

8 - 5 中国・四国・九州地方の地殻変動

Crustal Movements in the Chugoku, Shikoku and Kyushu Districts

国土地理院

Geographical Survey Institute

第1図-(1)~(9)は、鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果である。この地域では、2000年10月6日鳥取県西部地震(Mj7.3)が発生した。地震前から稼働している電子基準点に加え、推定震源断層付近に臨時の観測点2点(T西伯, T黒坂)を新たに設置し地震直後から観測を開始した。米子, 溝口, 日南, 仁多など、震央に近い点に関する基線にco-seismicな変動が現れている。地震発生前はいずれの基線においても観測データは落ち着いており、特に目だった変動は見あたらない。T西伯, T黒坂, 米子などに関係する基線において、余効的な変動が少なくとも2001年2月頃までは継続しているように見える。

第2図は、地震前後の三角点における測量による、2000年10月6日鳥取県西部地震発生地域周辺の水平変動である。基本的に、従来想定されていた断層モデルと整合する結果が得られた。

第3図は、水準測量による中国地方の最近約10年間の上下変動である。特に顕著な変動は見られない

第4図-(1)~(6)は、高度基準点測量結果と従来までの結果を比較して求めた中国地方西部から九州地方北部にかけての水平歪である。全体的にみて中国地方西部が東西圧縮, 九州地方北部が南北伸張の傾向にあることが読み取れる。

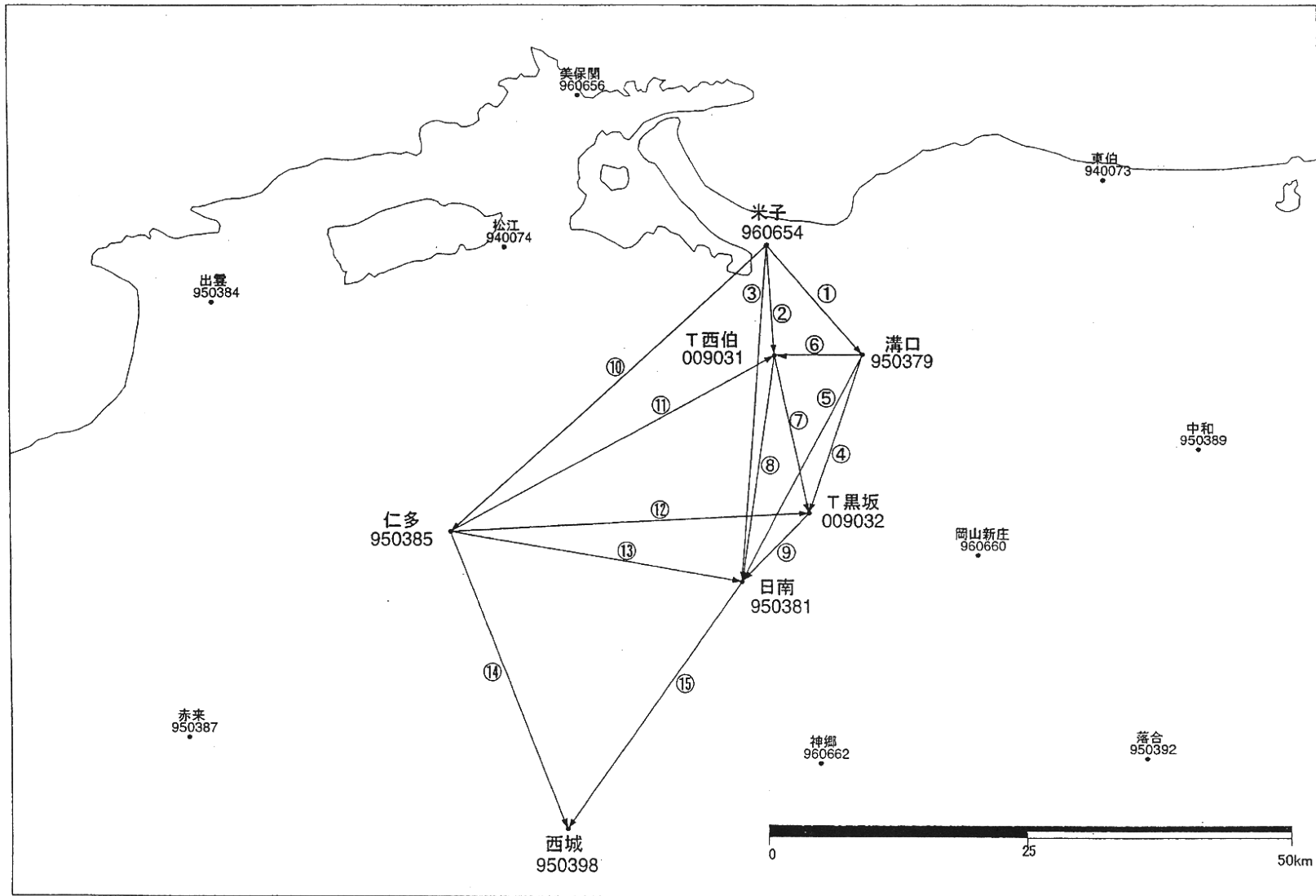
第5図-(1)~(3)は、2001年芸予地震の震央周辺のGPS連続観測結果である。本震に伴うコサイスマックな変動が見られるが、それ以外に顕著な変動があるようにはみえない。

第6図および第7図は、GPS連続観測による2001の芸予地震震央周辺地域の本震前後の水平変動および上下変動である。震央の周辺の各点でコサイスマックと考えられる変動が観測されている。

第8図-(1)~(4)は、GPS連続観測結果に基づく芸予地震による地殻変動の解析結果である。詳細は資料の説明を参照されたい。

第9図は、瀬戸内海中部地域駿潮場間の月平均潮位差である。大きな傾向の変化があるようには見えない。

鳥取県西部地方GPS連続観測基線図



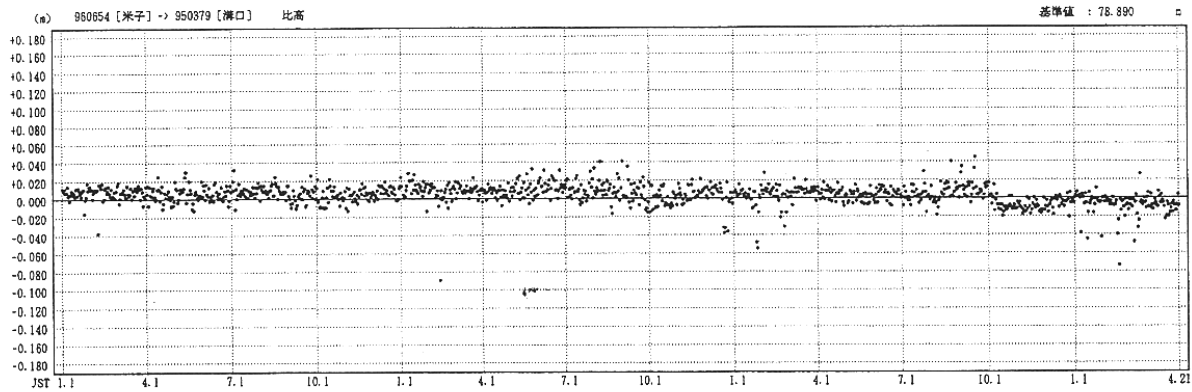
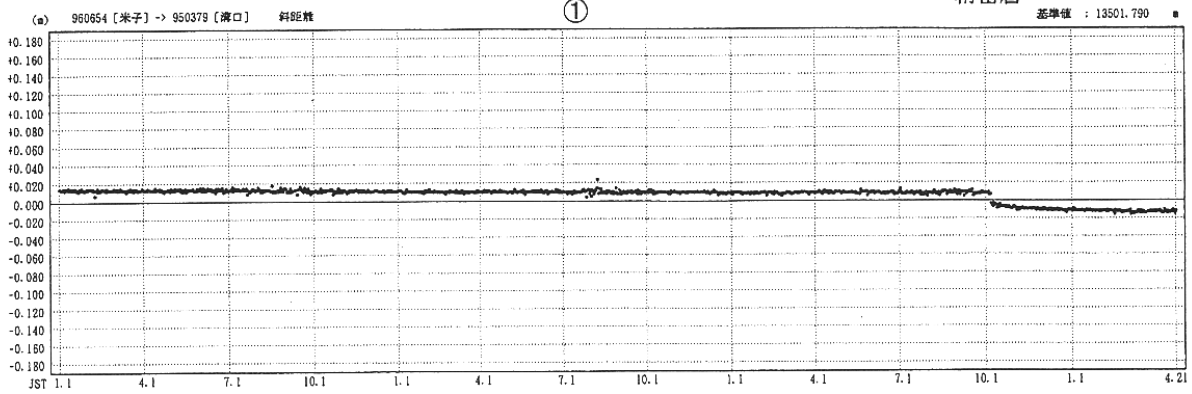
第1図-(1) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(1)

Fig.1-(1) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (1 of 9).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日
座標系: WGS-84

基線長・比高変化グラフ

精密暦

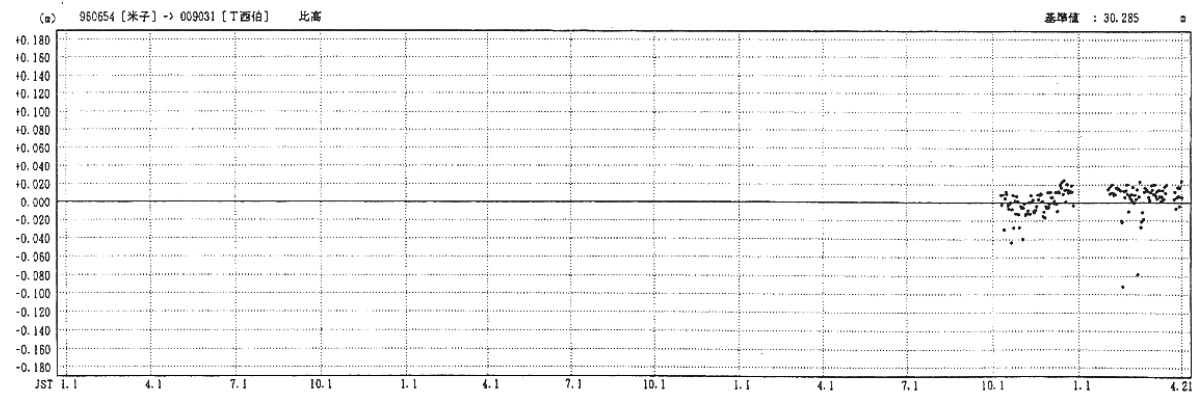
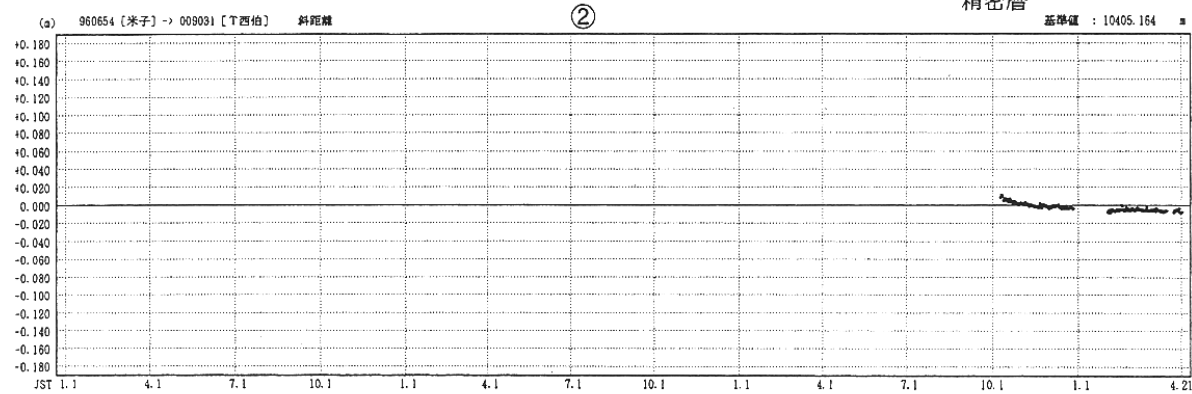


● --- Bernese[IGS]

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



● --- Bernese[IGS]

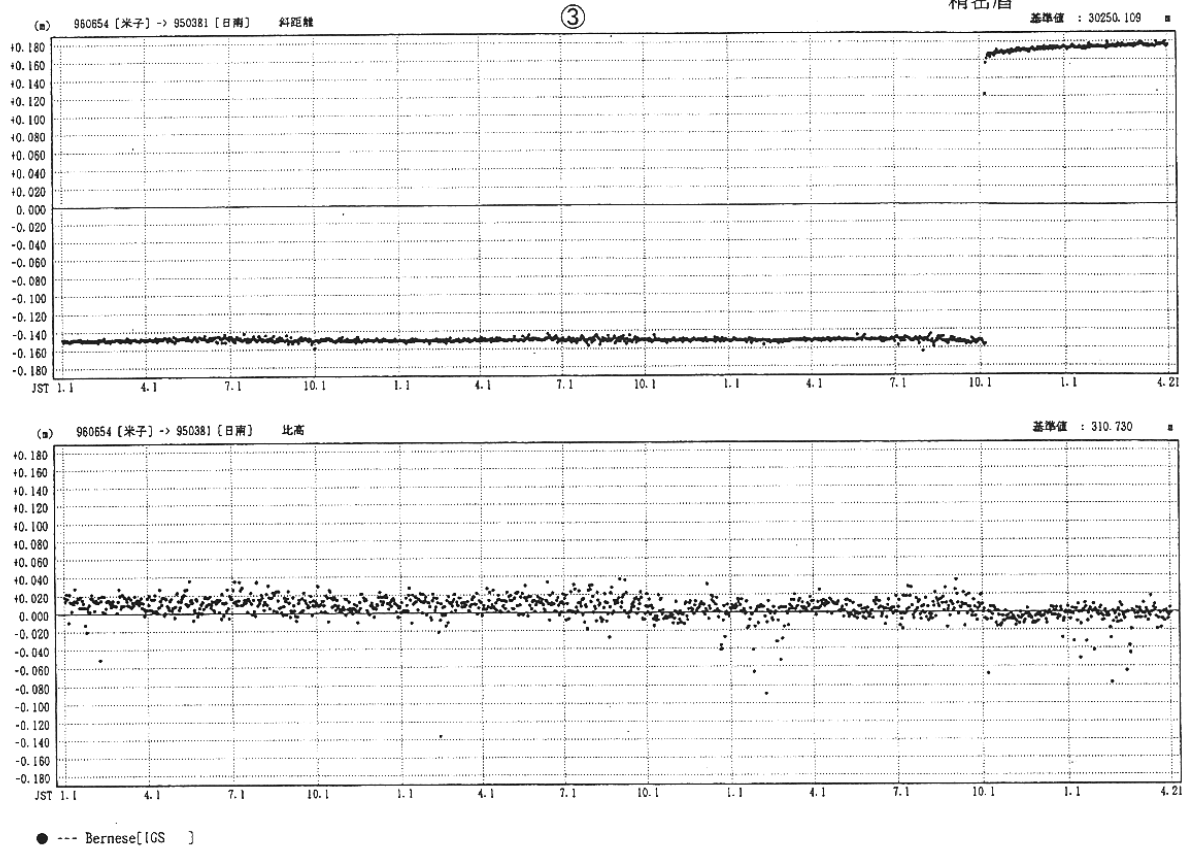
第1図-(2) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(2)

Fig.1-(2) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (2 of 9).

期間：1998年1月1日～2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

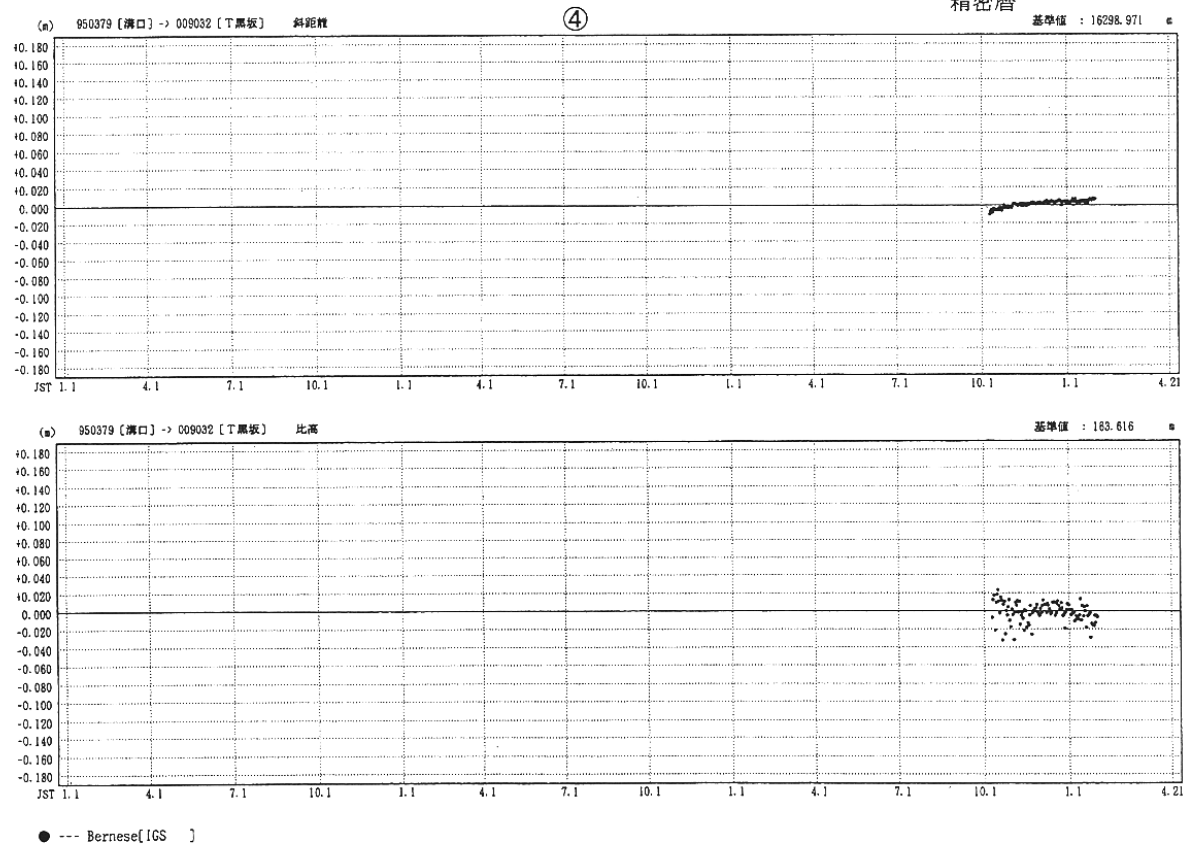
精密暦



期間：1998年1月1日～2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



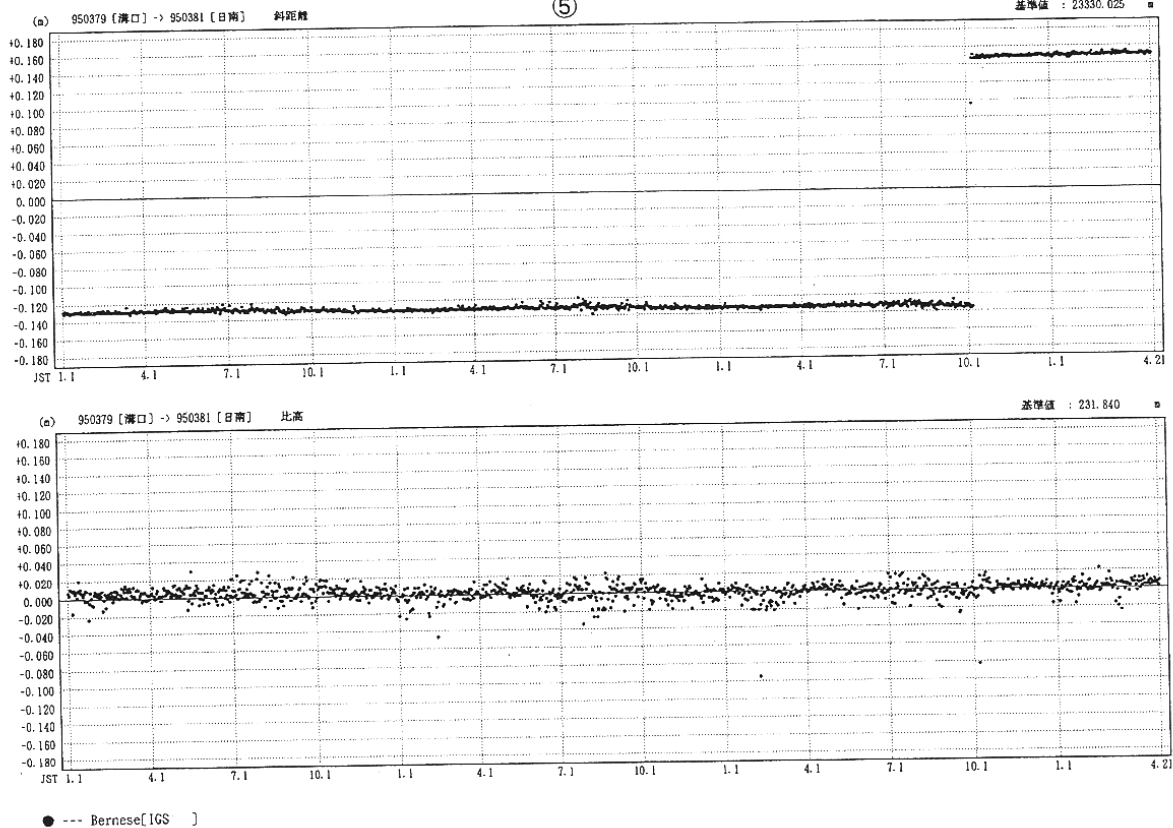
第1図-(3) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(3)

Fig.1-(3) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (3 of 9).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

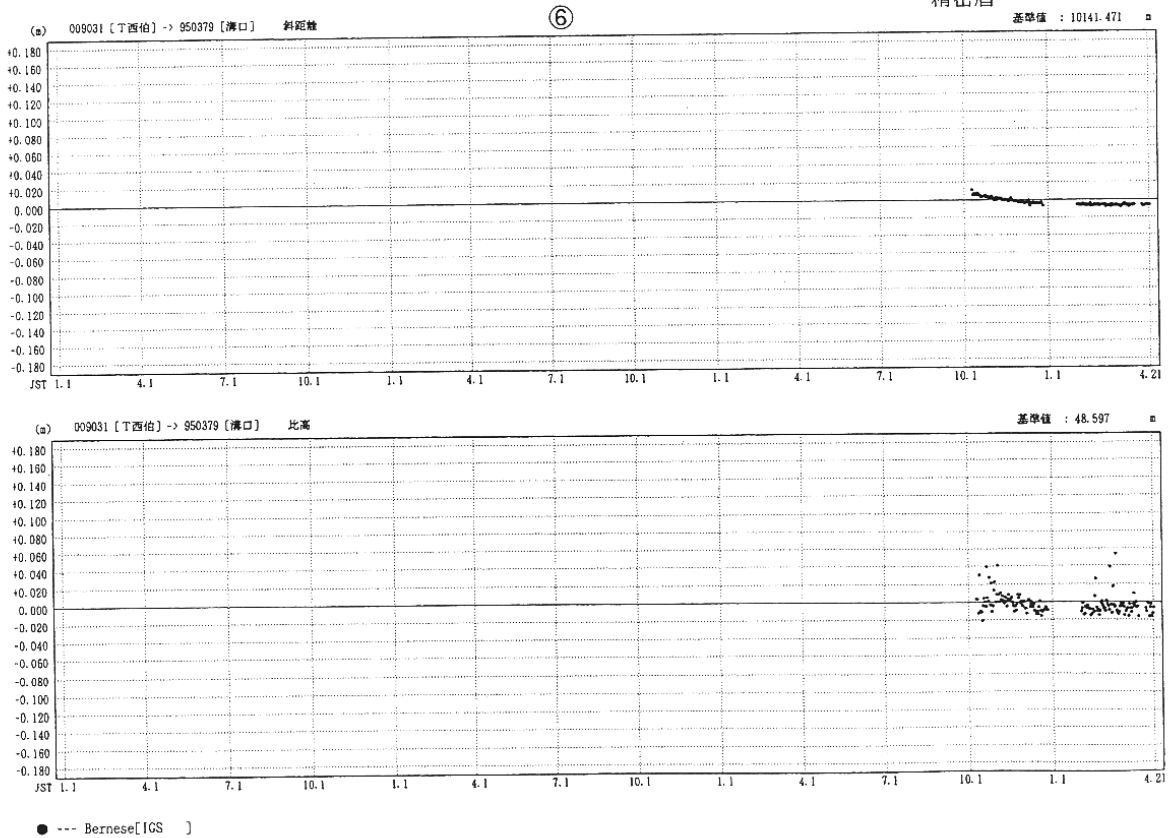
精密暦



期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



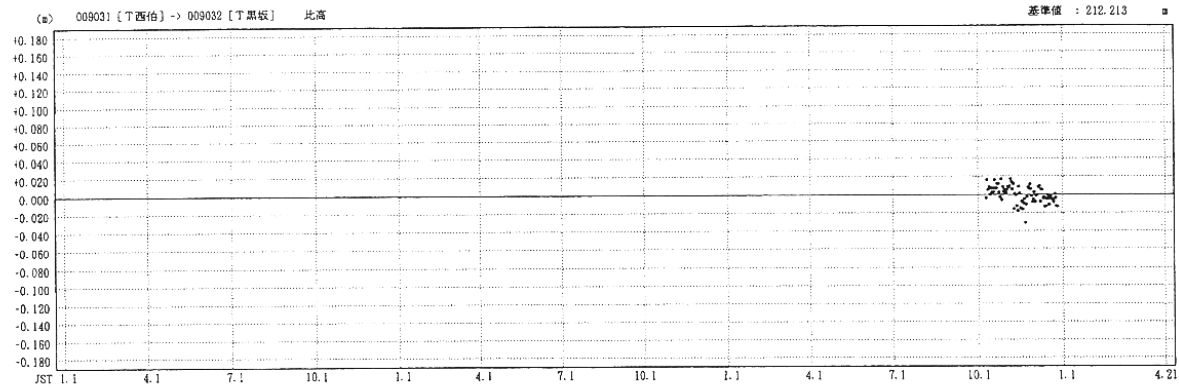
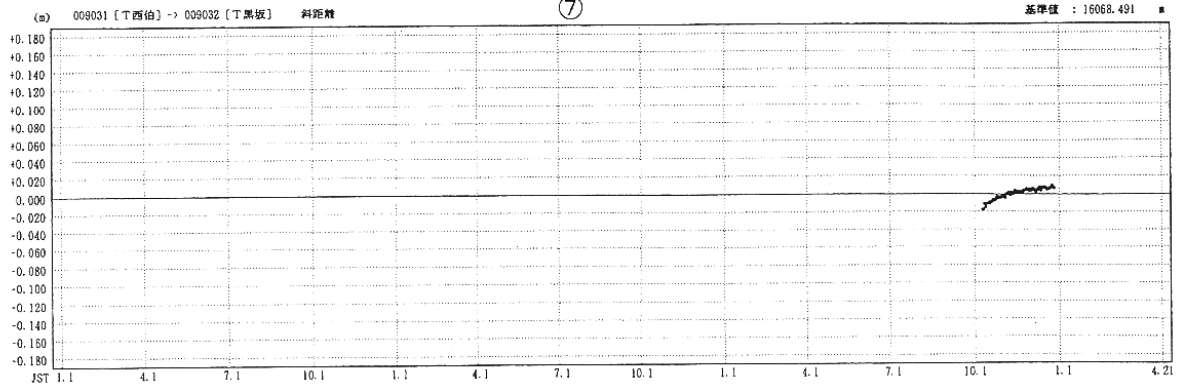
第1図-(4) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(4)

Fig.1-(4) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (4 of 9).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦

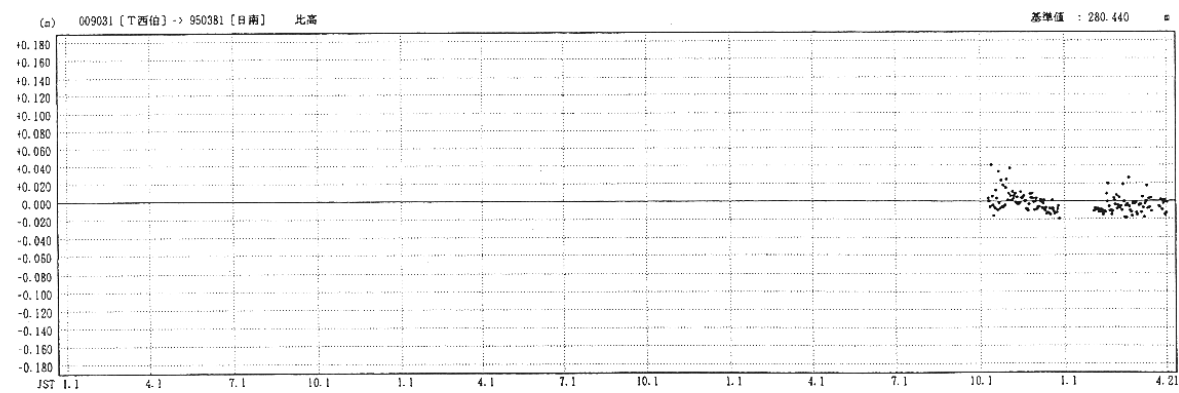
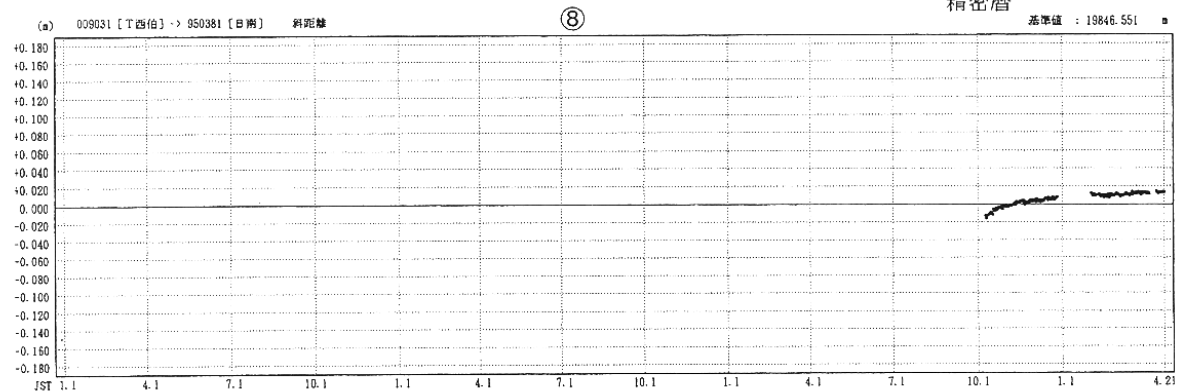


● --- Bernese[IGS]

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



● --- Bernese[IGS]

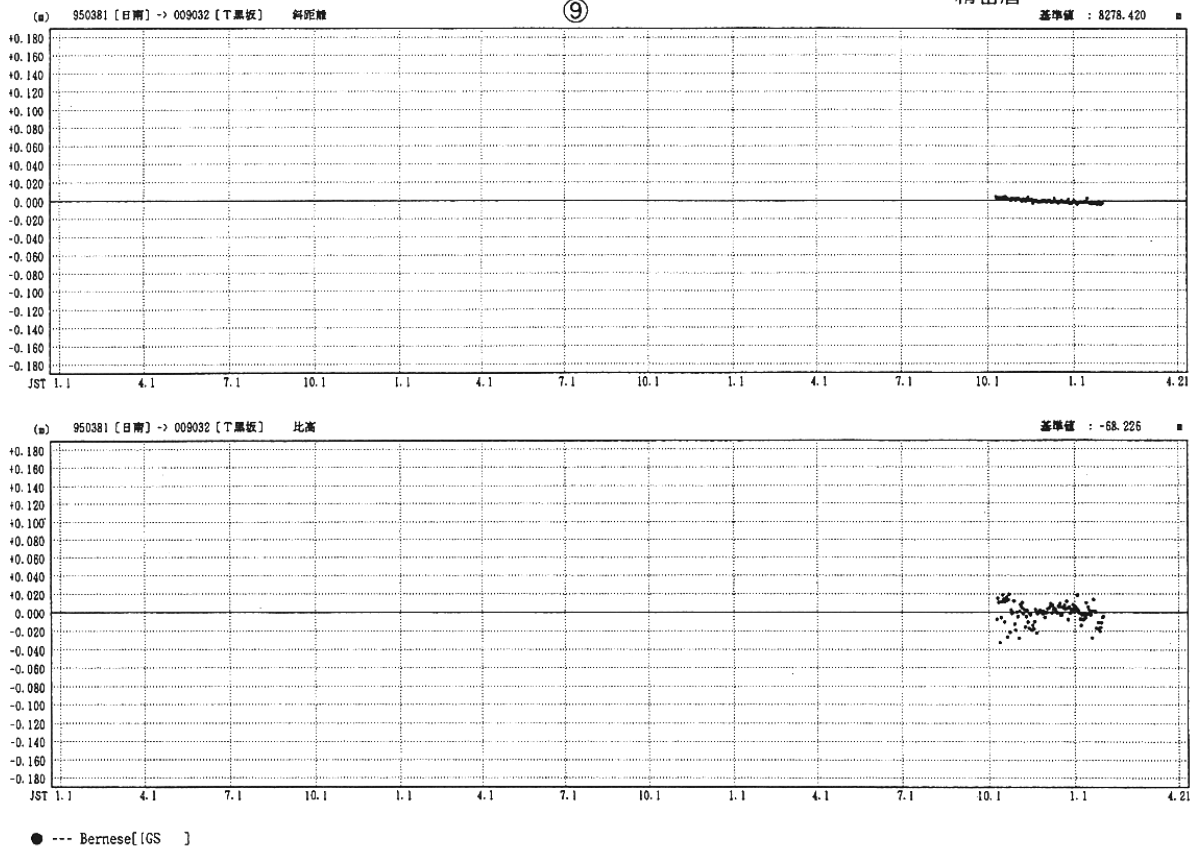
第1図-(5) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(5)

Fig.1-(5) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (5 of 9).

期間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

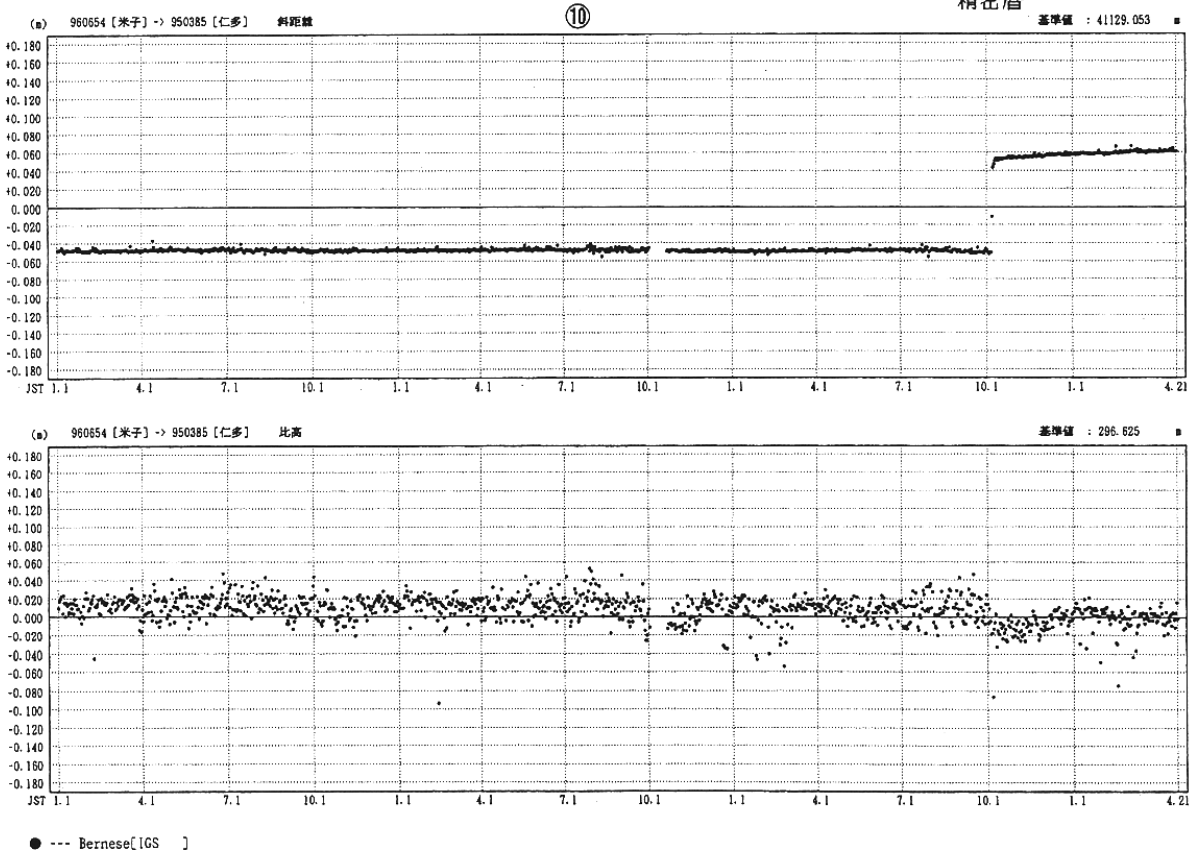
精密暦



期間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



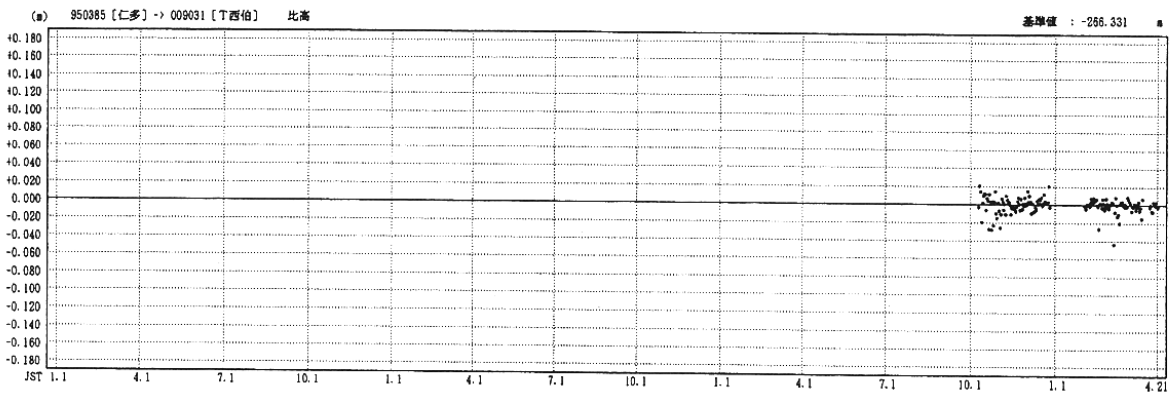
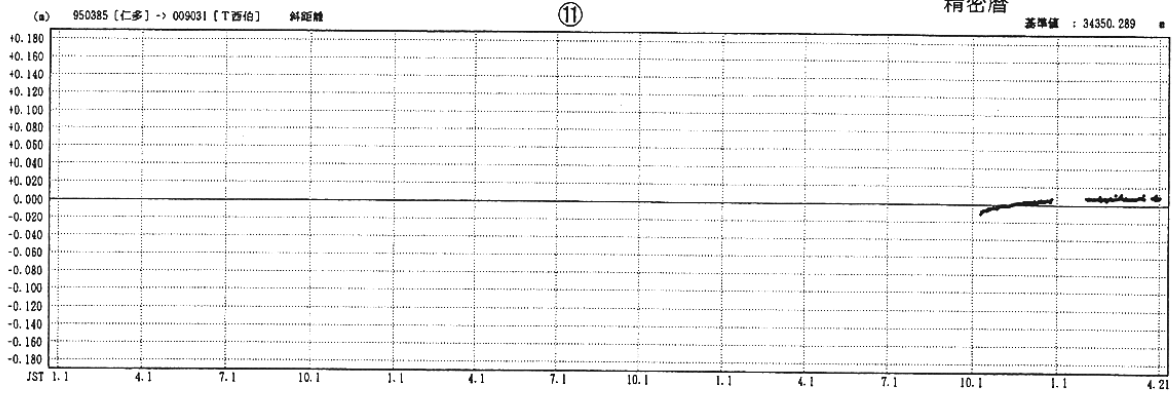
第1図-(6) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(6)

Fig.1-(6) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (6 of 9).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦

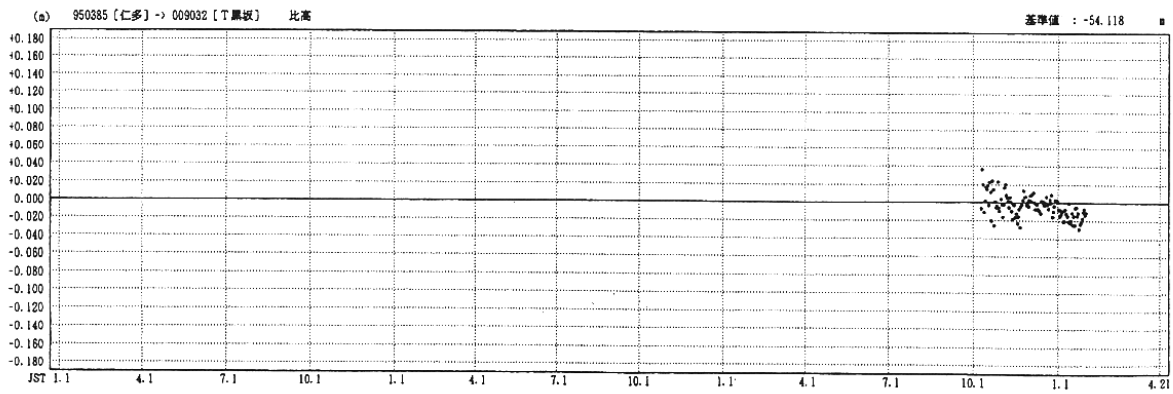
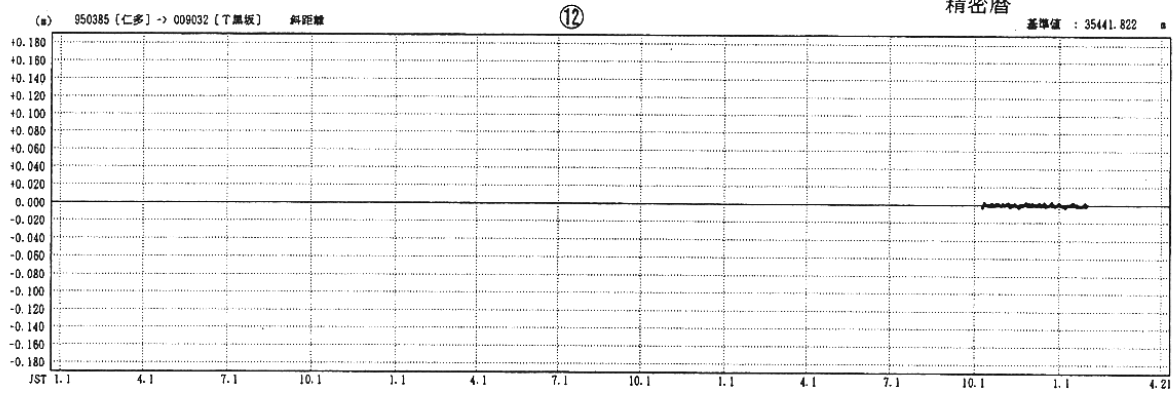


● --- Bernese[IGS]

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦



● --- Bernese[IGS]

第1図-(7) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(7)

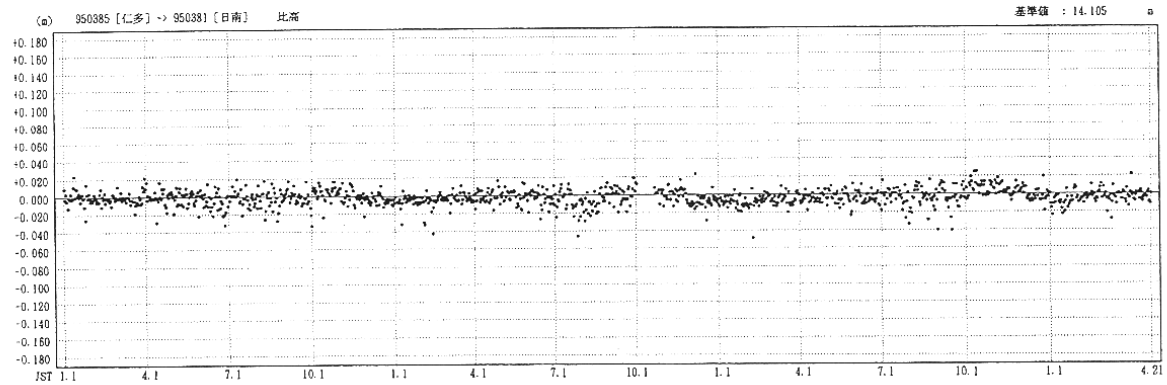
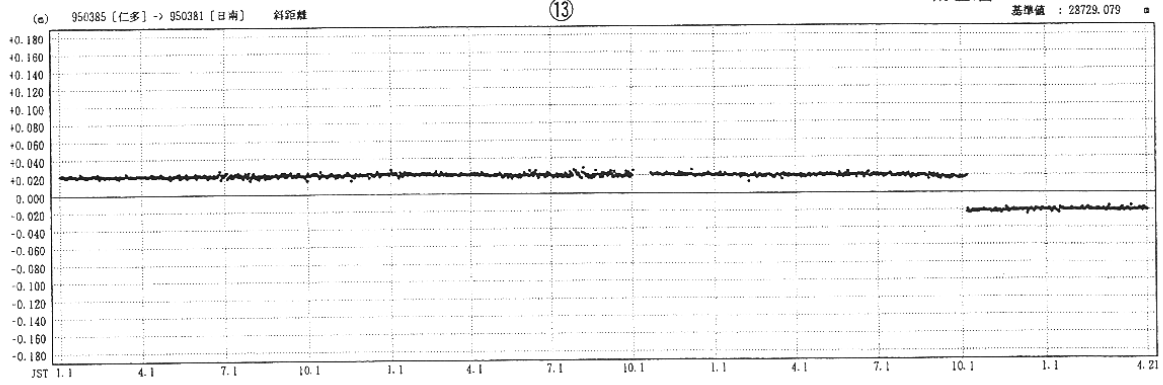
Fig.1-(7) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (7 of 9).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦

基準値 : 28729.079



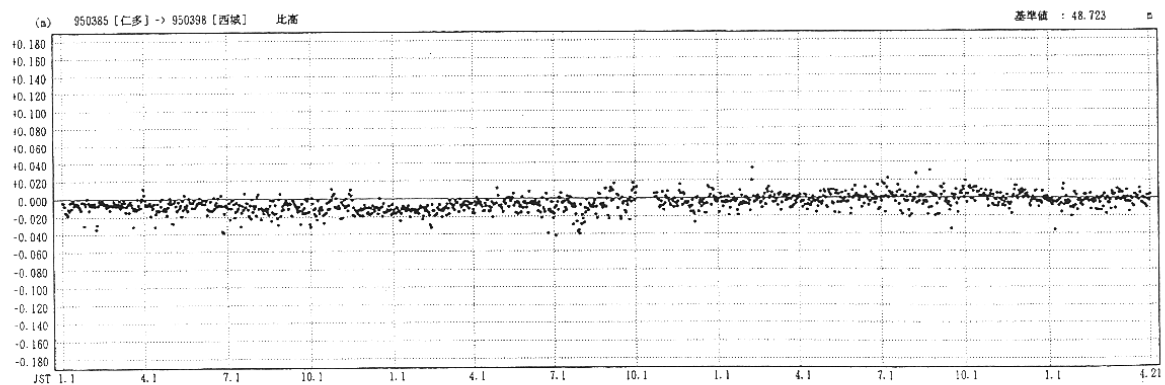
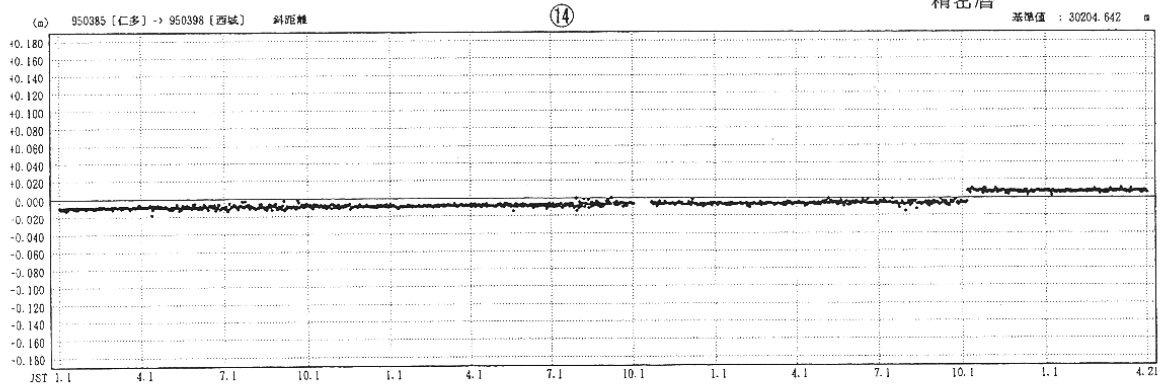
● --- Bernese[IGS]

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

基線長・比高変化グラフ

精密暦

基準値 : 30204.642



● --- Bernese[IGS]

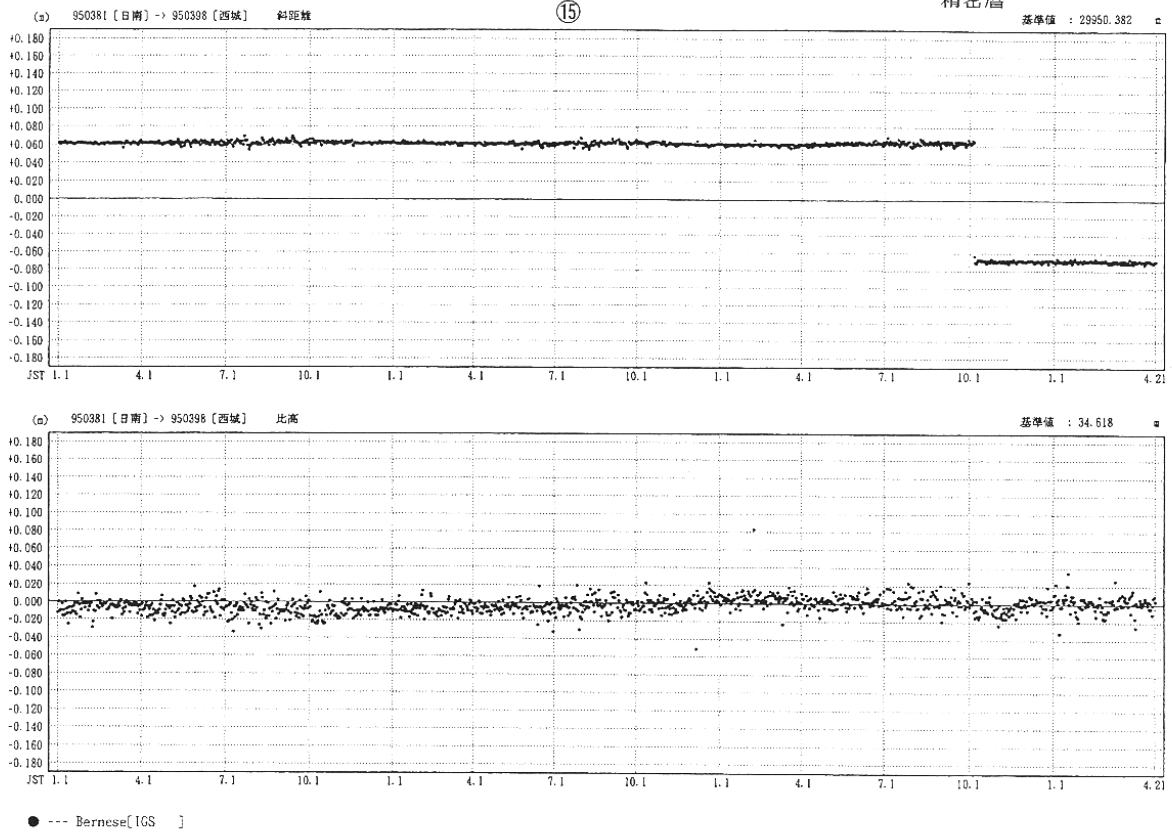
第1図-(8) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(8)

Fig.1-(8) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (8 of 9).

期 間：1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

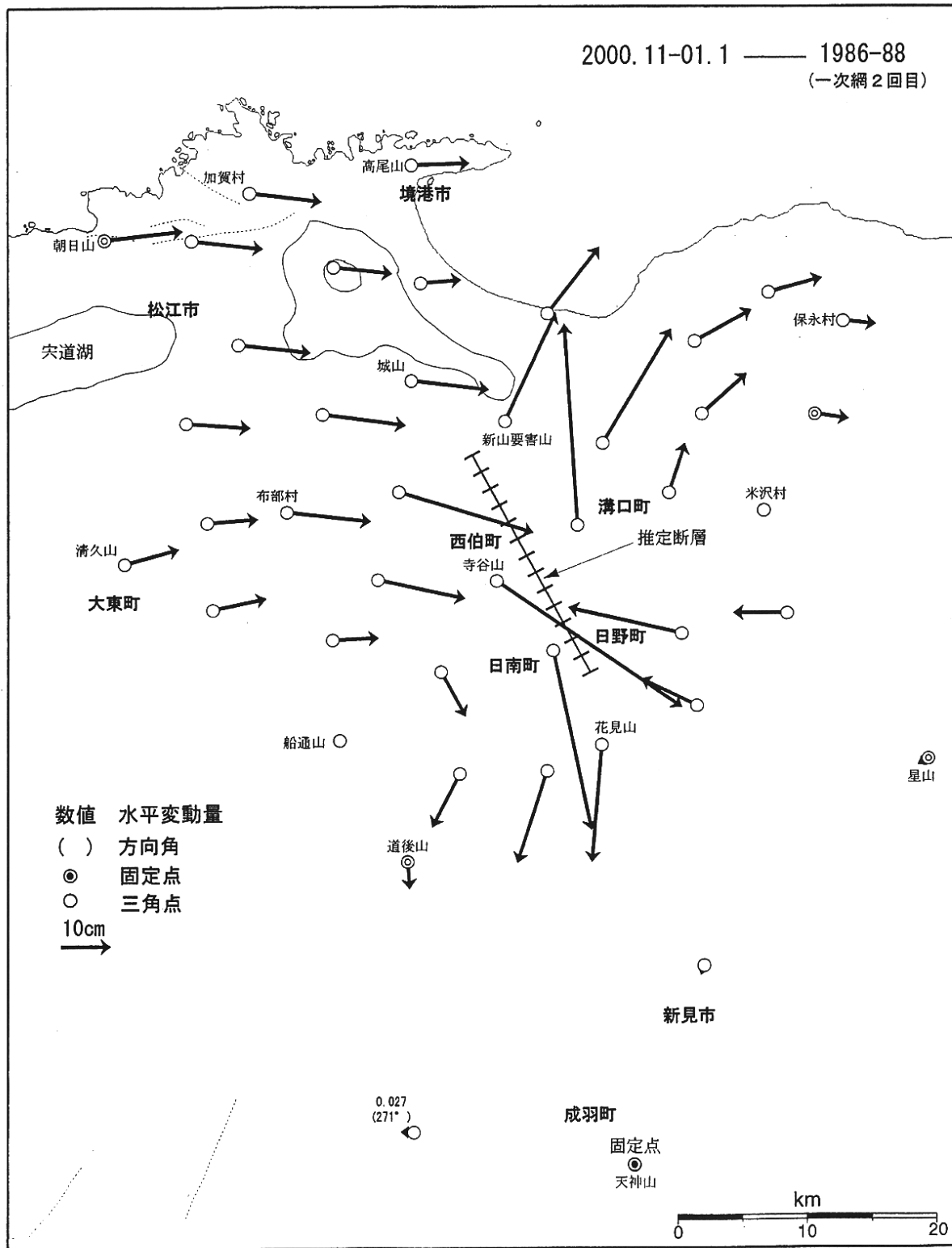
基線長・比高変化グラフ

精密層



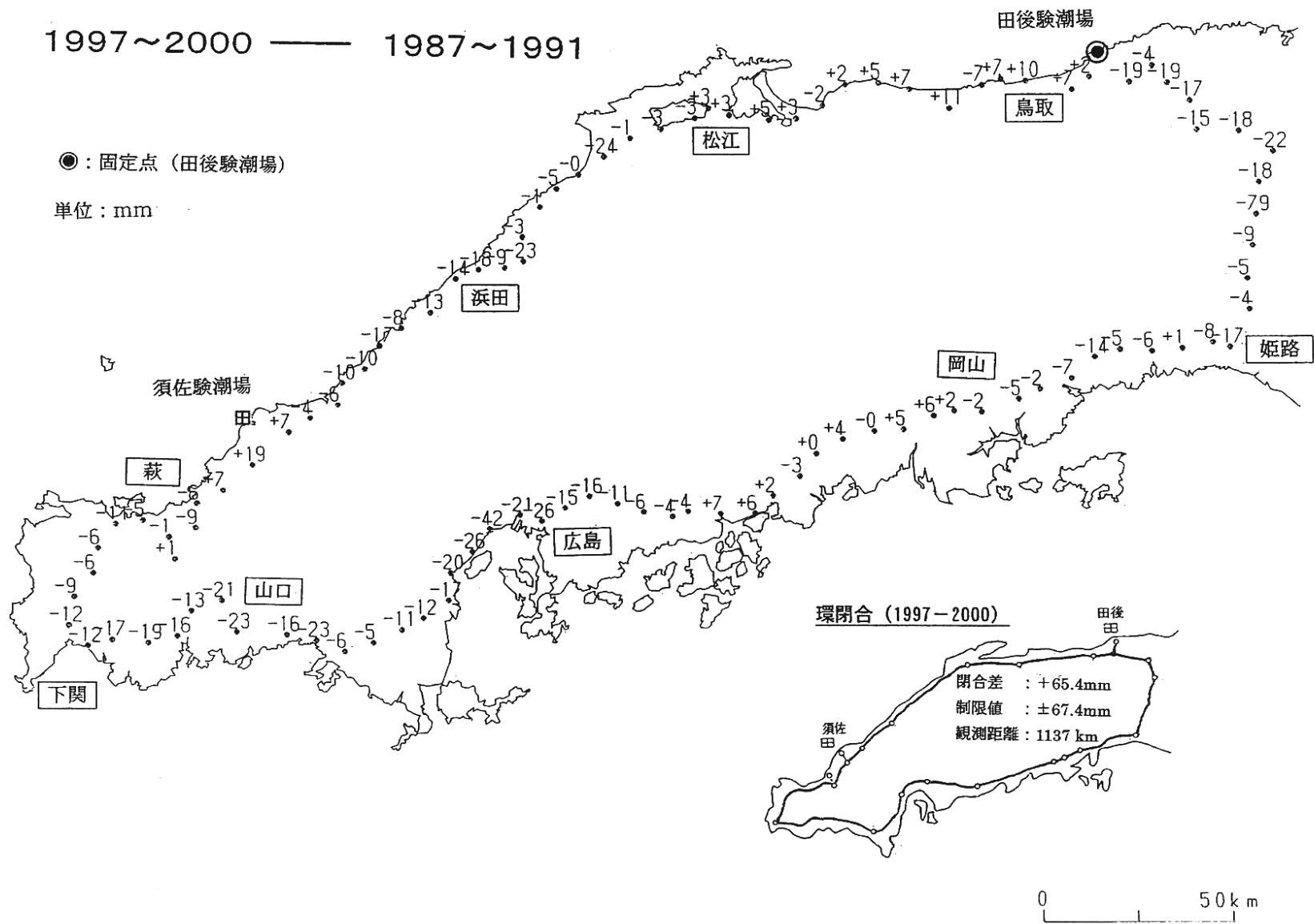
第1図-(9) 鳥取県西部地域周辺のGPS連続観測結果(9)

Fig.1-(9) Results of continuous GPS measurements in the western part of Tottori prefecture during 1998/01/01 - 2001/04/21 (9 of 9).



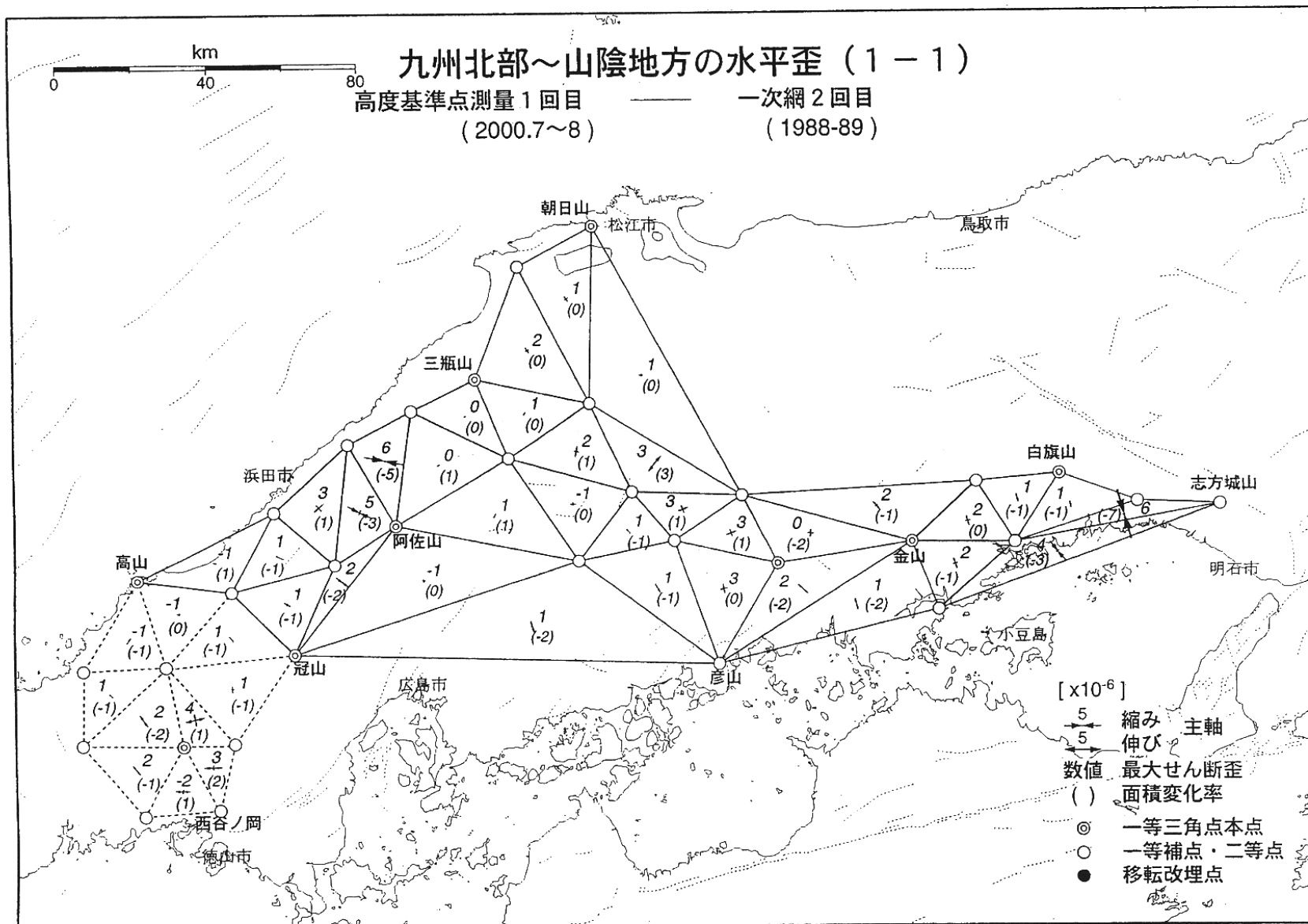
第2図 鳥取県西部地方の水平変動ベクトル図

Fig.2 Horizontal displacements in the western part of Tottori prefecture derived from repeated surveys before and after 2000 Tottoriken Seibu Earthquake.



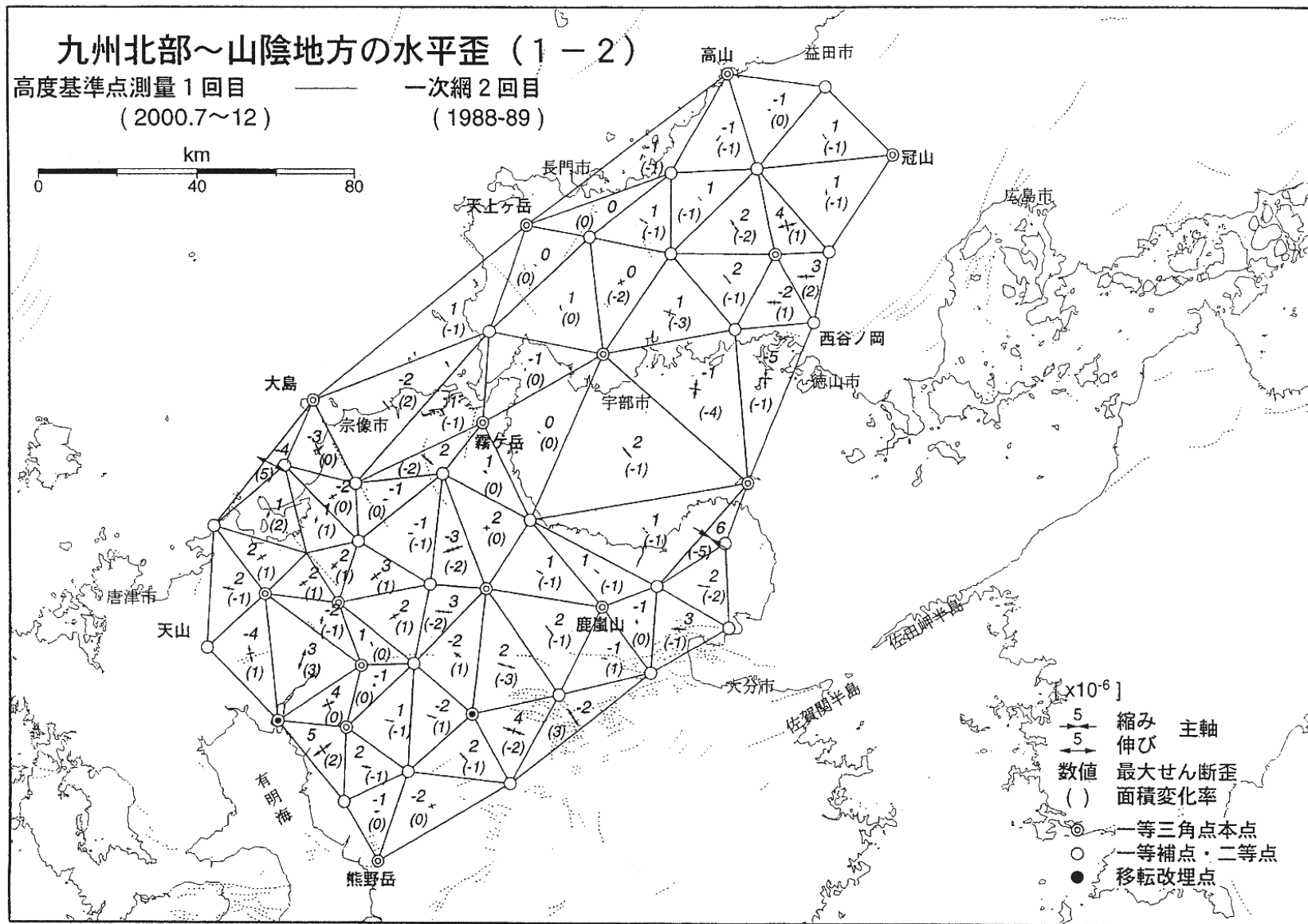
第3図 中国地方の上下変動図

Fig.3 Vertical displacements in the Chugoku district derived from repeated precise leveling surveys before and after 2000 Tottoriken Seibu Earthquake.



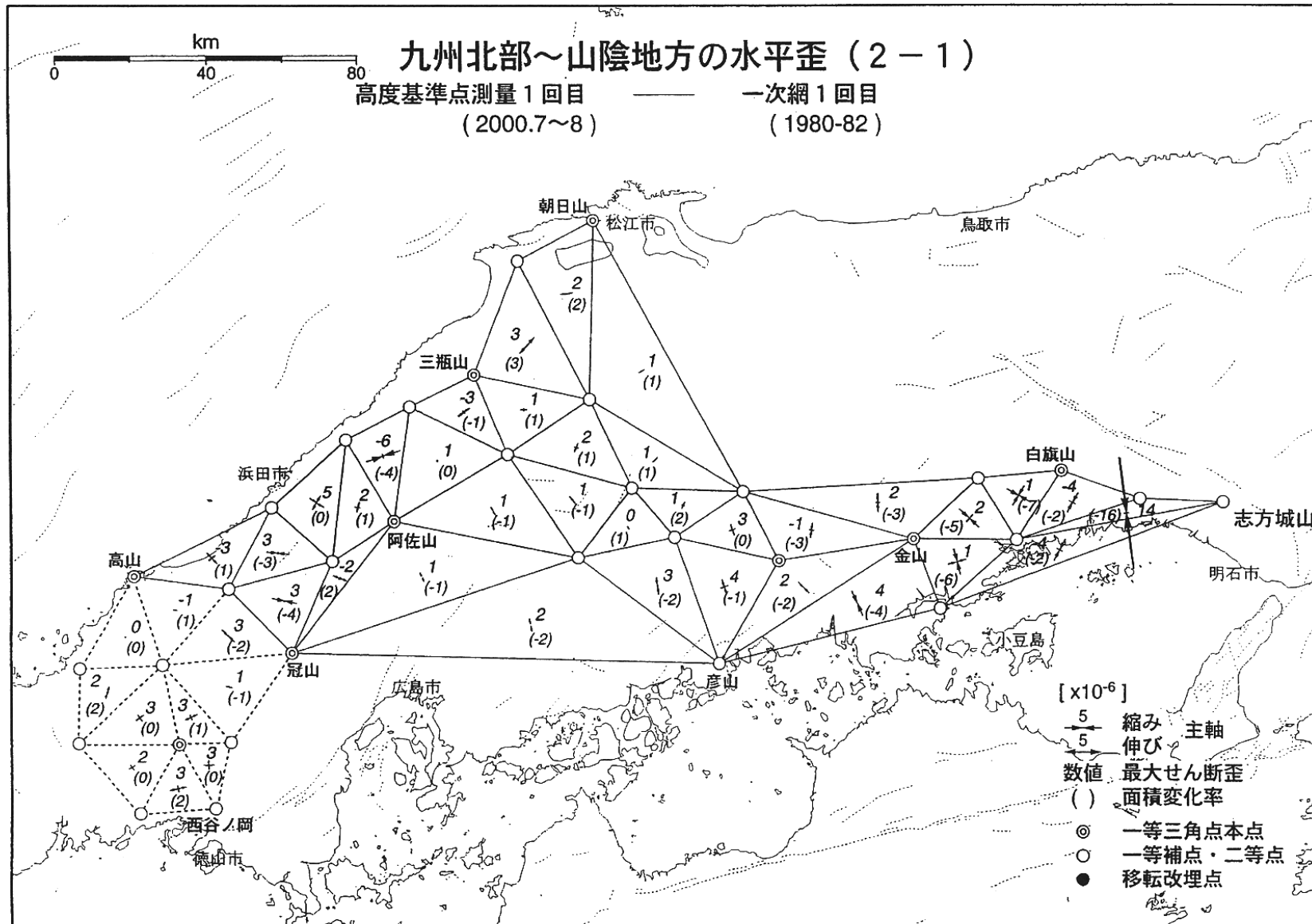
第4図-(1) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(1)

Fig.4-(1) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (1 of 6).



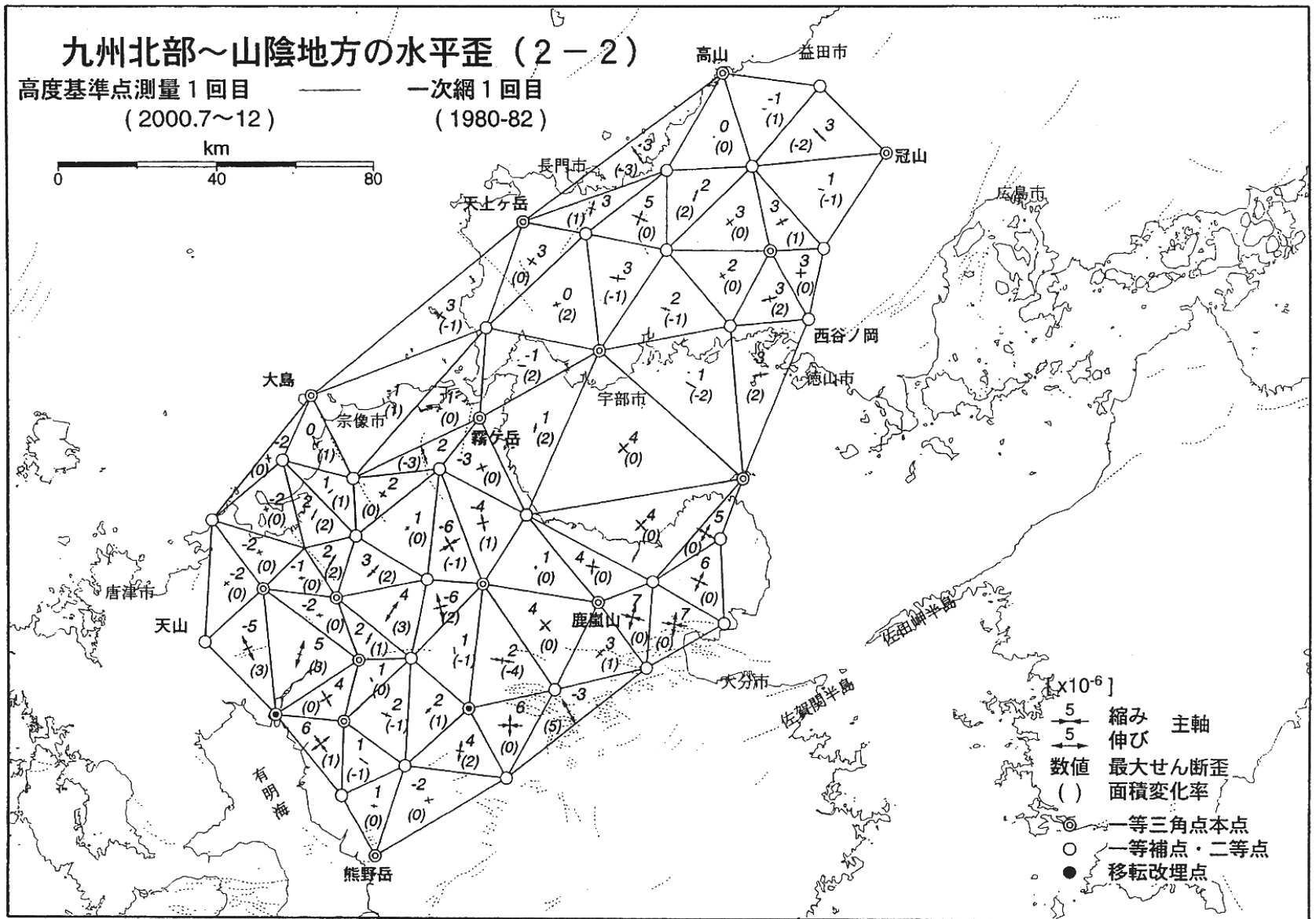
第4図-(2) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(2)

Fig.4-(2) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (2 of 6).



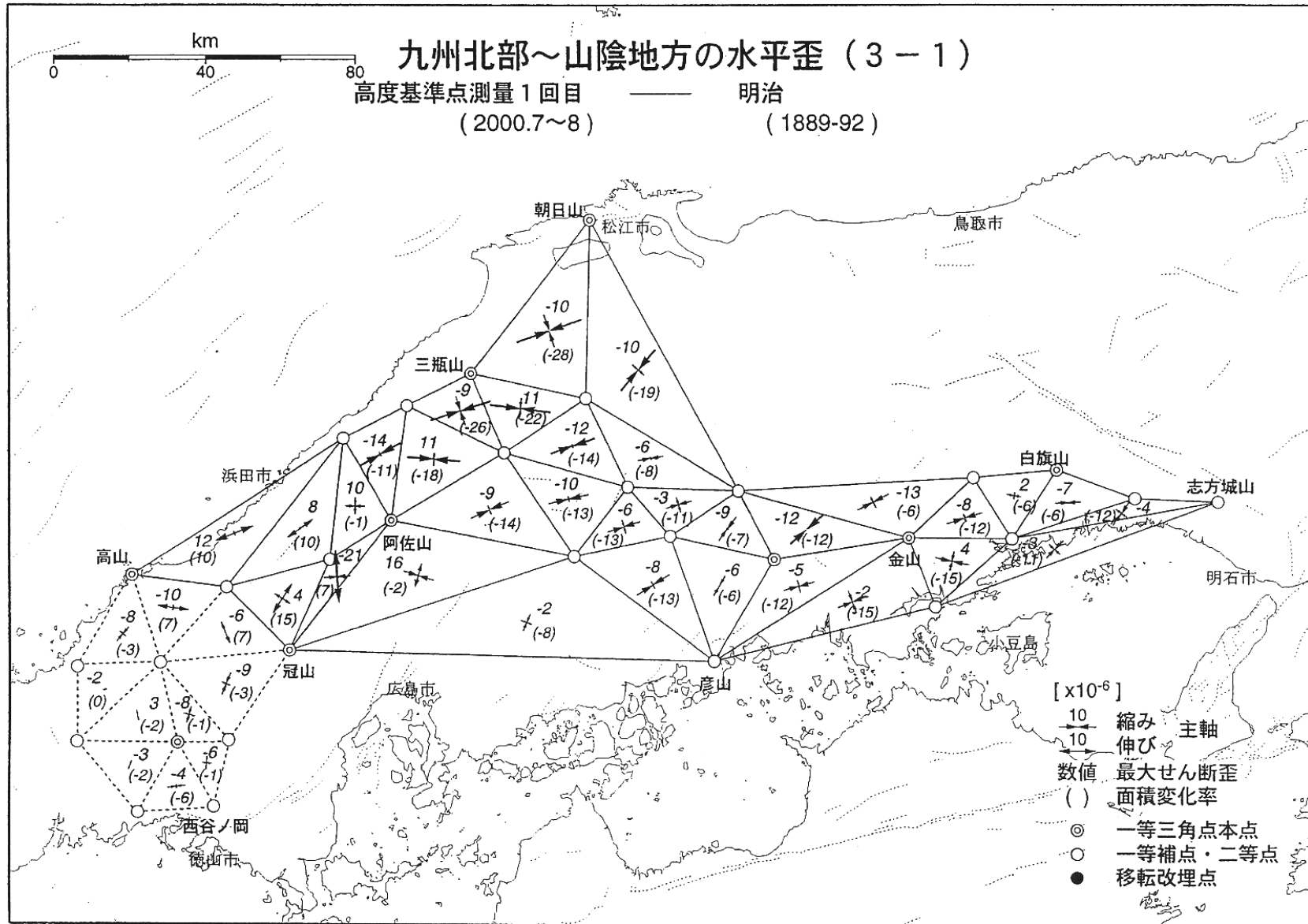
第4図-(3) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(3)

Fig.4-(3) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (3 of 6).



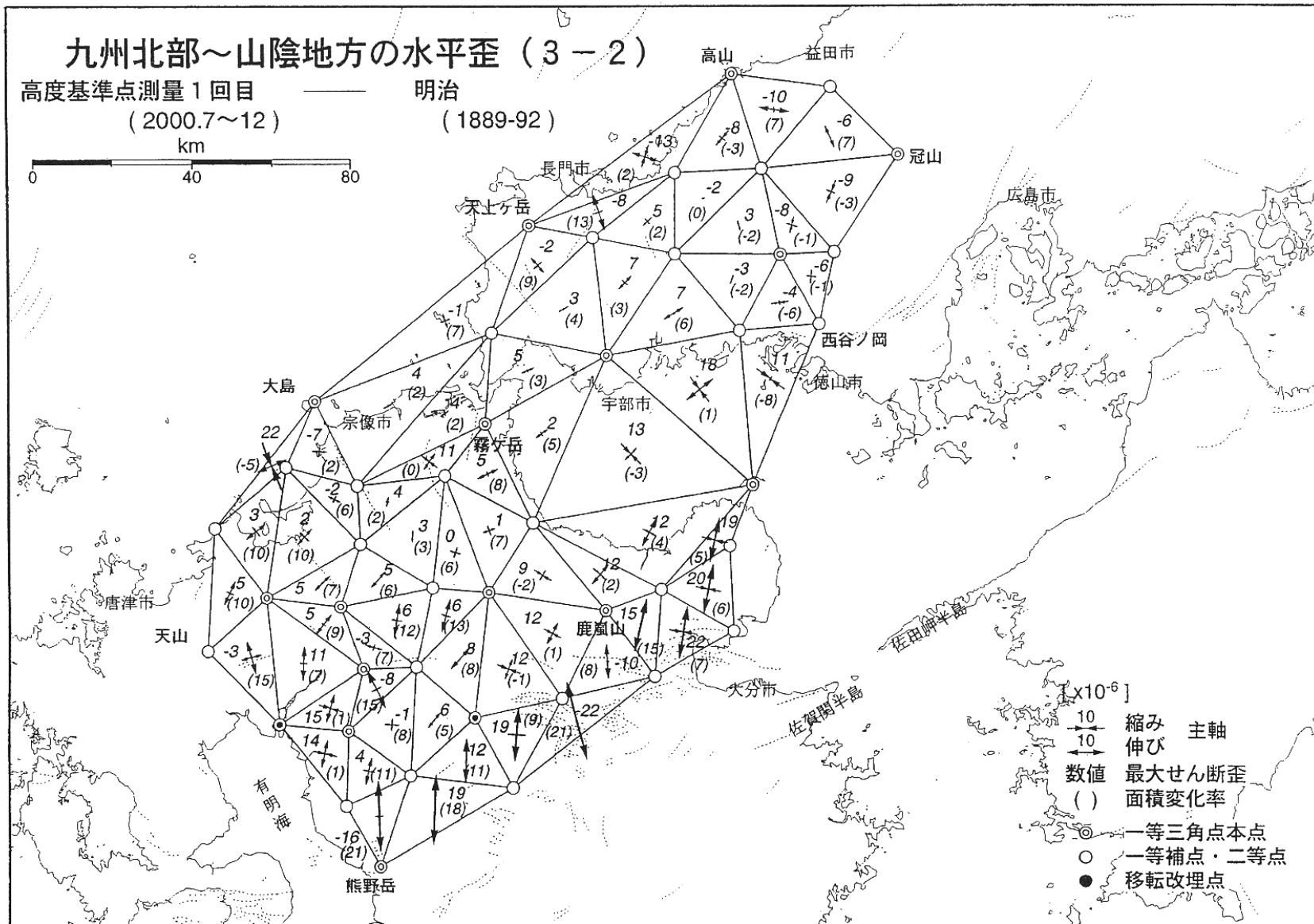
第4図-(4) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(4)

Fig.4-(4) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (4 of 6).



第4図-(5) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(5)

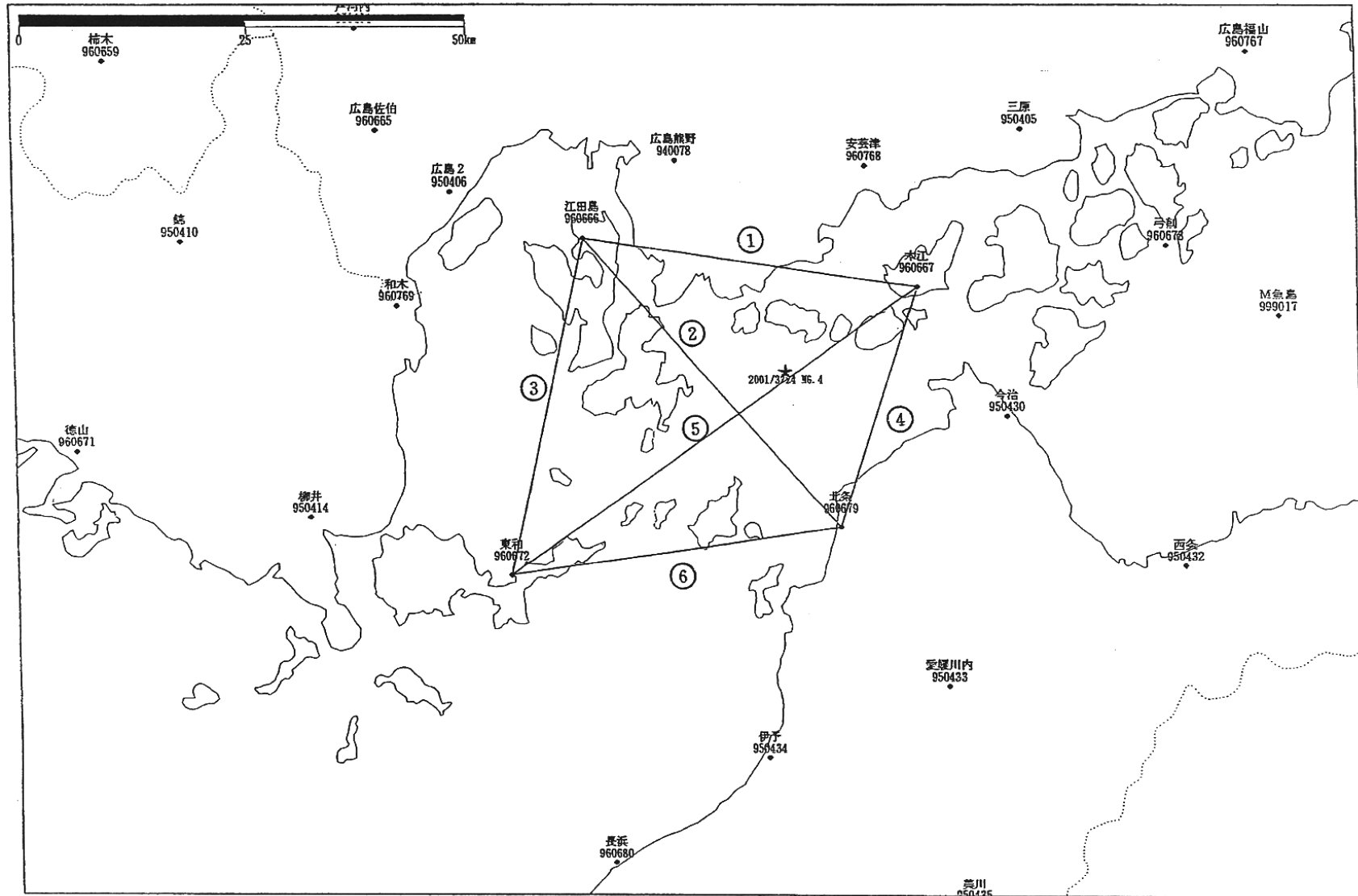
Fig.4-(5) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (5 of 6).



第4図-(6) 九州北部および山陰地方の水平地殻歪(6)

Fig.4-(6) Horizontal strain in the northern Kyushu and San'in districts derived from repeated surveys (6 of 6).

安芸灘周辺 GPS連続観測基線図



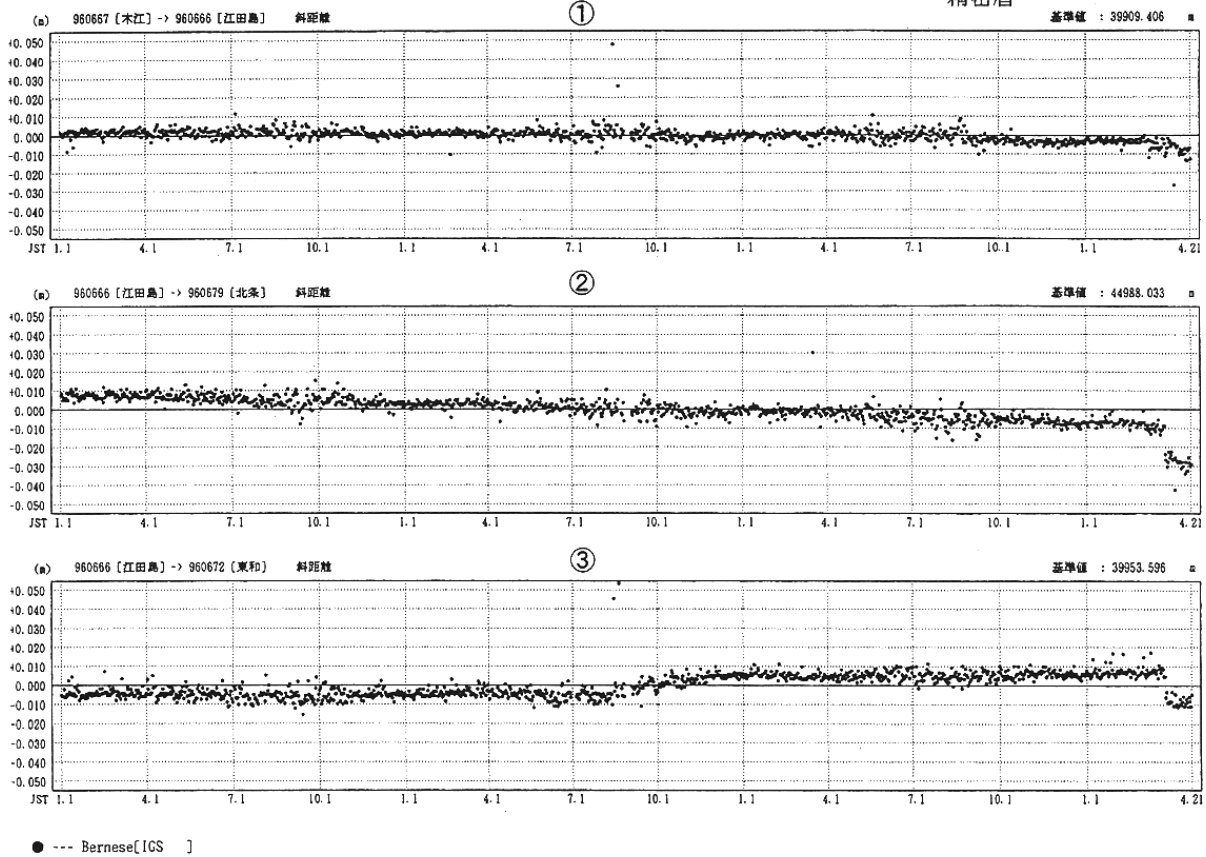
第5図-(1) 安芸灘周辺のGPS連続観測結果(1)

Fig.5-(1) Results of continuous GPS measurements around the epicenter of 2001 Geiyo earthquake during 1998/01/01 - 2001/04/21 (1 of 3).

期間：1998年1月1日～2001年4月21日
座標系：WGS-84

基線長変化グラフ

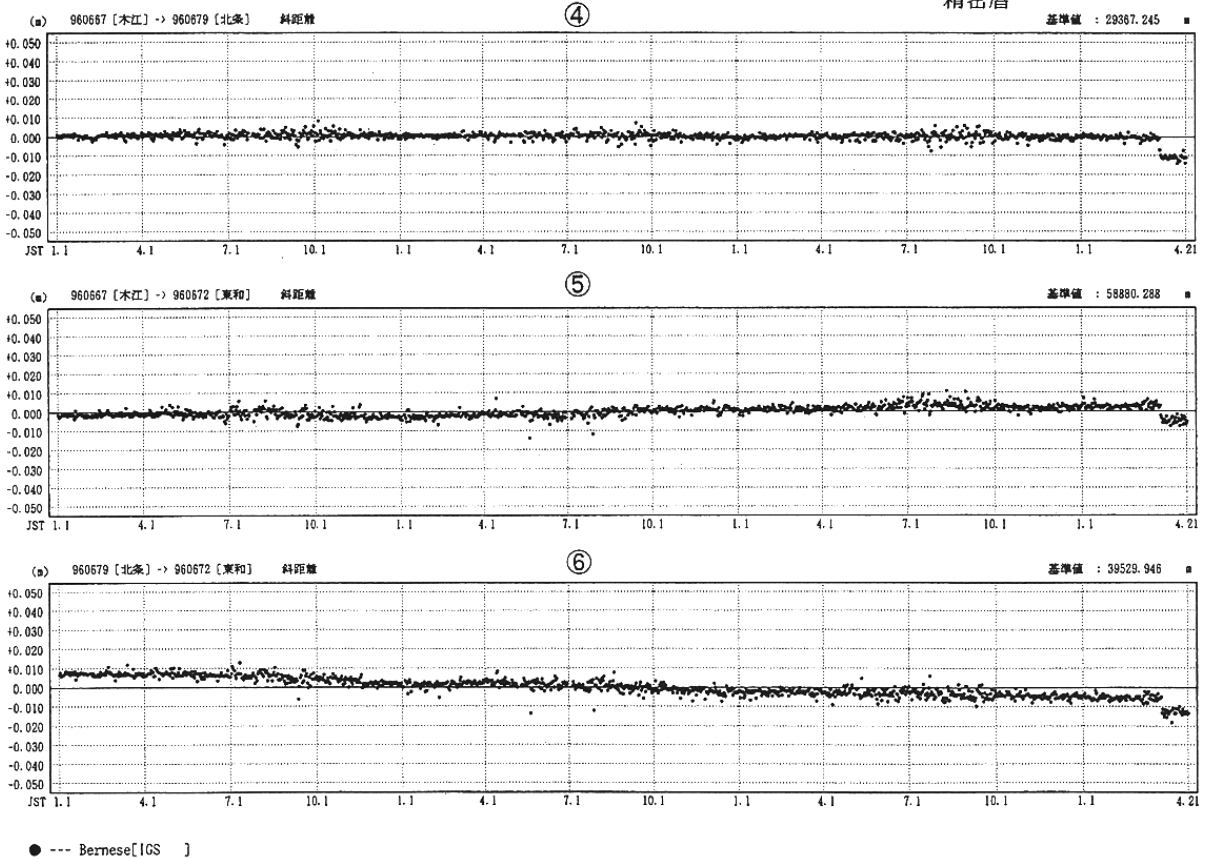
精密暦



期間：1998年1月1日～2001年4月21日

基線長変化グラフ

精密暦



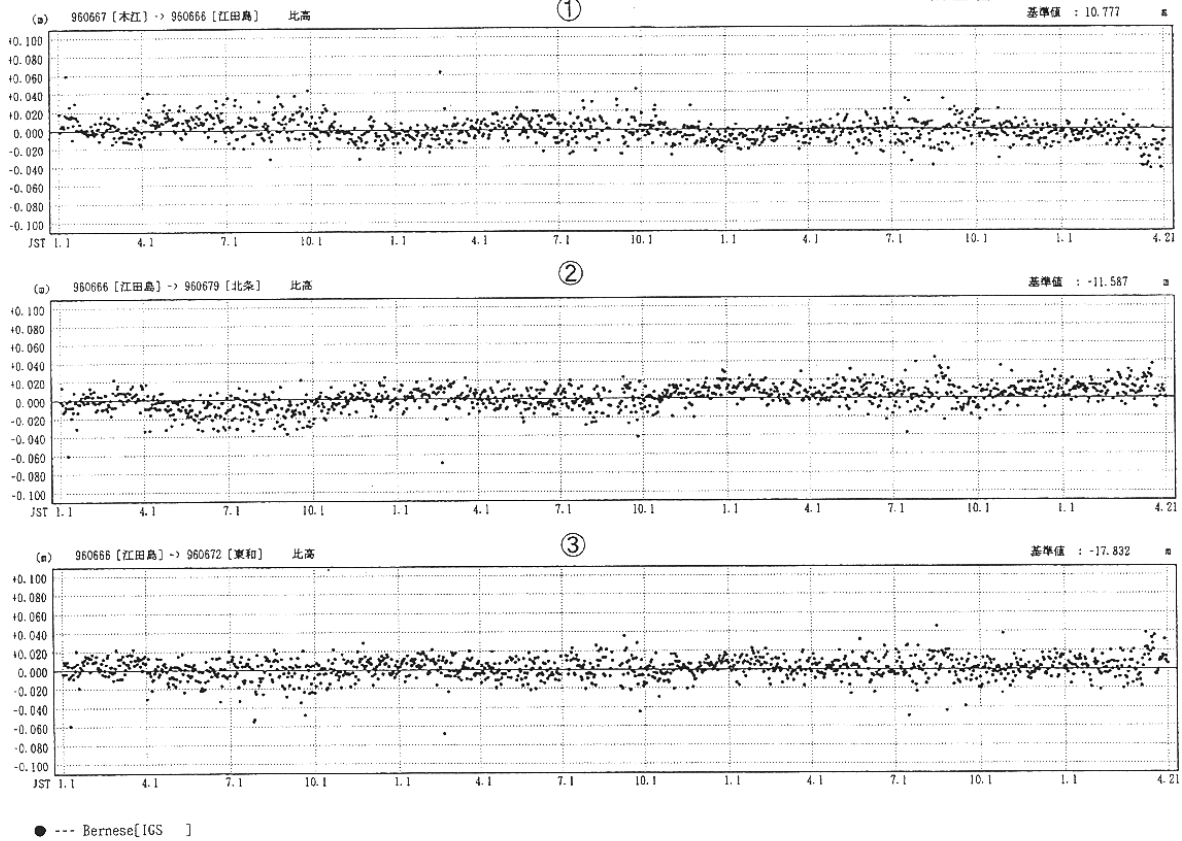
第5図-(2) 安芸灘周辺のGPS連続観測結果(2)

Fig.5-(2) Results of continuous GPS measurements around the epicenter of 2001 Geiyo earthquake during 1998/01/01 - 2001/04/21 (2 of 3).

期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日
座標系: WGS-84

比高変化グラフ

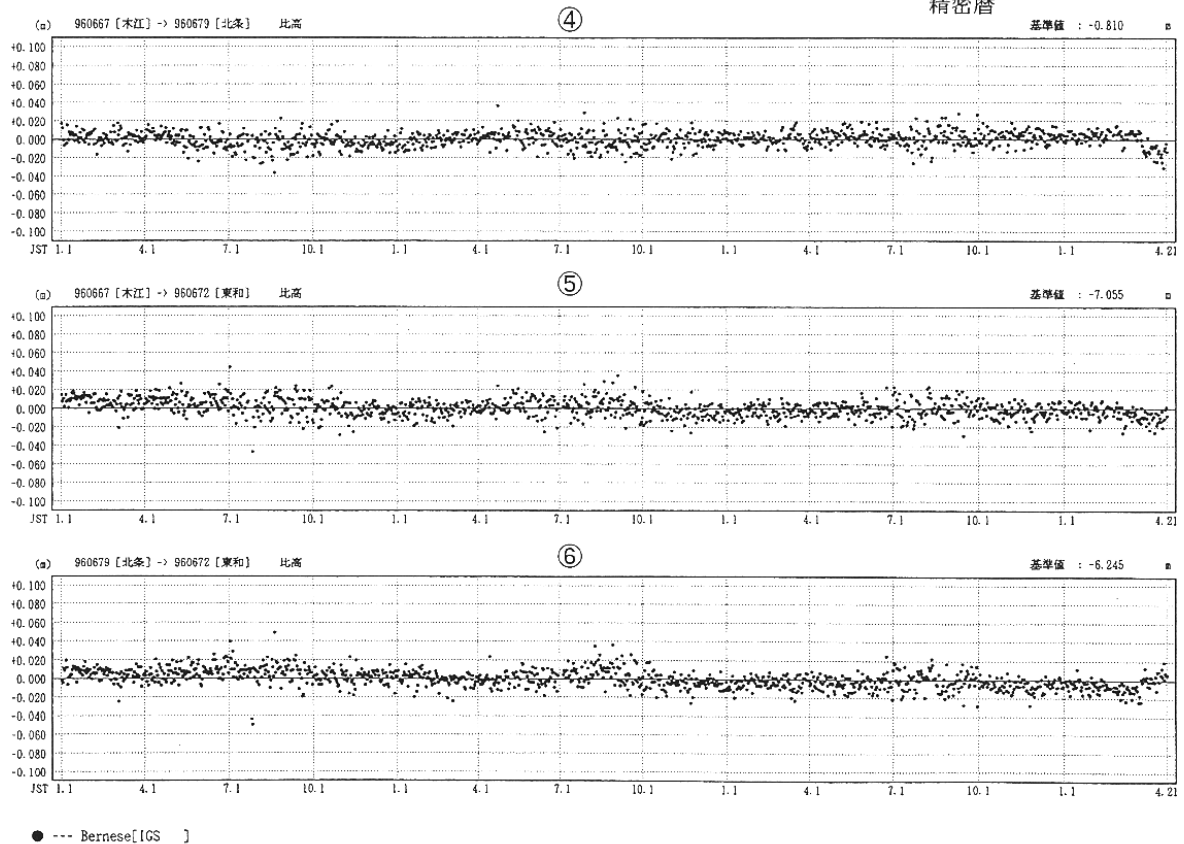
精密暦



期 間: 1998年1月1日 ~ 2001年4月21日

比高変化グラフ

精密暦



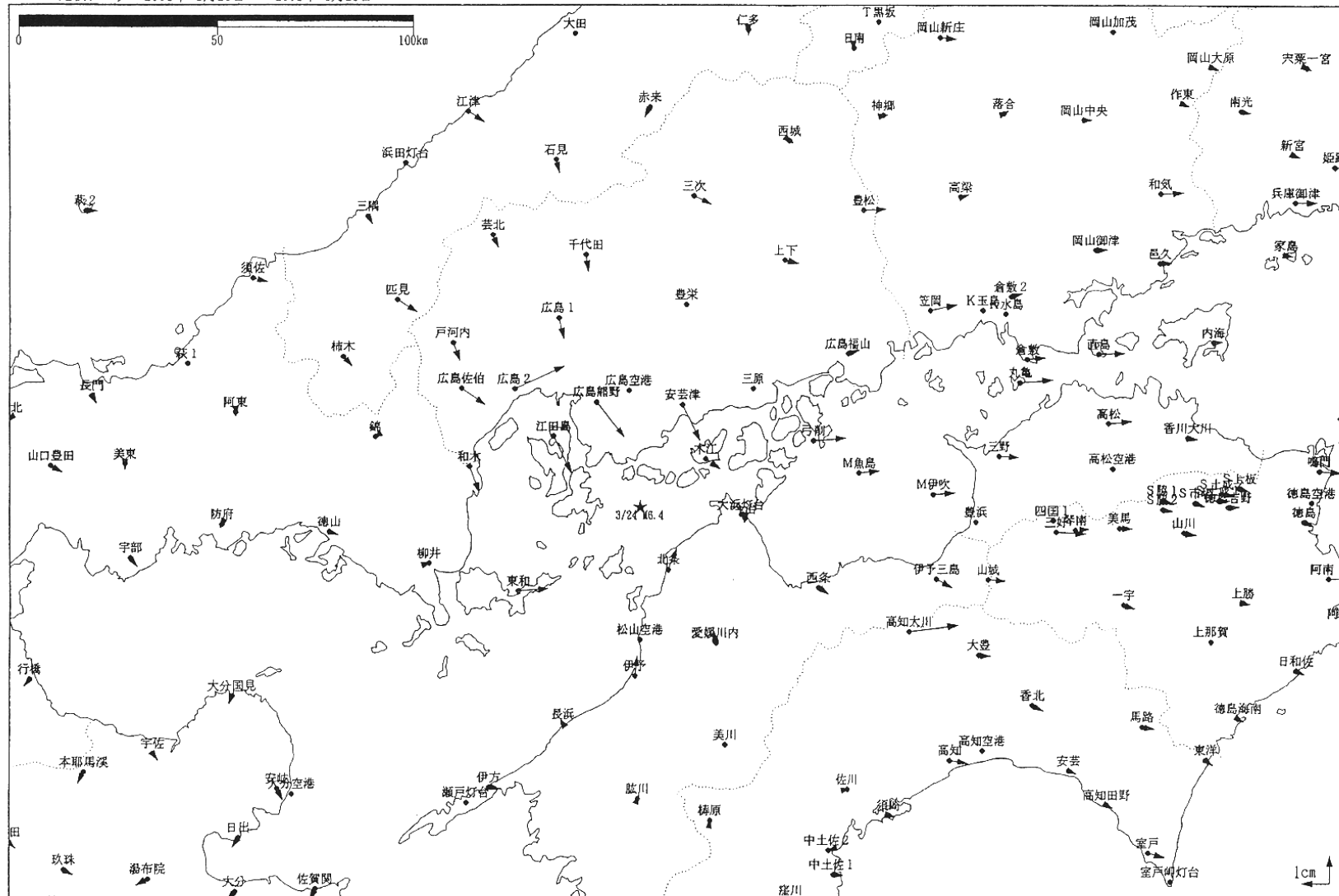
第5図-(3) 安芸灘周辺のGPS連続観測結果(3)

Fig.5-(3) Results of continuous GPS measurements around the epicenter of 2001 Geiyo earthquake during 1998/01/01 - 2001/04/21 (3 of 3).

比較手法 : 平均値
 基準データ: 2001年 3月19日 ~ 2001年 3月23日
 比較データ: 2001年 3月25日 ~ 2001年 3月29日

ベクトル図(水平)

固定局: 950456



黒: Bernese[COC]

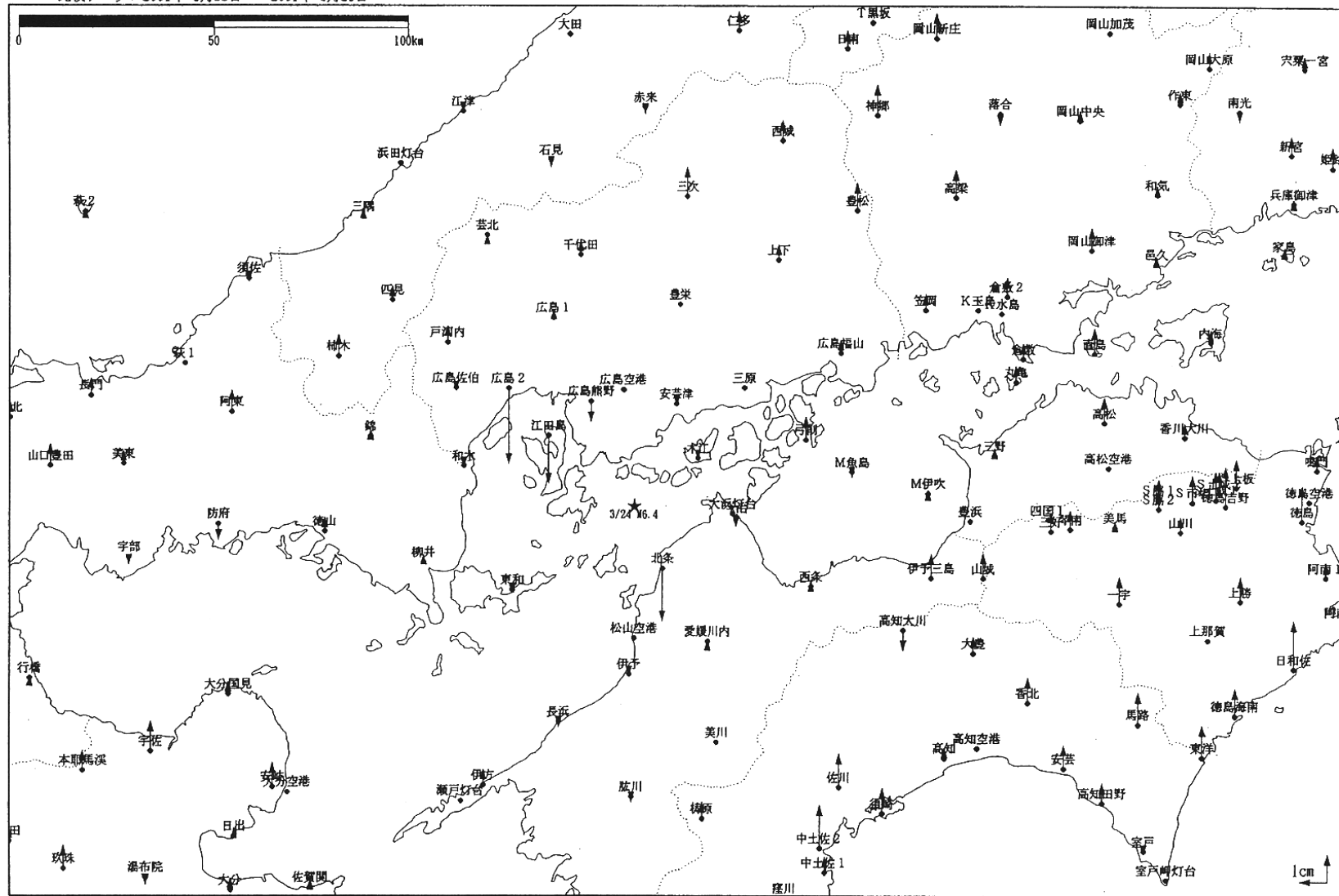
第6図 2001芸予地震前後の水平地殻変動

Fig.6 Horizontal displacements associated with 2001 Geiyo earthquake (March 24, 2001 Mj6.4) derived from continuous GPS measurements.

比較手法 : 平均値
 基準データ: 2001年 3月19日 ~ 2001年 3月23日
 比較データ: 2001年 3月25日 ~ 2001年 3月29日

ベクトル図(上下)

固定局: 950456



黒: Bernese[COC]

第7図 2001芸予地震前後の上下地殻変動

Fig.7 Vertical displacements associated with 2001 Geiyo earthquake (March 24, 2001 Mj6.4) derived from continuous GPS measurements.

2001年3月24日芸予地震（Mj 6.4）による地殻変動

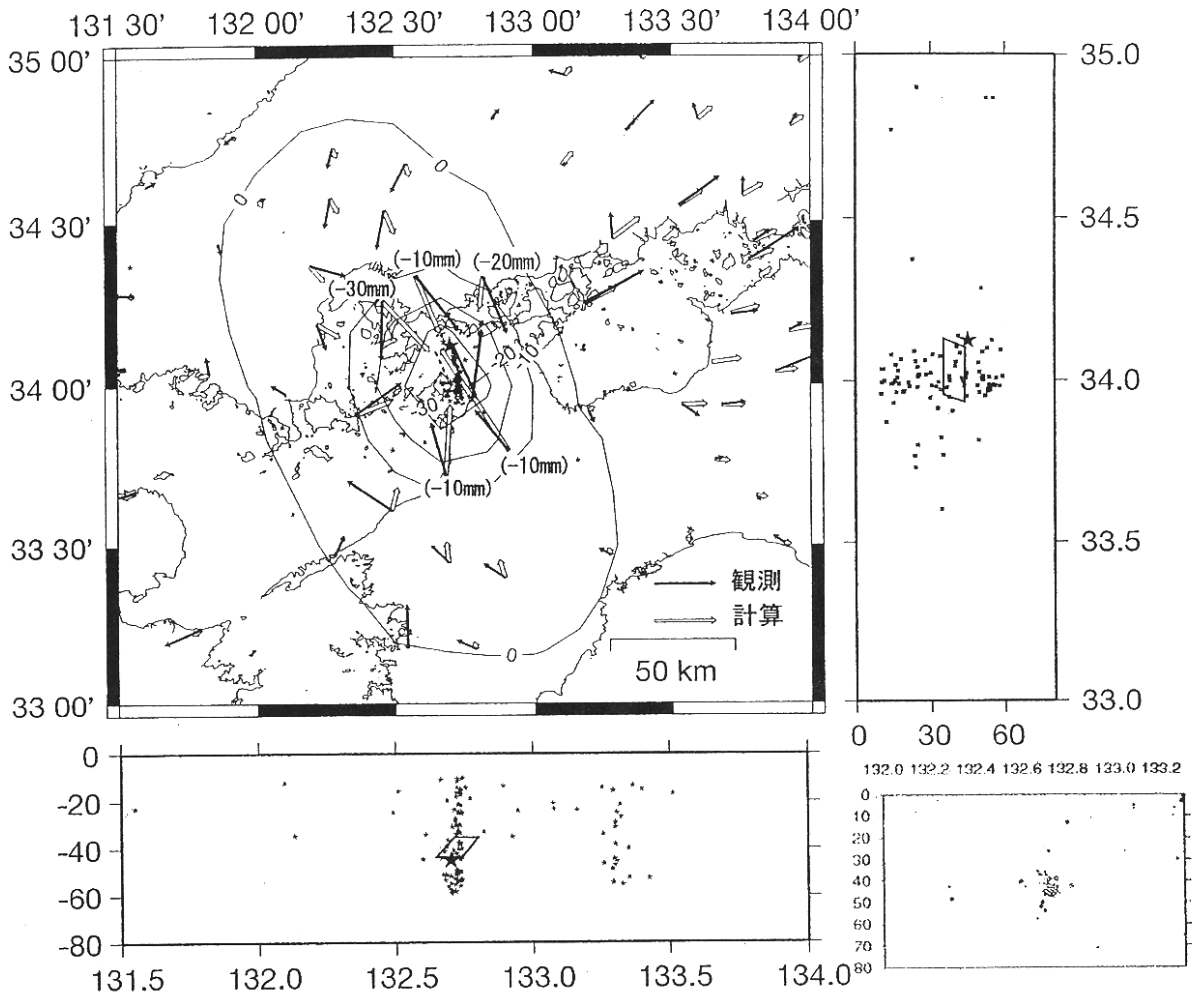
国土地理院のGEONETにより、2001年3月24日芸予地震（Mj 6.4）による地殻変動が検出させている（図参照、観測期間は3/11-23～25-29）。GPSの結果では、凡そ1 cm程の地殻変動が震源近傍で観測されている。GPS観測点近傍の（ ）内の数字は観測点の上下変化値を示す。

この地殻変動データに基づき、非線形最小二乗法により断層パラメータを推定した。余震分布から西落ちの断層を想定し、断層領域の長さ、幅を20×10 kmと固定し、それ以外のパラメータを推定している。推定された断層パラメータを推定誤差と共に表に示す。推定断層領域は防災科学技術研究所で公開させている自動震源（星印）を囲むような形で推定され、地震観測と比較的調和的な結果が得られている。また滑り量は凡そ1.5 mで、推定Mwは剛性率60 GPaとして6.8程度である。白抜き矢印が水平変動の計算値を示し、観測量と比較的調和的な計算地殻変動が推定された。コンターは計算上下変動を示す。コンター間隔は10 mm。上下変動も比較的観測結果と調和的な値が推定された。

推定された、断層面を傾斜方向、走行方向に拡大し、その上での滑り分布を推定した。図中で短形の上端が深さ約30、下端が約50 kmの深さとなっており、40 km付近を中心とした滑り分布が推定された。海域のデータがない事もあり、全体的にユニフォームな滑りが推定されているが、南北で滑り方向が少し変化していると、観測結果をややよく説明できるという結果が推定された。

1997年豊後水道付近でゆっくりとした地震（～Mw6.7）が起きた事が推定されている（Hirose et al. 1999, Ozawa et al. 2001）。この事象による芸予地震の推定断層面に対するCFF変化を50 kmの深さで推定してみた。豊後水道モデルとしてはOzawa et al. [2001]の推定値を採用している。影響が殆どない結果が推定された。

GEONETにより捉えられた水平地殻変動 (3/11-23~3/25-29) とモデル計算
 24時間解析：組み合わせ暦：固定点 950241 大湊



上図は東京大学地震研究所
 ウェブサイト「安芸灘の
 地震の余震活動」引用

	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	走向 (度)	傾斜 (度)	幅 (km)	長さ (km)	滑り量 (m)	滑り角度 (度)	Mw
推定値	34.104	132.650	43	156	52	10	20	1.5	-91	6.8
推定 誤差	3km	2km	3km	5	2	固定	固定	0.2m	5	0.03
EIC 地震 学ノート				179	55	10	20	平均 1.2 m	-82	6.7

- 注1：実線が断層の上端を示す
- 注2：緯度、経度は断層左下端点の位置（岡田の表記による）
- 注3：震源データは防災科学技術研究所のwebsiteから使用
- 注4：剛性率 60 GPa
- 注5：コンターは計算上下変動を示す（間隔10mm）
- 注6：GPS観測点近傍の（）内数値は観測上下変動

第8図-(1) 2001年芸予地震に伴う地殻変動(1)

Fig.8-(1) Interpretations of crustal deformation associated with 2001 Geiyo earthquake (1 of 3).

矢吹&松浦(1992)の手法による、推定断層面滑り分布

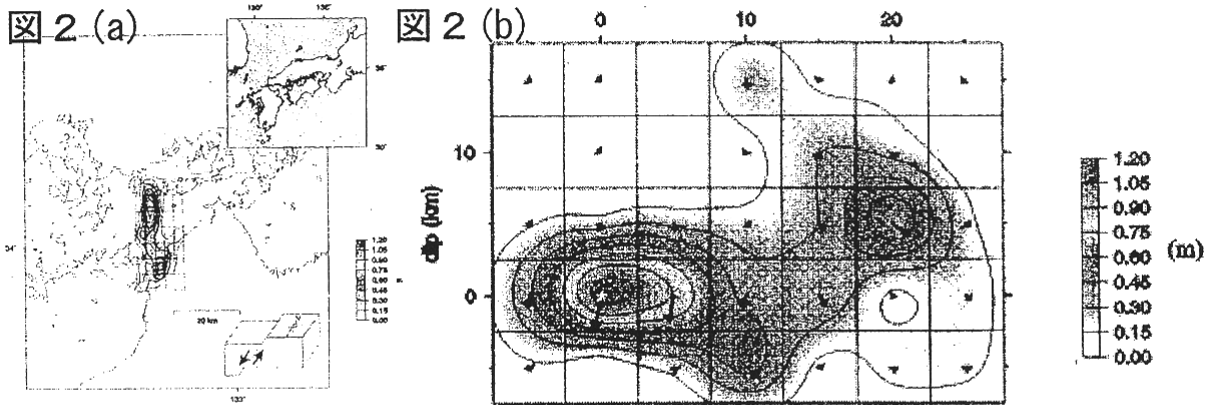
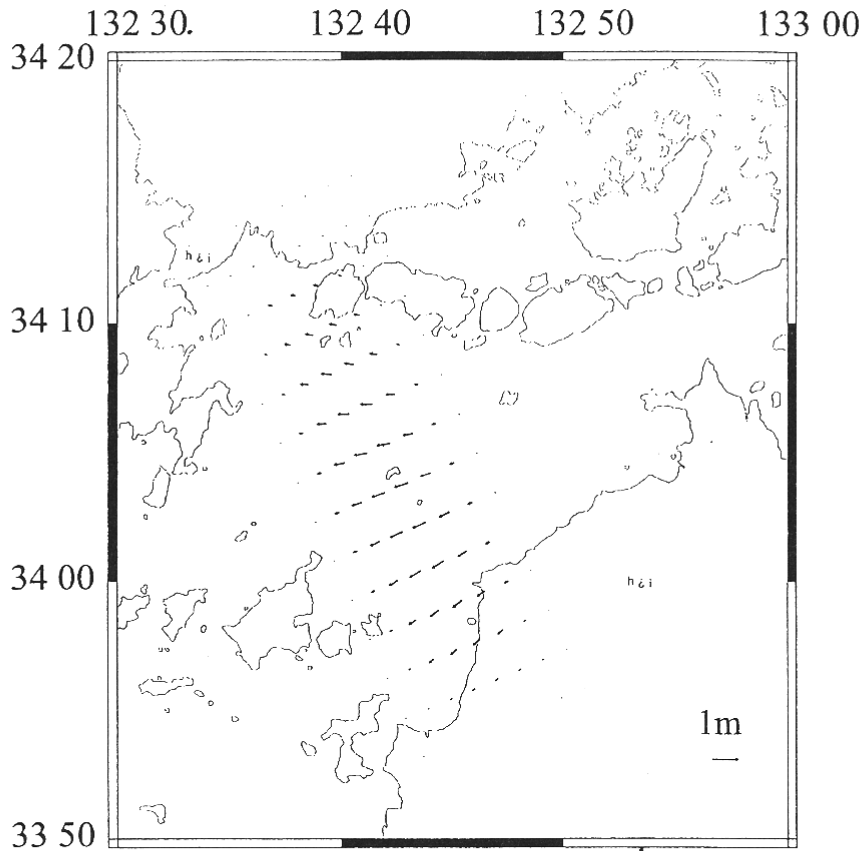


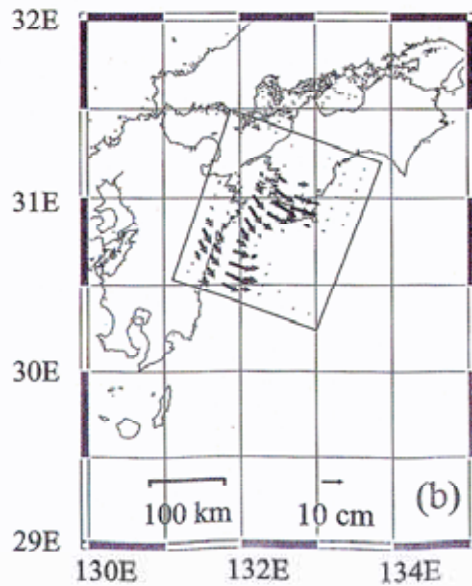
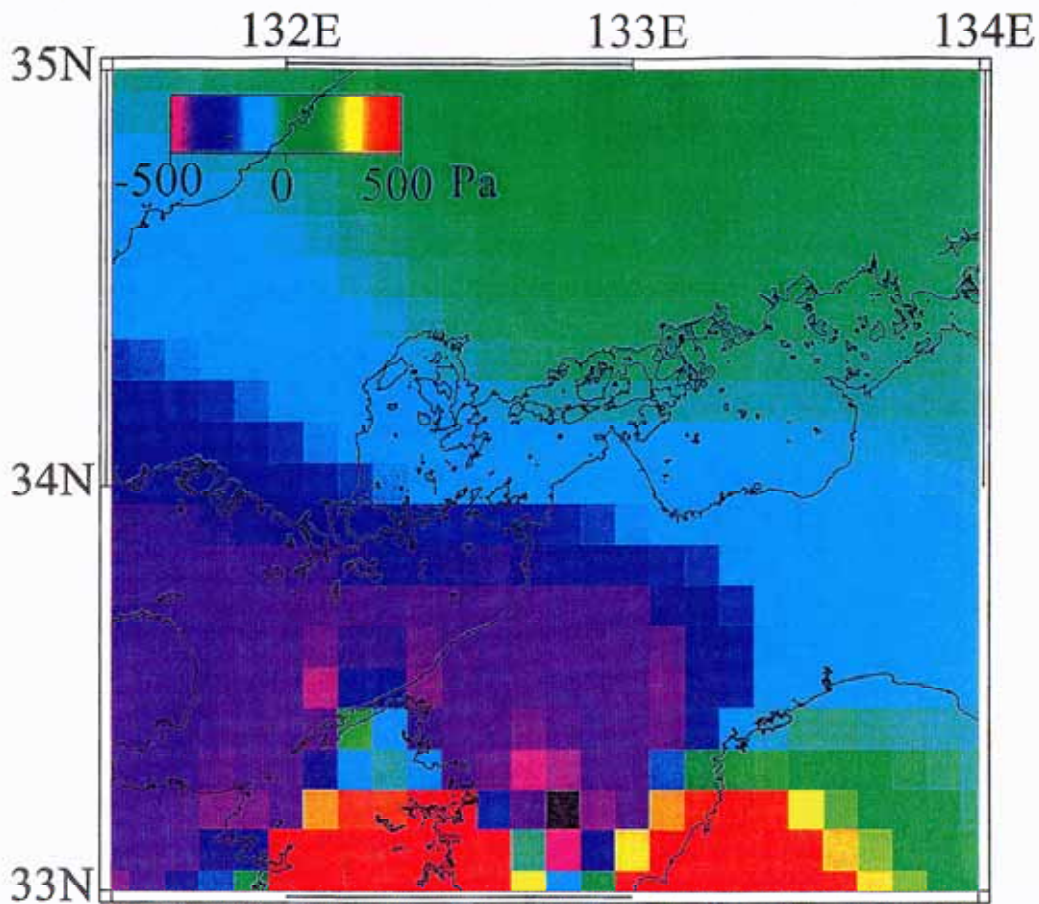
図2は東京大学地震研究所ウェブサイト「Rupture Process of the Geiyo Earthquake」を引用 (Yagi and Kikuchi)

注：データが海域にないためもあり、海域で一様に近いような滑り分布が得られている。北と南で滑り角度の違いが見られる点は、地震波の解析結果と調和的である (図2参照)。

第8図-(2) 2001年芸予地震に伴う地殻変動(2)

Fig.8-(2) Interpretations of crustal deformation associated with 2001 Geiyo earthquake (2 of 3).

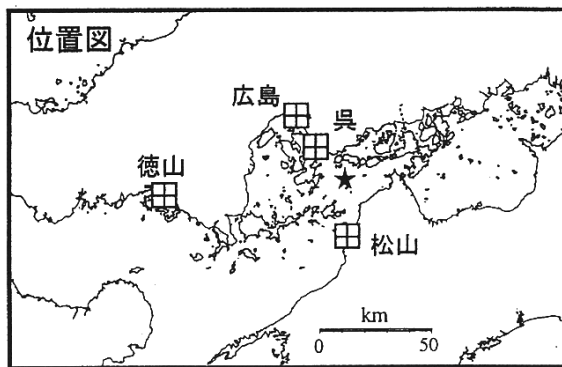
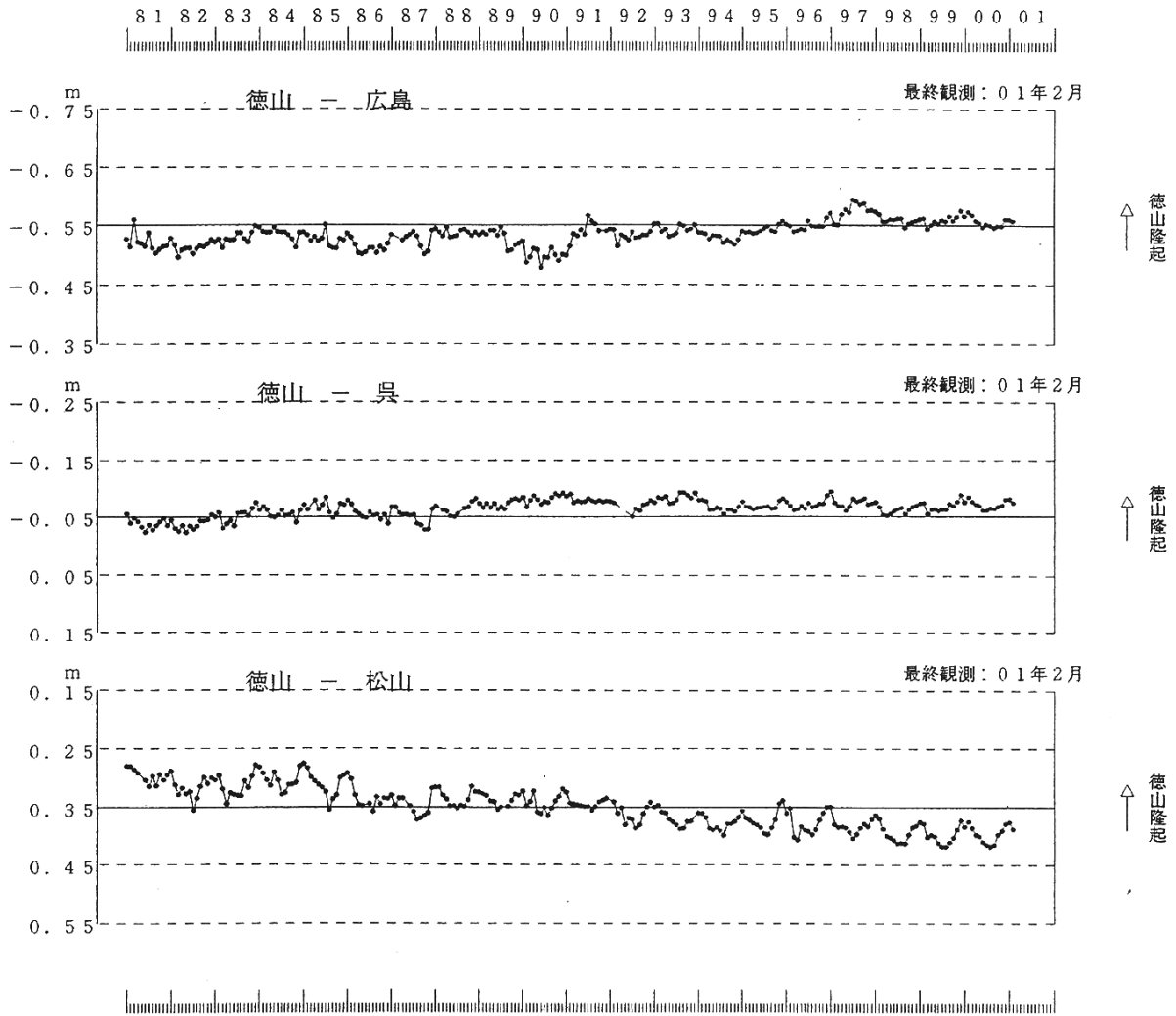
1997年豊後水道ゆっくり地震によるCFF変化



第8図-(3) 2001年芸予地震に伴う地殻変動(3)

Fig.8-(3) Interpretations of crustal deformation associated with 2001 Geiyo earthquake (3 of 3)

徳山-広島・呉・松山各験潮場間の月平均潮位差



第9図 瀬戸内海中部地方各験潮場間の月平均潮位差

Fig.9 Plots of differences between montly mean values at tidal gauges in the central part of Setonaikai inland ocean.