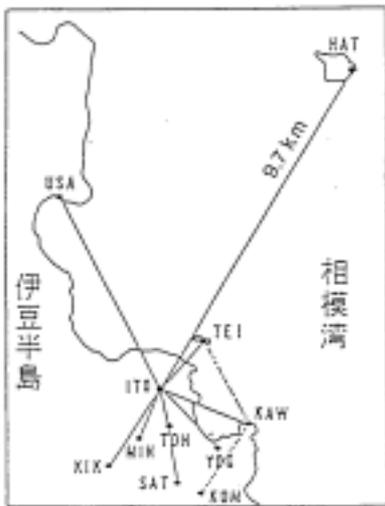
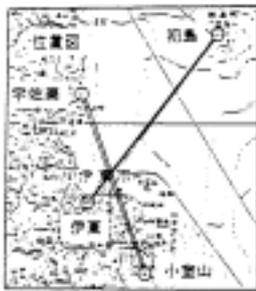
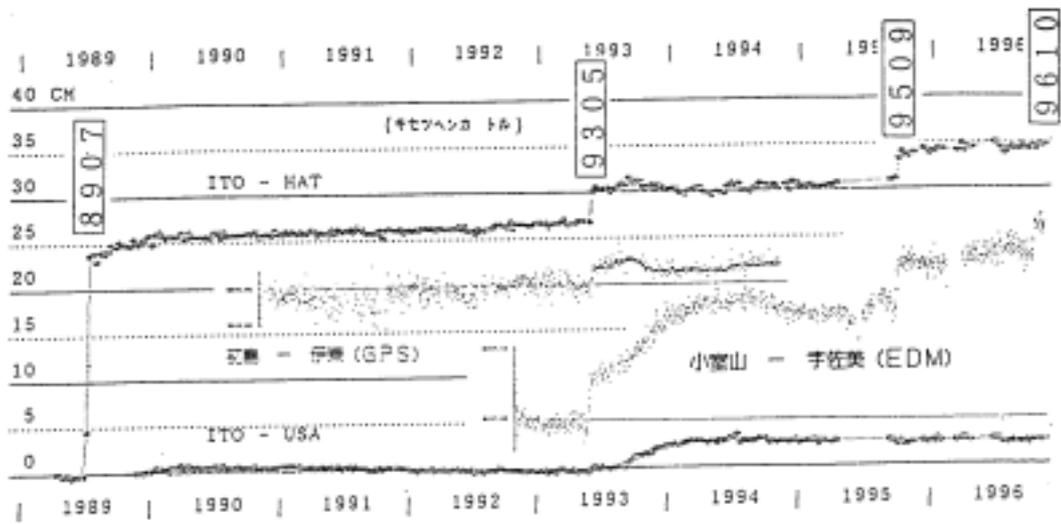
第4図 伊東(川奈), 徳永, 中伊豆の傾斜変化, および鎌田の日別地震回数 [防災科研]

Fig. 4 Tilt at Ito(Kawana), Tokunaga and Nakaizu stations (NIED) together with daily earthquake number at Kamata station (JMA)



第5図 伊東(川奈)のスムーズ化した傾動ベクトル図(地動下がり) [防災科研]

Fig. 5 Smoothed tilt down vectors at Ito(Kawana) station (NIED)



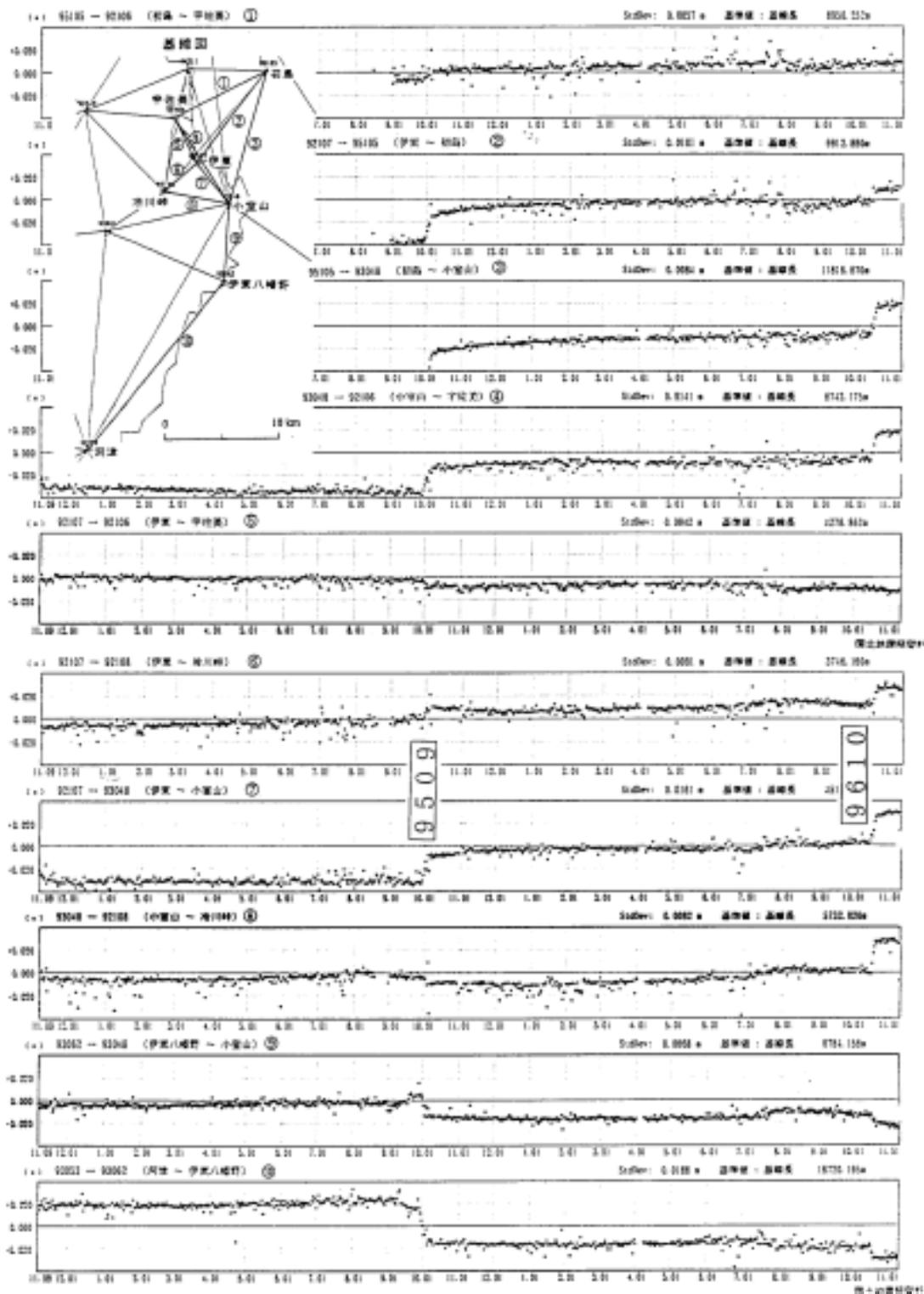
第 6 図 伊豆半島東部の EDM 基線長変化 [東大震研 ; 国土地理院]

Fig. 6 Baseline changes by EDM in eastern Izu Peninsula (GSI)

基線長変化

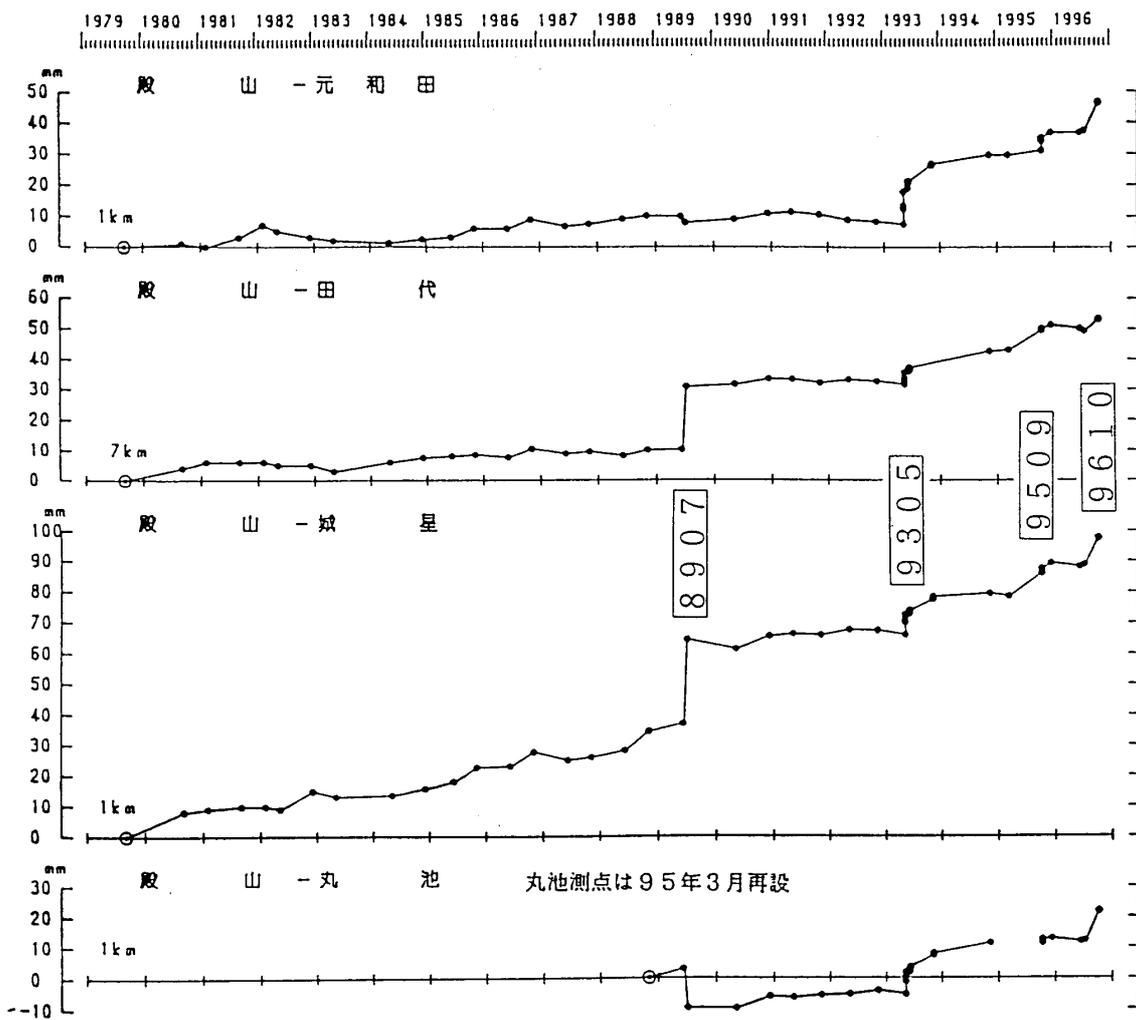
精密層

1999年11月 31



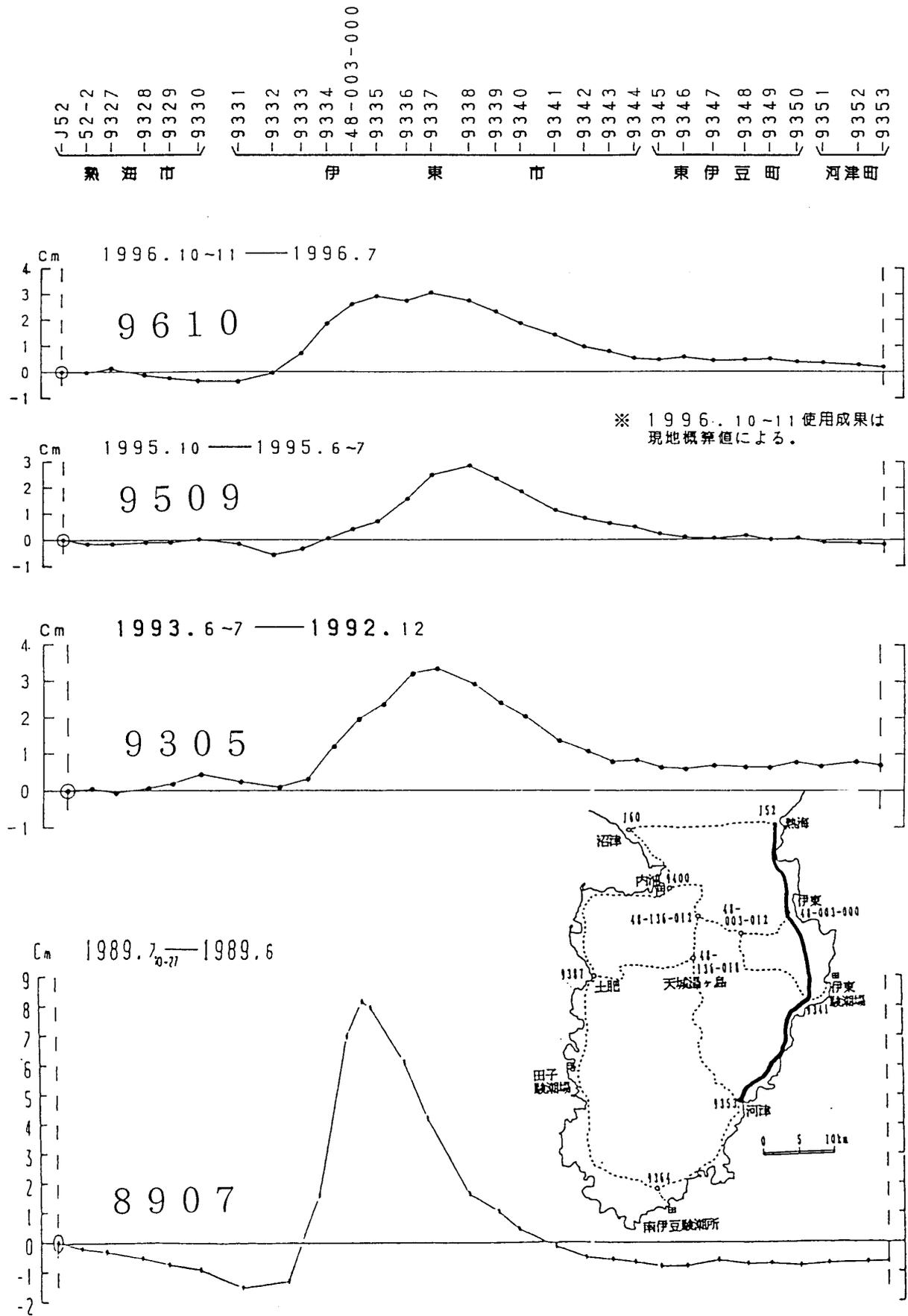
第7図 伊豆半島東部の GPS 基線長変化 [国土地理院]
 Fig. 7 Baseline changes by GPS in eastern Izu Peninsula (GSI)

辺長の経年変化



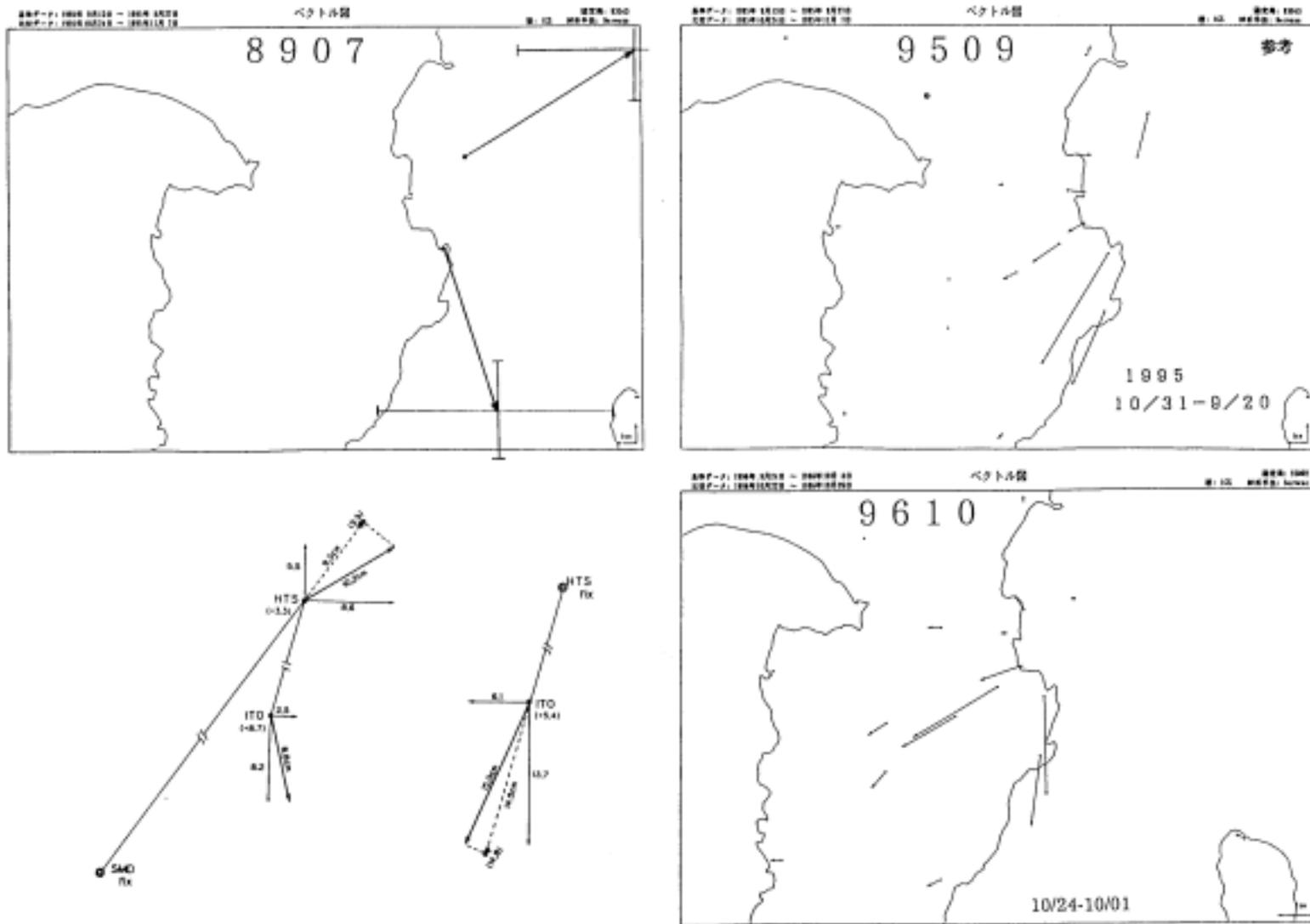
第8図 川奈小基線網の EDM 基線長変化 [国土地理院]

Fig. 8 Baseline changes by EDM at small around Kawana (GSI)

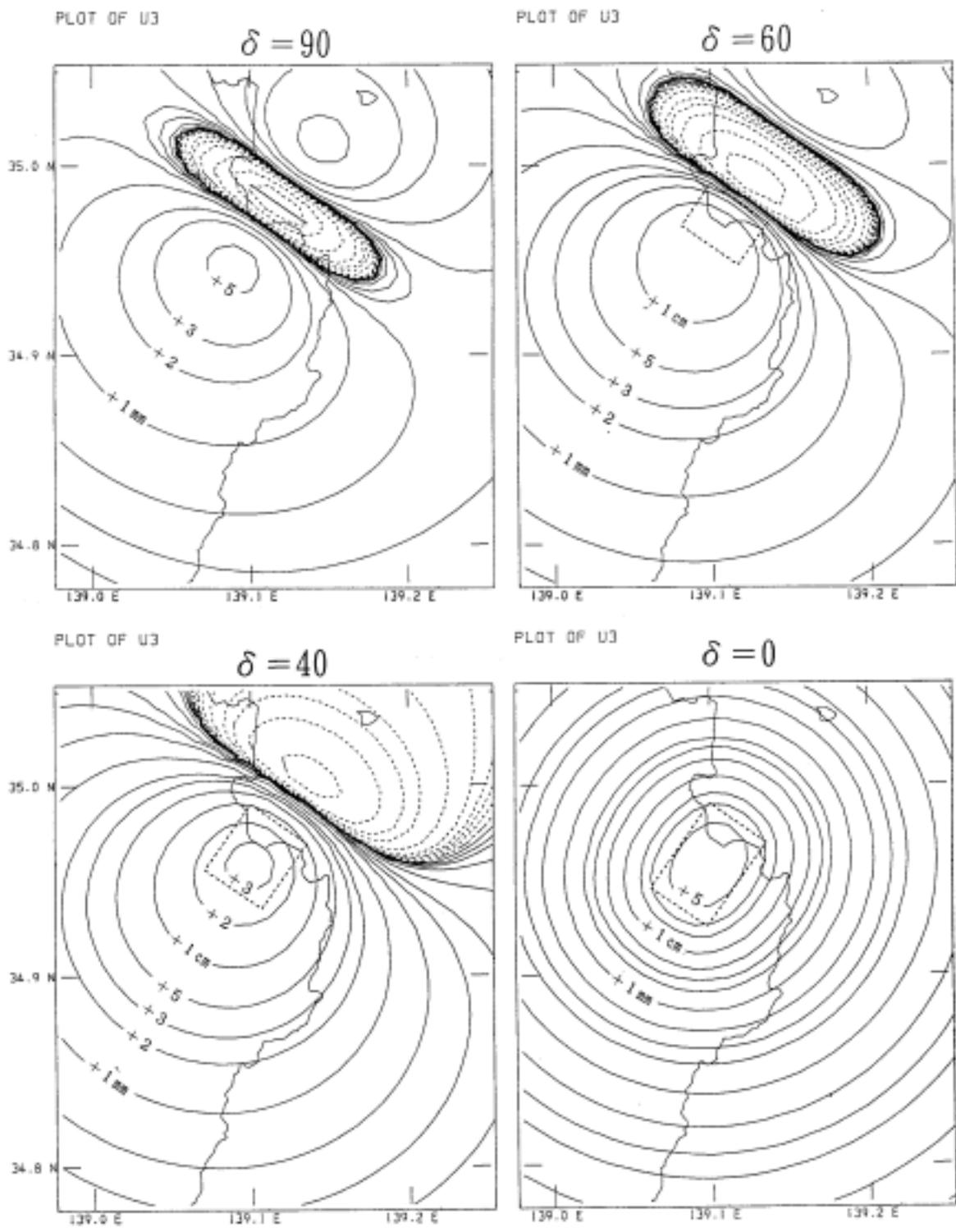


第9図 伊豆半島東岸の水準測量結果 [国土地理院]

Fig. 9 Leveling survey results along eastern coast of Izu Peninsula (GSI)

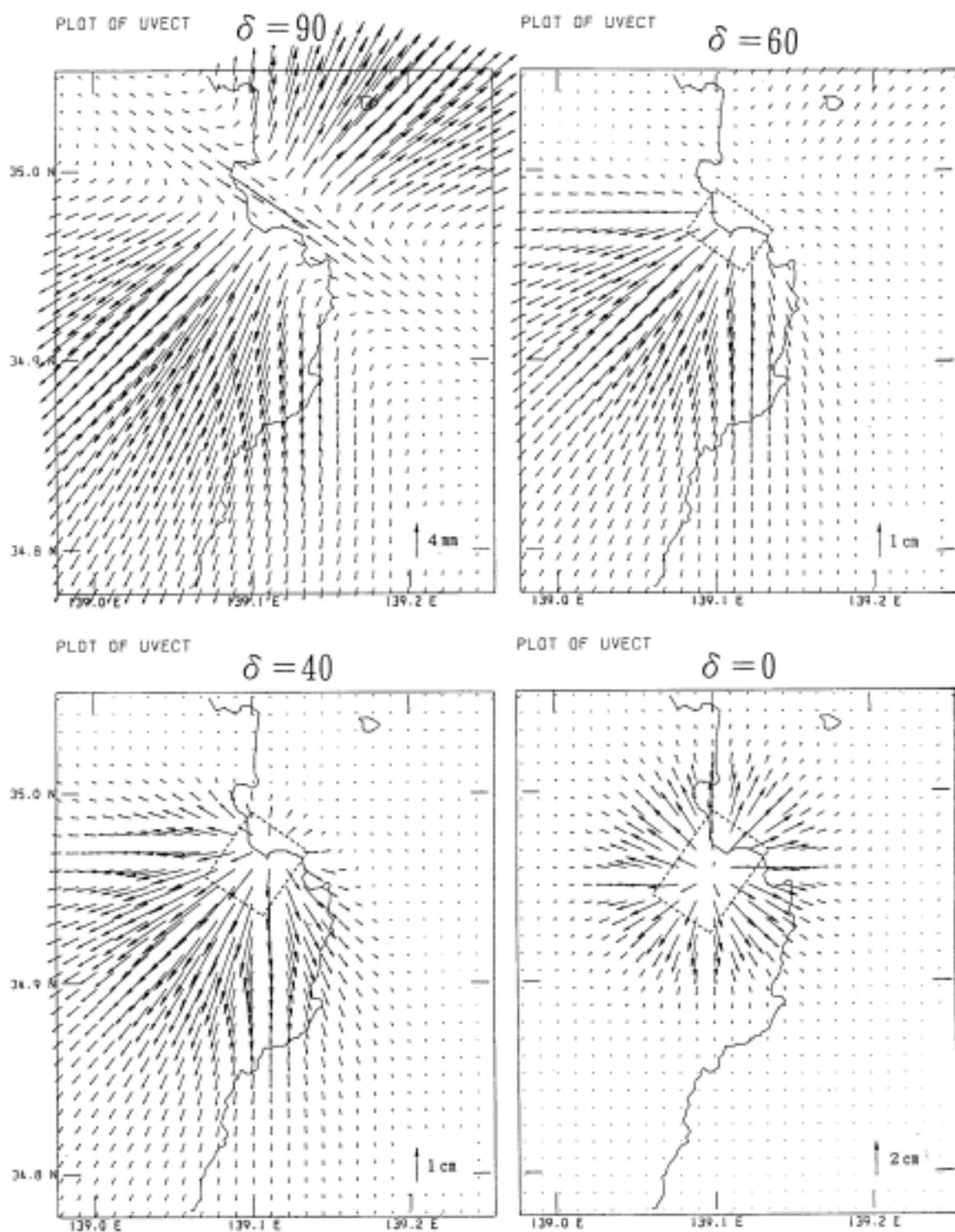


第10図 GPSによるエポック8907〔防炎科研〕およびエポック9509, 9610〔国土地理院〕に伴う水平変位
 Fig. 10 Distributions of horizontal displacement vector associated to the epoch, 8907 (NIED) and the epochs, 9509 and 9610 (GSI)



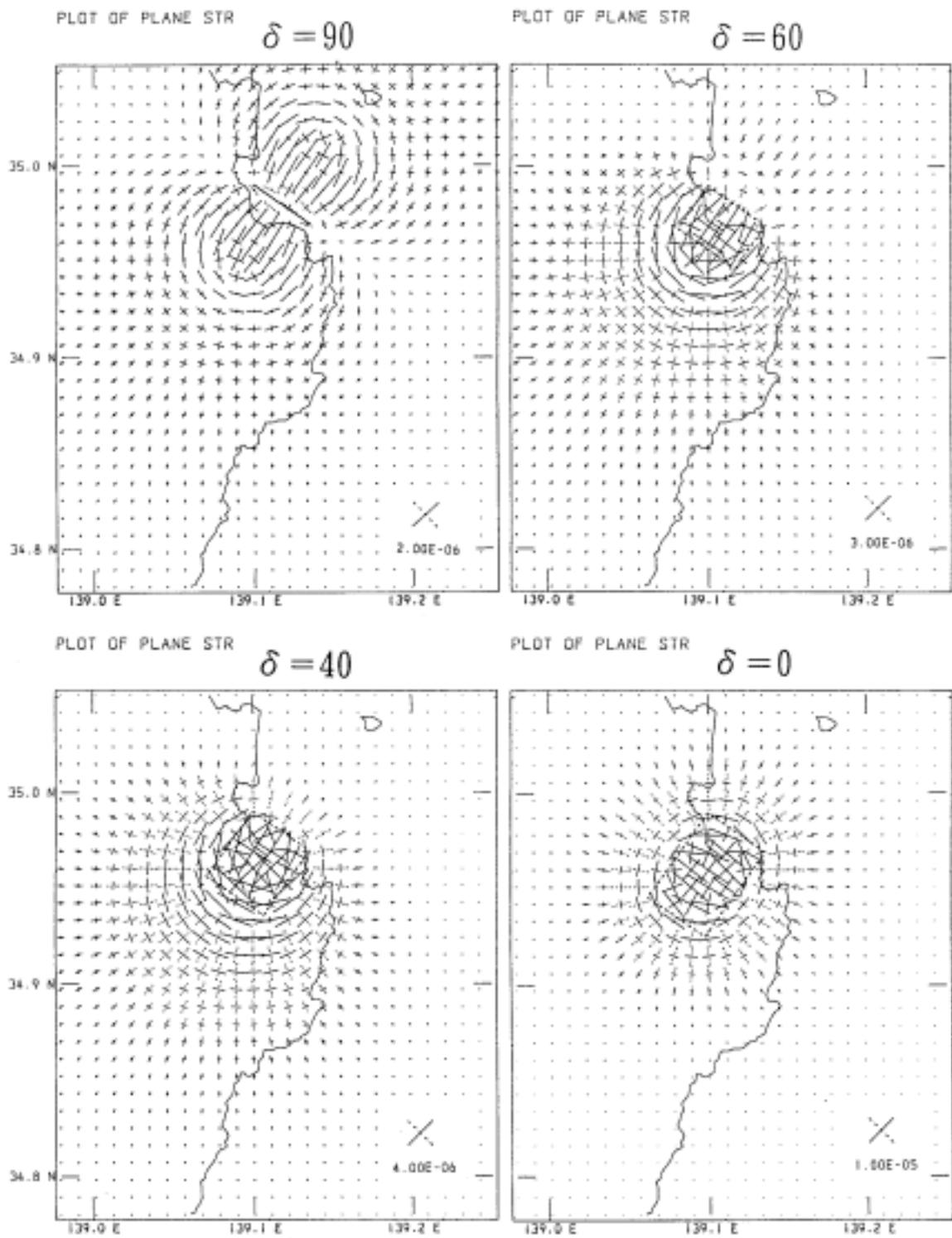
第 11 図 開口断層面の傾き角を変えた場合の地表の上下変動パターンの変化
 [H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]

Fig. 11 Vertical displacement patterns for different dip-angles of tensile fault
 [H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]



第 12 図 開口断層面の傾き角を変えた場合の地表の水平変動パターンの変化
 [H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]

Fig. 12 Horizontal displacement patterns for different dip-angles of tensile fault
 [H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]

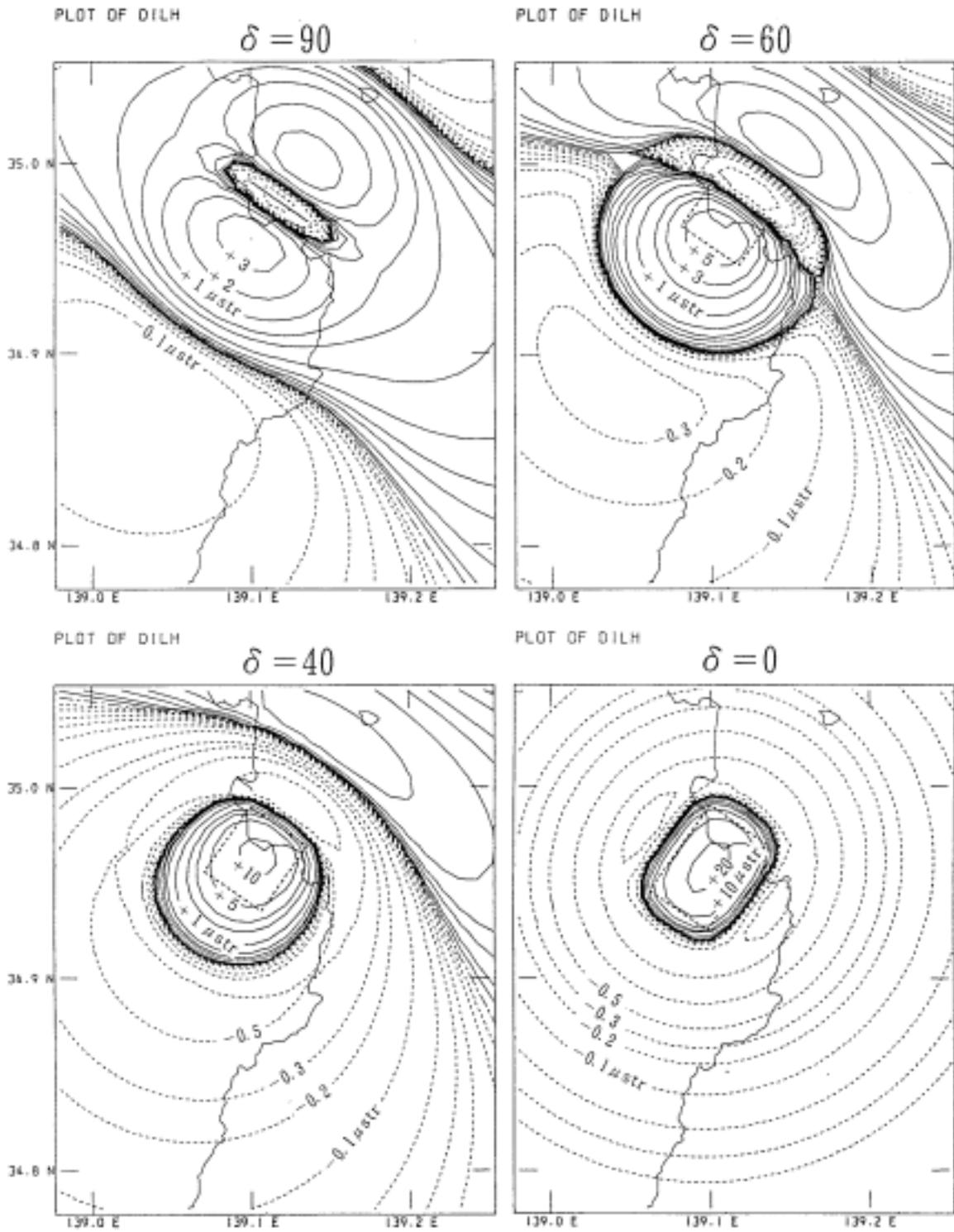


第 13 図 開口断層面の傾き角を変えた場合の地表の主歪パターンの変化

[H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]

Fig. 13 Principal strain patterns for different dip-angles of tensile fault

[H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]



第 14 図 開口断層面の傾き角を変えた場合の地表の面積歪パターンの変化

[H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]

Fig. 14 Areal dilatation patterns for different dip-angles of tensile fault

[H=3km, L=4km, W=6km, U=13cm]