

## 9-1 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1～2図は室戸岬周辺の水準測量結果である。今回は安芸市から室戸岬に至る西側の路線を観測した。安芸市から見て先端側が沈降の傾向は変わらずに続いている。第2図は室戸地方の経年変化であるが、沈降速度はほぼ一定で続いているようである。

第3、4図は GEONET で観測した 2005 年 3 月 20 日に発生した福岡県西方沖の地震 (Mj=7.0) に伴う地殻変動を示した図である。第3図は水平地殻変動ベクトル、第4図は上下変動である。震央に近い志賀島の電子基準点「福岡」で約 17cm 南東方向の変動が観測された。第5図はこれらの観測から推定した震源断層モデルで、ほぼ鉛直な北西-南東走向の左横ずれ断層が推定された。

第6図は地震後の地殻変動である。福岡観測点のみ有意な変動とみられる南西方向および沈下の変動を示しており、余効変動および大きめの余震の影響とみられる。第7図は4月20日の最大余震に伴う変動で、機動観測点海の中道で約 2cm の沈下がみられる。

第8、9図は GEONET 1 秒エポックデータから計算した福岡県西方沖の地震前後の地殻変動の推移である。電子基準点「直方」を固定して電子基準点「福岡」「古賀」「二丈」「前原」「桂川」「中原」「石田」「北波多」の変動をプロットした。地震発生直後は観測点の震動を示すデータのばらつきがあるが、十数秒程度で収まって永久変位成分がその後のプロットで確認できる。

第10、11図は、福岡県西方沖の地震による  $\Delta$  CFF の計算である。第10図上段は警固断層を想定した北西-南東走向の左横ずれ断層への影響、下段は九州中央部に見られる東西走向の正断層を受け手として計算したものである。第11図は横ずれ断層に対する  $\Delta$  CFF の分布と余震分布を重ねたもので、 $\Delta$  CFF が正の領域で余震が発生していることがわかる。

第12、13図は本震後約2週間の余効地殻変動の分布である。福岡観測点の変動は本震と同じセンスの水平変動と上下変動であるが、その他の観測点では有意な変動は確認できない。第14、15図はこの余効変動の断層モデルであり、第14図は本震の断層全体を滑らせたモデル、第15図は断層の南東端だけを滑らせたモデルである。

第16～22図は、長期間の GPS 観測結果の時系列である。第16図には観測点配置と、調整などが行われた日付が示してある。島根県の三隅観測点を起点として3成分の時系列を示した。長期的には三隅からみて東へ変動する傾向が全体的にみられる。筑紫野観測点にみられる 2002 年夏頃の変化は周辺の樹木による障害と伐木の影響である。

第23～26図は地震前後の GPS 観測の時系列である。第24図上段左の福岡観測点にわずかな余効変動がみられる。第27～31図は地震後の時系列をより詳しくみたものであり、地震後に設置された機動観測点海の中道の時系列を含んでいる。4月20日の最大余震でわずかに変化がみられる。

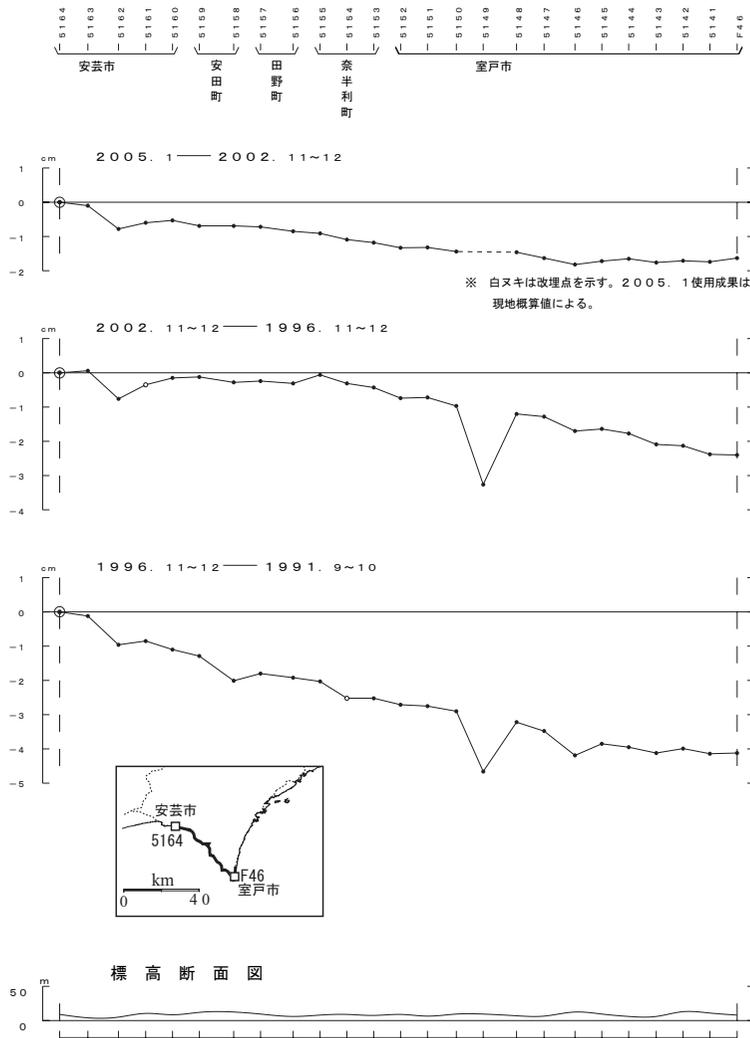
第32図は干渉 SAR により検出された地殻変動の図である。福岡湾の南側で隆起、北側で沈降のセンスにあることがわかる。

第33、34図は福岡県西方沖の地震発生前の定常的水平地殻変動の様子である。第33図は固定点を島根県の三隅にとった平均変位速度であるが、九州北部は変動速度が小さい。同様に第34図の歪み変化で見ても九州北部の歪みの小ささが確認できる。

第35～37図は地震前、地震時、地震後の地殻水平歪みの図である。地震前の1年間でも、震源域周辺に特段の歪みの集中などは見られない。地震時の歪みは横ずれ断層のパターンをそのまま示しており、地震後の歪みも同様である。

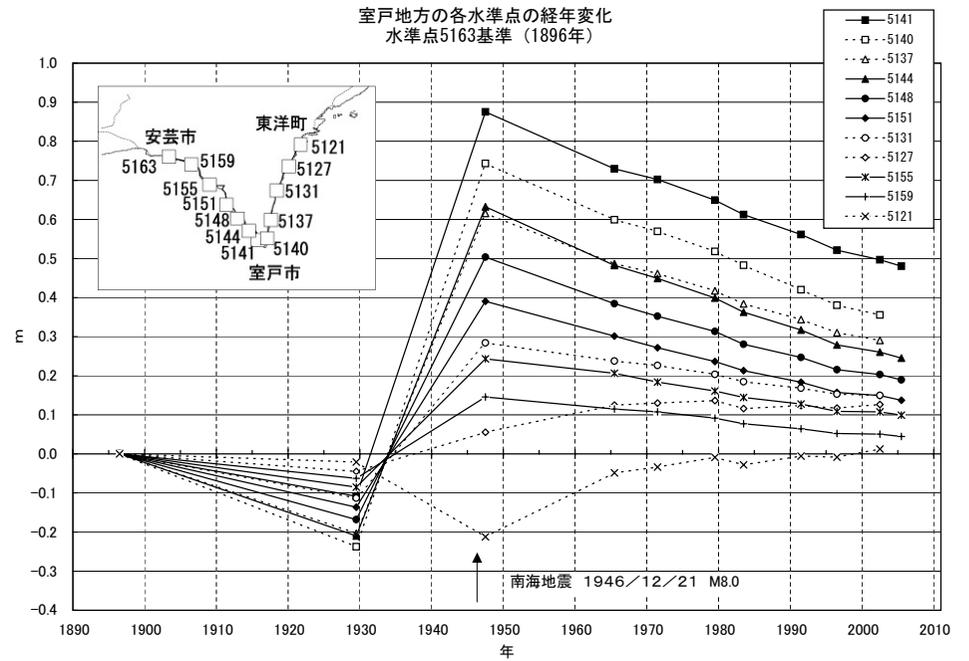
第38～43図は、日向灘・豊後水道周辺の GPS 連続観測結果である。上段は生の観測値、下段にはトレンドと年周を除いた時系列を示して対比している。芸予地震以降も特段の変動はなかったが、2003年8月から12月頃に発生したスロースリップイベントの影響が見られる。紀伊半島南東沖地震の影響はほとんど見られないが、土佐清水の東西成分にわずかにそれらしき段差が見える。北川観測点の変動は原因が不明であるが周辺の観測点には同様の変化は見られない。

安芸市～室戸市間の上下変動



第1図 室戸岬西岸の水準測量結果（安芸市～室戸市の路線）

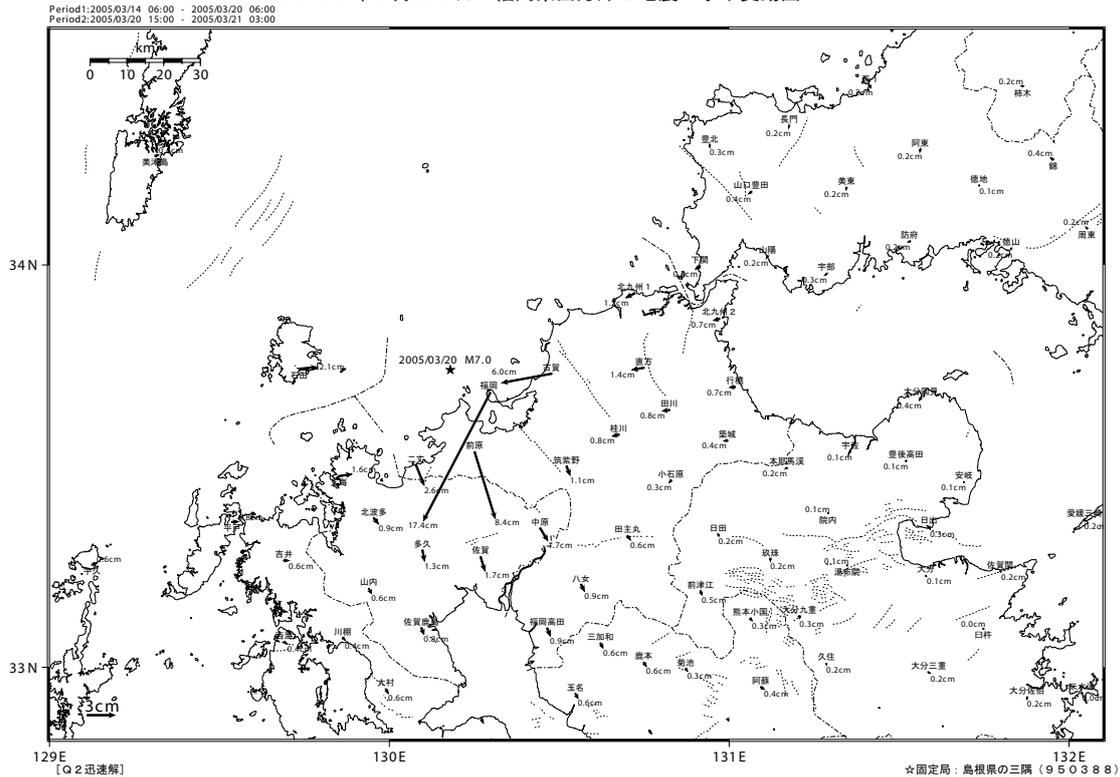
Fig.1 Results of Precise Leveling along the western coast of Muroto Peninsula (from Aki city to Muroto city)



第2図 水準点 5163（安芸市）を基準とした室戸岬周辺の水準点の上下変動時系列

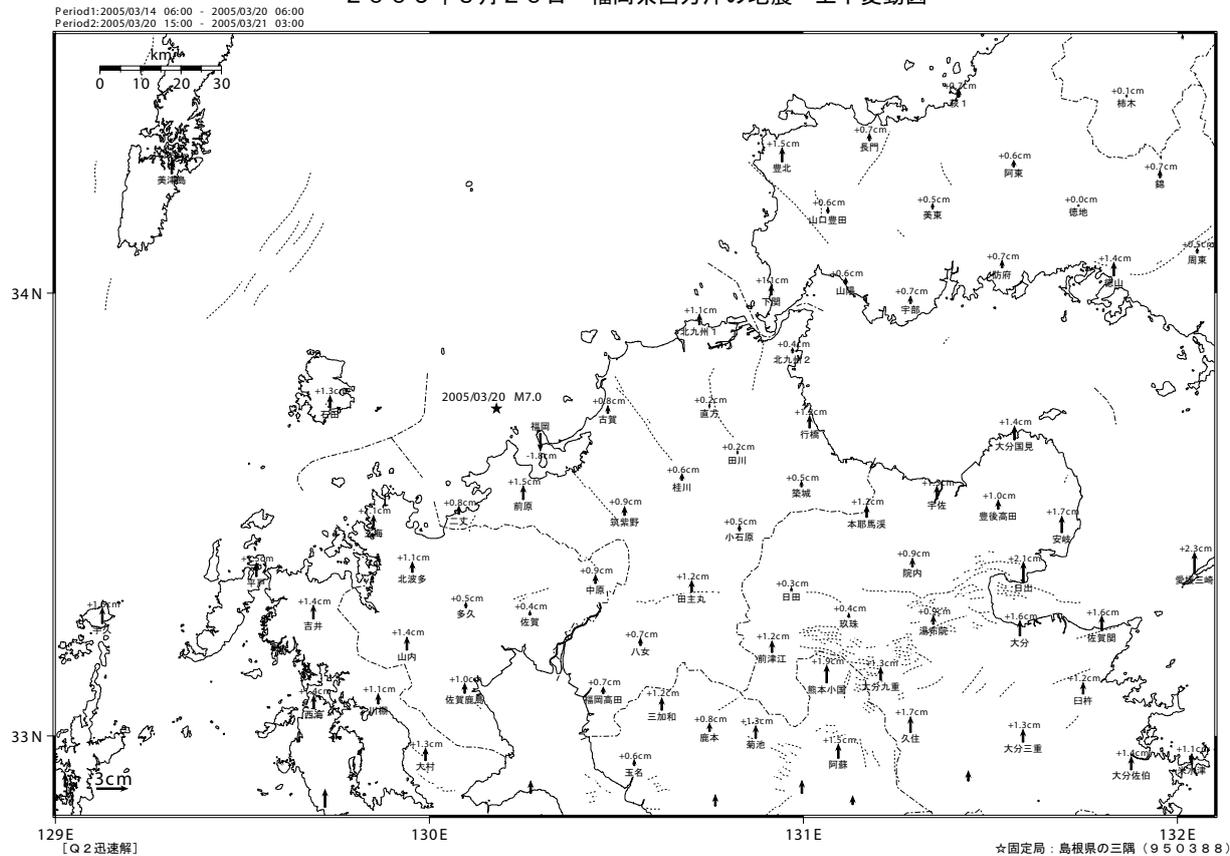
Fig.2 Time series of height change of bench marks along the leveling route on the coast of Muroto Peninsula from BM5163(Aki) to via BM5141(Muroto) to BM5121(Toyo) referred to BM5163 (Aki)

2005年3月20日 福岡県西方沖の地震 水平変動図



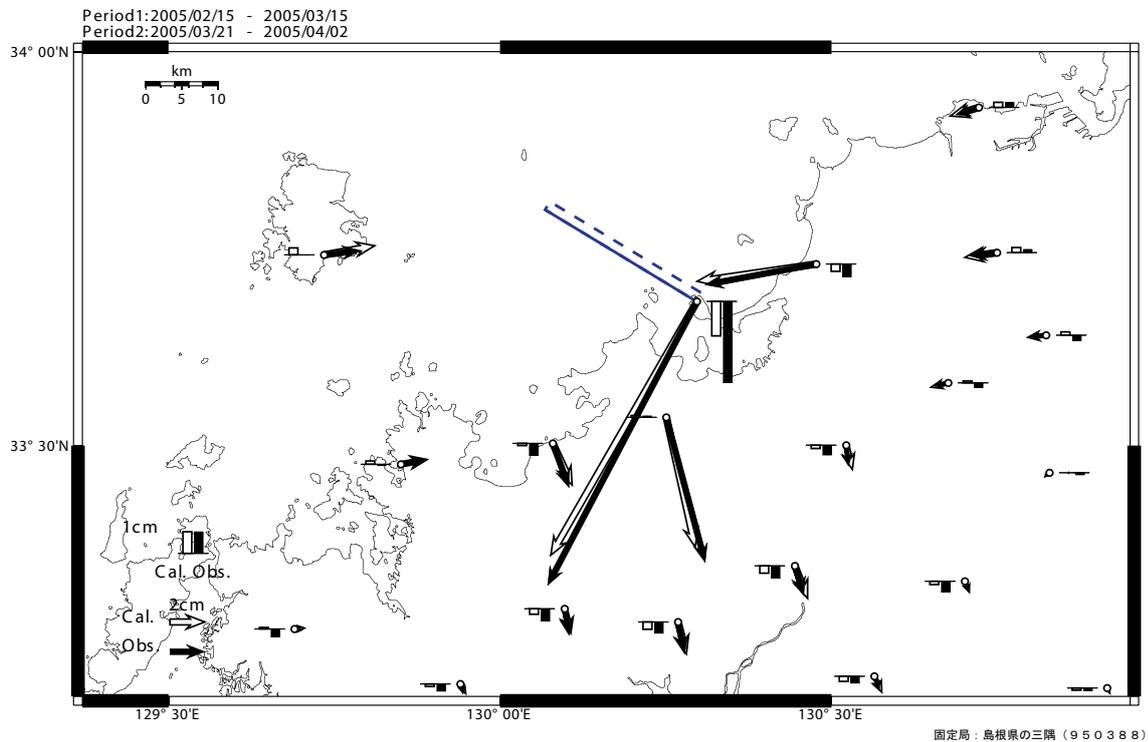
第3図 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震(M=7.0) に伴う地殻水平変動  
 Fig.3 Co-seismic Horizontal Crustal Movement by Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005, M=7.0)

2005年3月20日 福岡県西方沖の地震 上下変動図



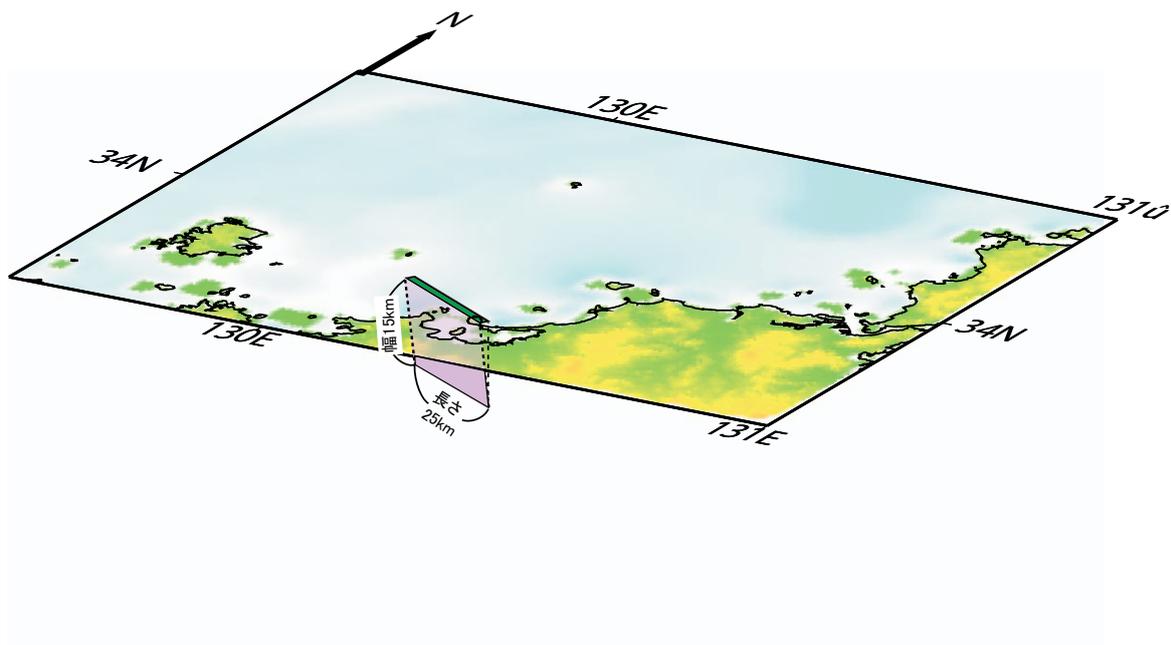
第4図 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震(M=7.0) に伴う地殻上下変動  
 Fig.4 Co-seismic Vertical Crustal Movement by Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005, M=7.0)

# 福岡県西方沖を震源とする地震の地殻変動モデル(速報解)



緯度	経度	深さ	長さ	幅	走向角度	傾斜角度	すべり角度	すべり量	マグニチュード
Lat=33.68	Lon=130.30	D=0.0km	L=24.9km	W=14.9km	Strike=301deg	Dip=85deg	Rake=-3deg	Slip=0.75m	Mw=6.5

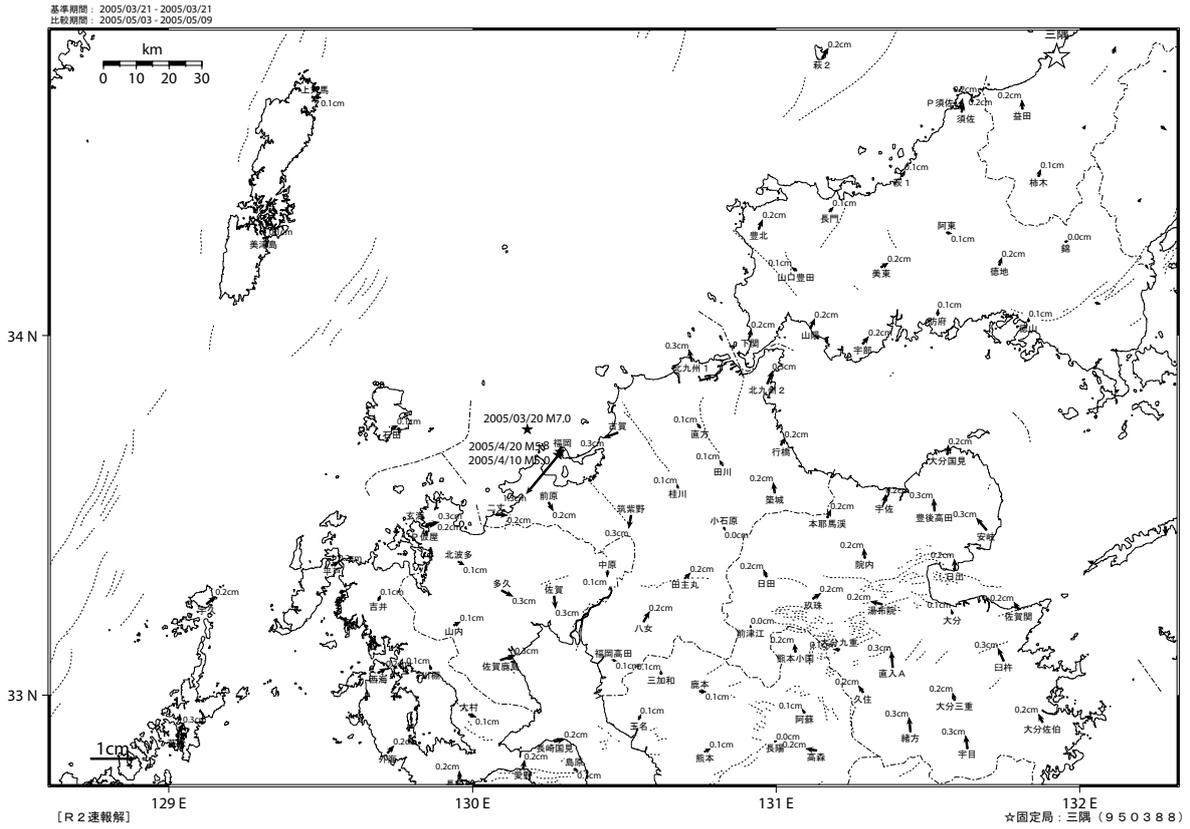
## 地殻変動モデルの概念図



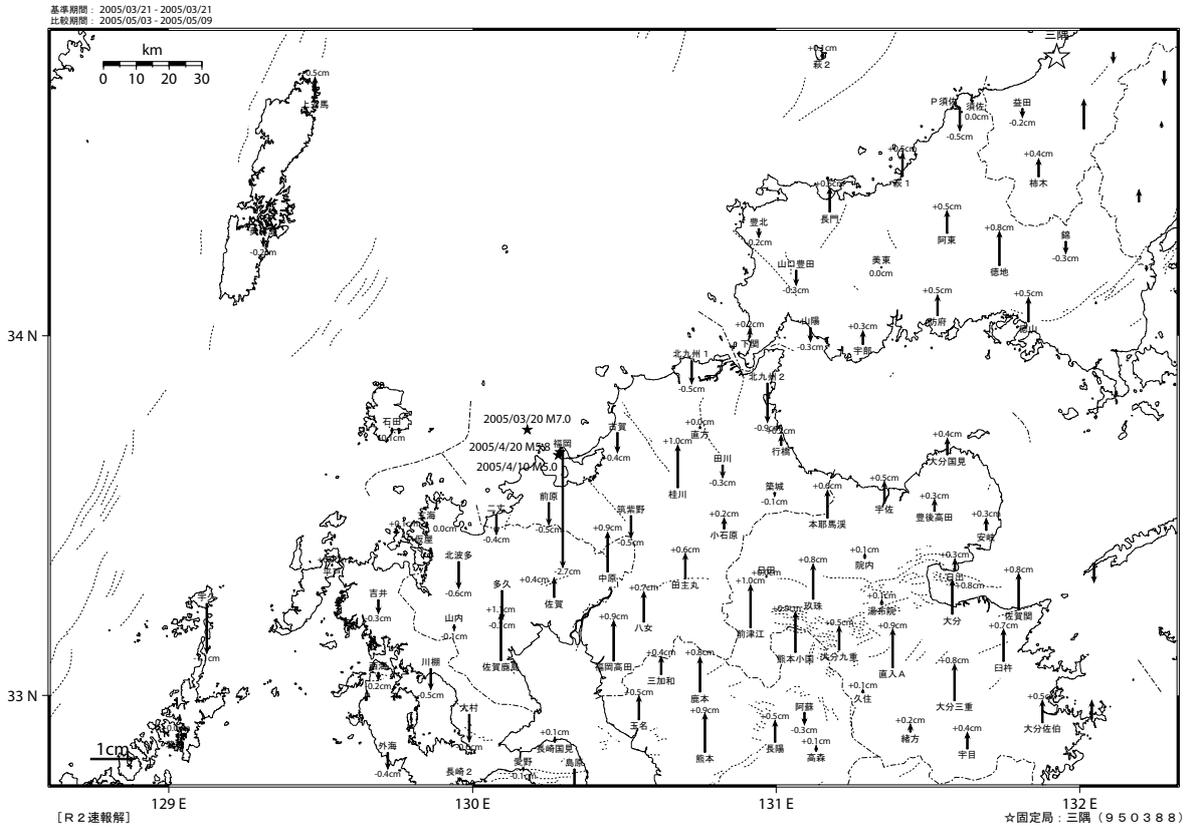
第5図 GEONET 地殻変動データによる福岡県西方沖の地震の断層モデル

Fig.5 Fault model for Western off-Fukuoka earthquake(mainshock) estimated by crustal deformation by GEONET observation data

福岡県西方沖の地震 地震後の水平変動図



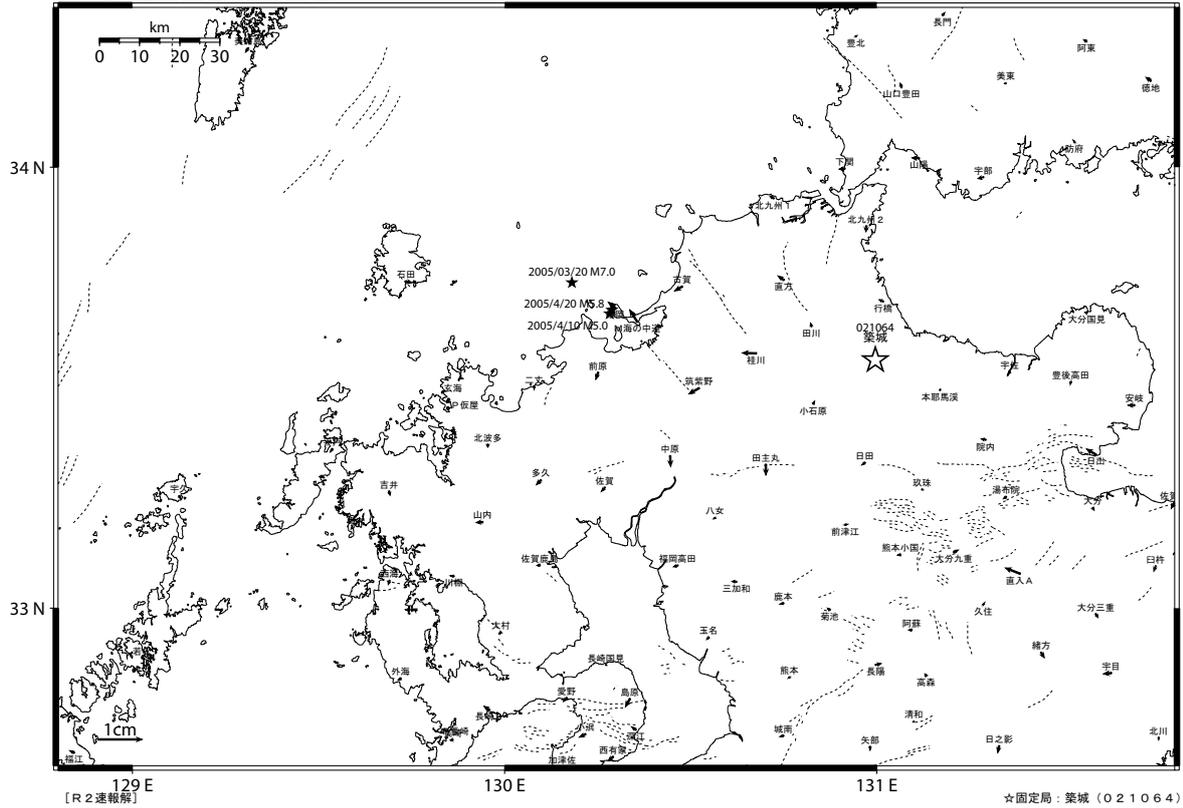
福岡県西方沖の地震 地震後の上下変動図



第6図 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震後の地殻水平変動（上）および上下変動（下）  
Fig.6 Post-seismic Horizontal (upper figure) and Vertical (lower figure) Crustal Movement after  
Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005, M=7.0)

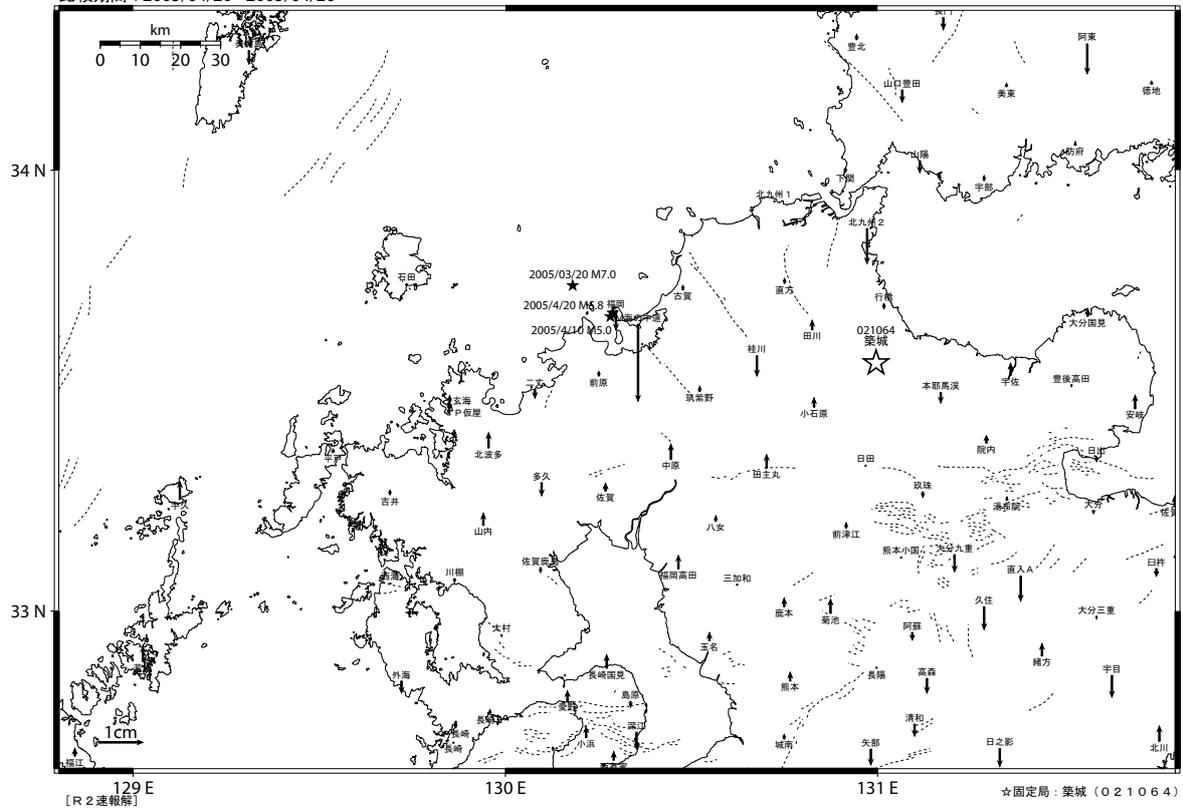
福岡県西方沖の地震（2005年4月20日）水平変動図

基準期間：2005/04/12 - 2005/04/18  
比較期間：2005/04/20 - 2005/04/26



福岡県西方沖の地震（2005年4月20日）上下変動図

基準期間：2005/04/12 - 2005/04/18  
比較期間：2005/04/20 - 2005/04/26

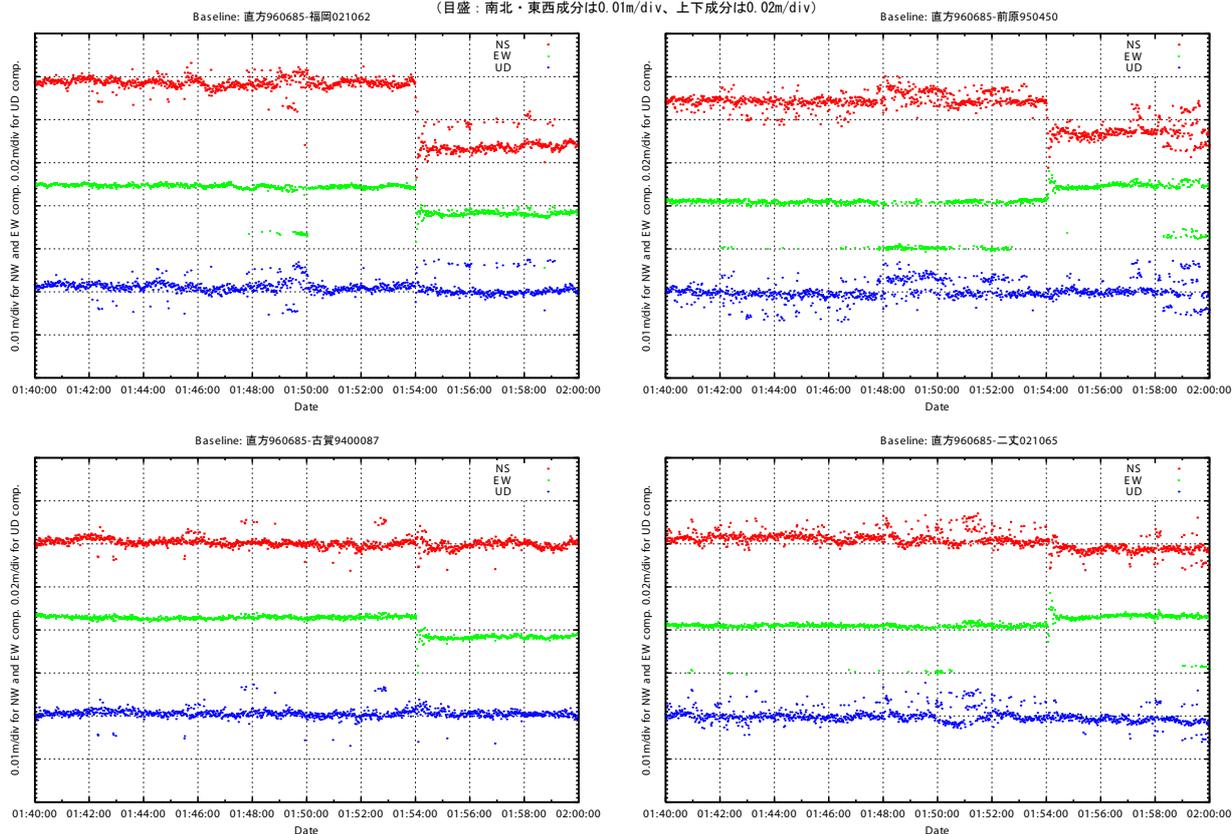


第7図 福岡県西方沖の地震の余震(2005年4月20日, M=5.8)に伴う地殻水平変動

Fig.7 Co-seismic Horizontal (upper figure) and Vertical (lower figure) Crustal Deformation by the largest aftershock of Western off-Fukuoka Earthquake (April 20, 2005, M=5.8)

1秒値で計算した成分変化グラフ

(目盛：南北・東西成分は0.01m/div、上下成分は0.02m/div)

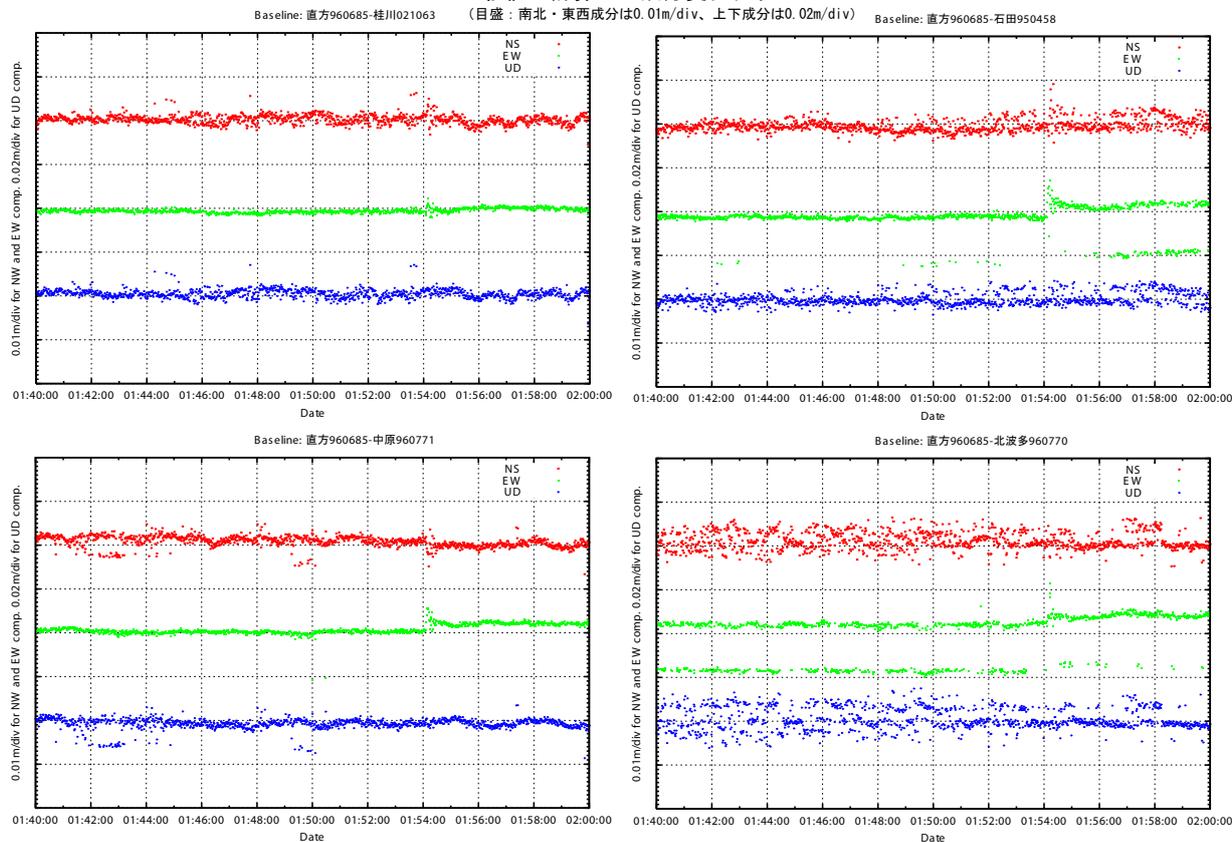


第8図 GEONET1秒値による福岡県西方沖の地震前後の震央周辺における地殻変動時系列

Fig.8 Time series of 1 second epoch crustal movement on the GEONET sites near the epicenter of Western off-Fukuoka earthquake

1秒値で計算した成分変化グラフ

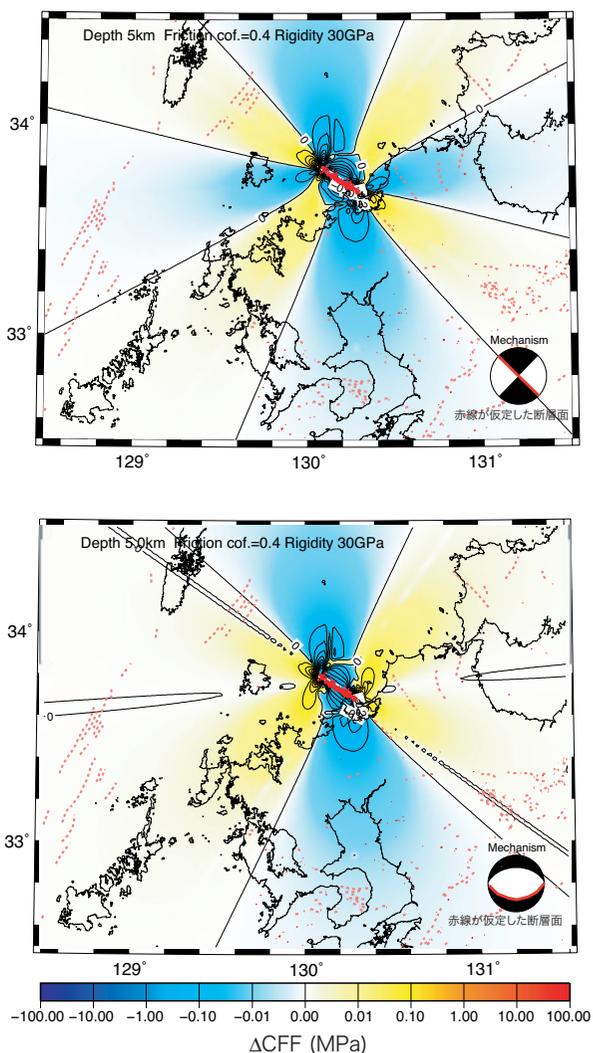
(目盛：南北・東西成分は0.01m/div、上下成分は0.02m/div)



第9図 GEONET1秒値による福岡県西方沖の地震前後の震央周辺における地殻変動時系列

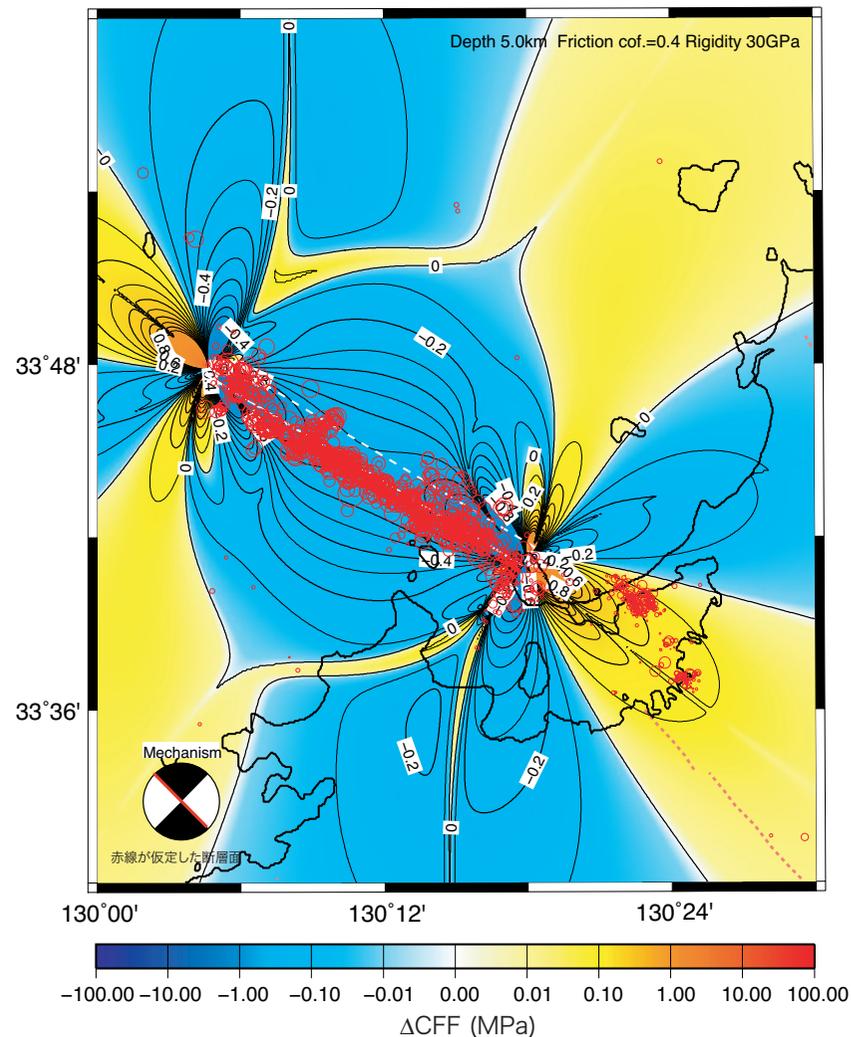
Fig.9 Time series of 1 second epoch crustal movement on the GEONET sites near the epicenter of Western off-Fukuoka earthquake

福岡県西方沖の地震に伴うCFFの変化



第 10 図 福岡県西方沖の地震が周辺の活断層に与える影響 ( $\Delta$  CFF): 横ずれ断層に対して(上), 正断層に対して(下)

Fig.10 Coulomb Failure Function from Western off-Fukuoka earthquake to the surrounding active faults :to stike slip faults(upper figure), to normal faults(lower figure)

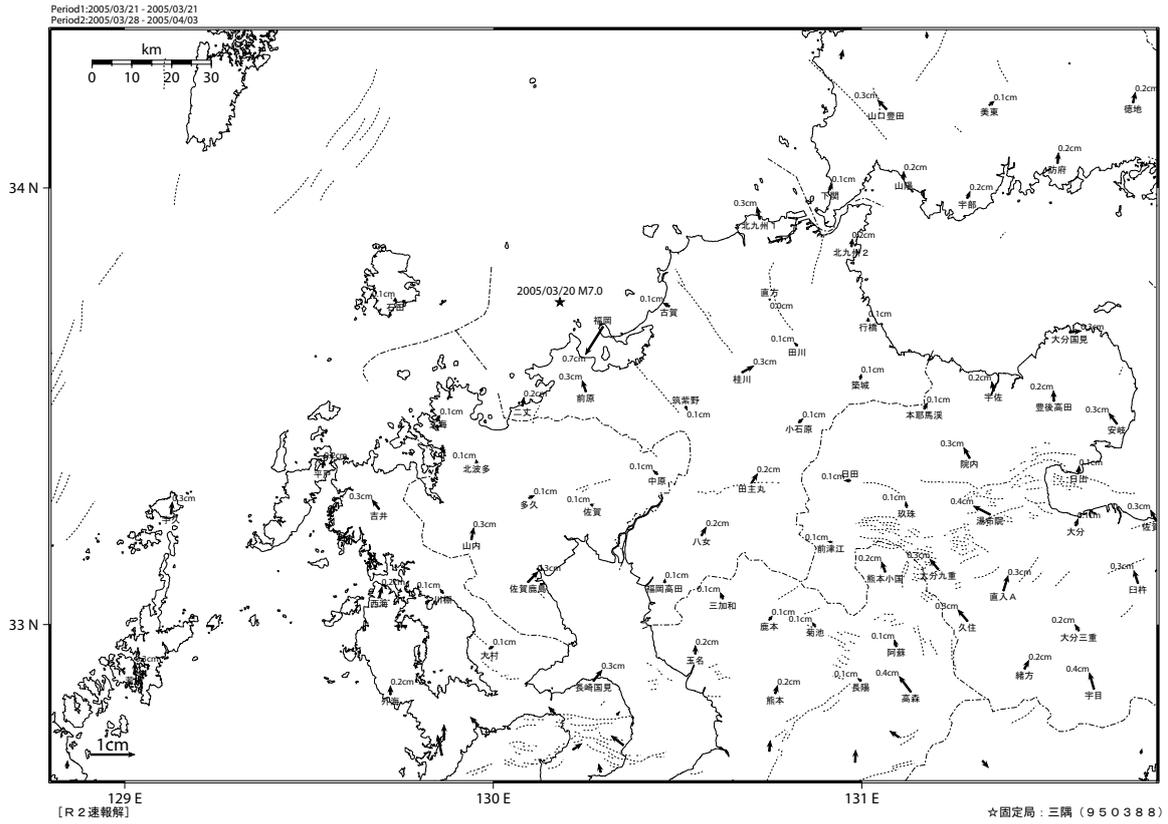


第 11 図 福岡県西方沖の地震が周辺の余震域に与える影響 ( $\Delta$  CFF)

Fig.11 Coulomb Failure Function from Western off-Fukuoka earthquake to the surrounding area of aftershocks

等値線間隔は、0.1MPa。余震分布は気象庁一元化震源(3/20-29)による。

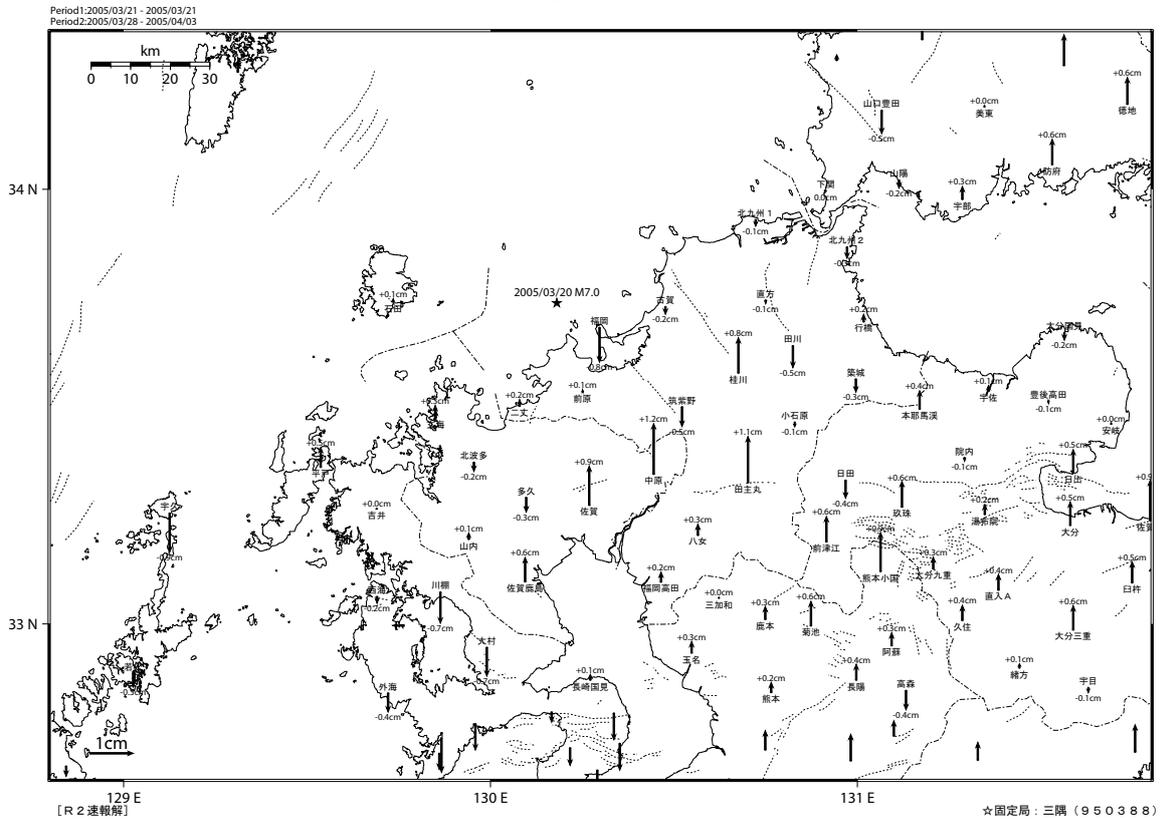
福岡県西方沖の地震後のベクトル図（水平）



第12図 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震後の地殻水平変動

Fig.12 Post-seismic Horizontal Crustal Movement after Western off-Fukuoka Earthquake

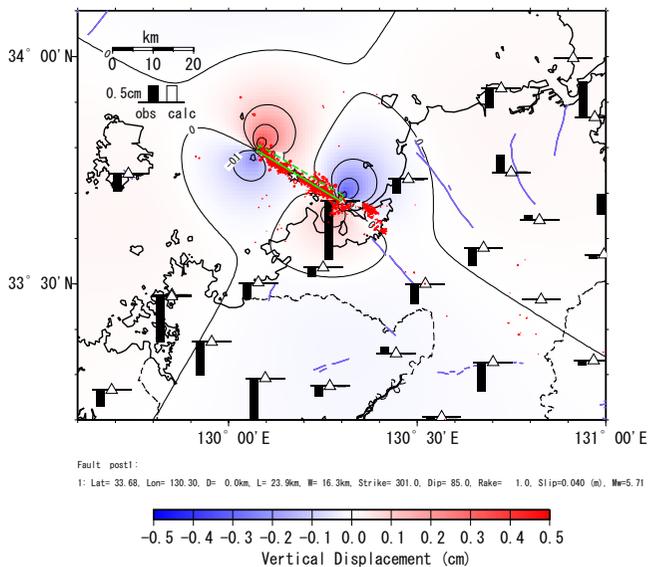
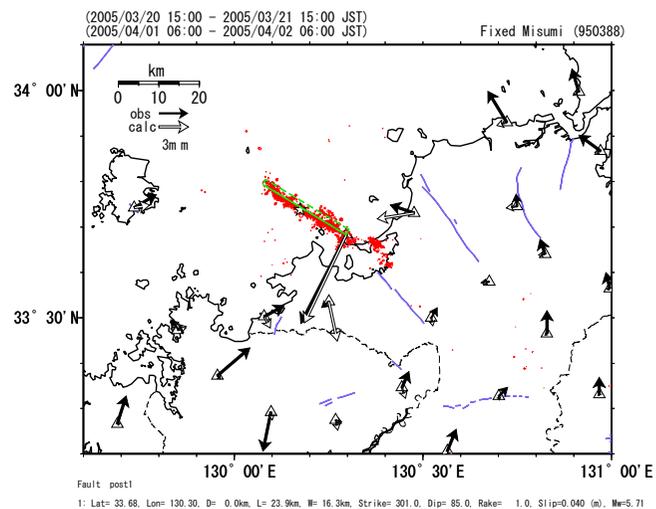
福岡県西方沖の地震後の変動ベクトル（上下）



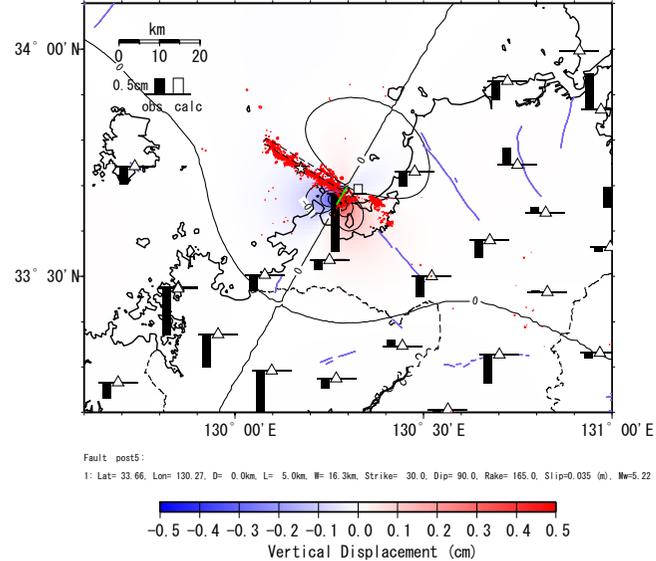
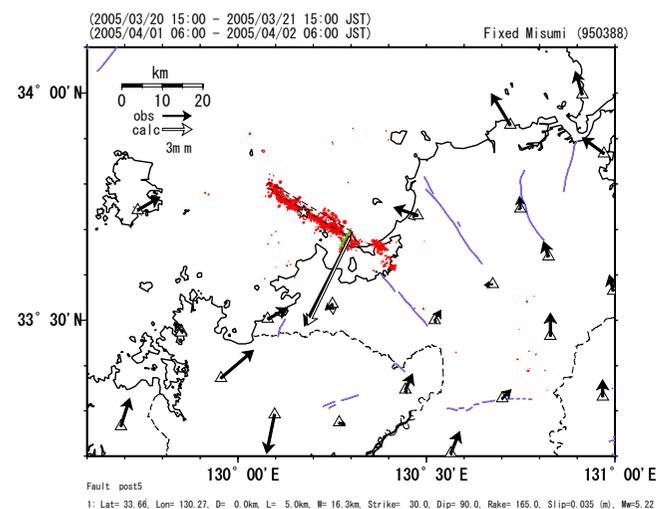
第13図 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震後の地殻上下変動

Fig.13 Post-seismic Vertical Crustal Movement after Western off-Fukuoka Earthquake

福岡県西方沖地震の余効変動断層モデル図（三隅固定）



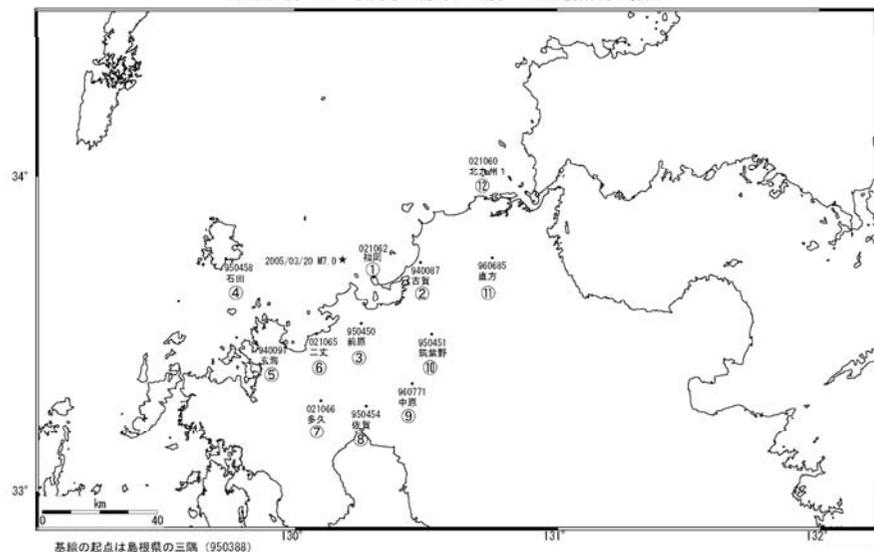
福岡県西方沖地震の余効変動断層モデル図（三隅固定）



第14図 GEONET地殻変動データによる福岡県西方沖の地震の余効変動の断層モデル  
Fig.14 Fault model for the after slip of Western off-Fukuoka earthquake estimated by crustal deformation by GEONET observation data

第15図 GEONET地殻変動データによる福岡県西方沖の地震の余効変動の断層モデル  
Fig.15 Fault model for the after slip of Western off-Fukuoka earthquake estimated by crustal deformation by GEONET observation data

2005年3月20日 福岡県西方沖の地震 GPS連続観測基線図



福岡県西方沖地震の各観測局情報

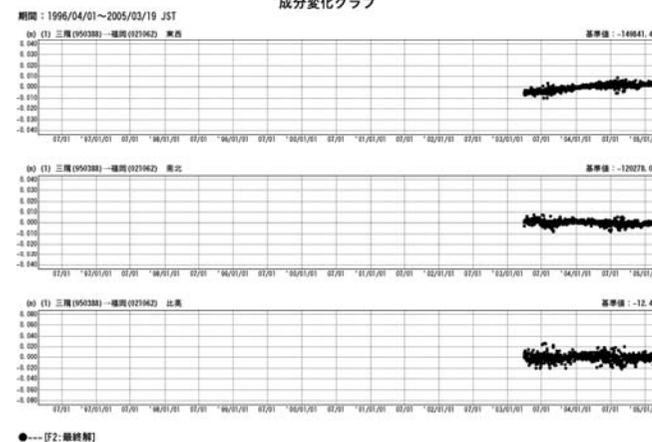
点番号	点名	アンテナ	交換	レドーム	周辺伐採
021062	福岡		2003/2/4		
940087	古賀	2002/1/11	2003/2/25		
950450	前原		2003/6/30		
950458	石田		2003/5/20		
940091	玄海		2003/2/21		
021065	二丈		2003/2/8		
021066	多久		2003/2/7		
950454	佐賀		2003/6/30		
960771	中原		2003/4/23		
950451	筑紫野		2003/6/27		2002/10/10
960685	直方		2003/6/25		
021060	北九州1		2003/1/31		
950388	三隅		2003/3/8		

※2003/3/5に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解折値に補正をしています。

第16図 GEONET最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間のGPS連続観測結果(基線図)

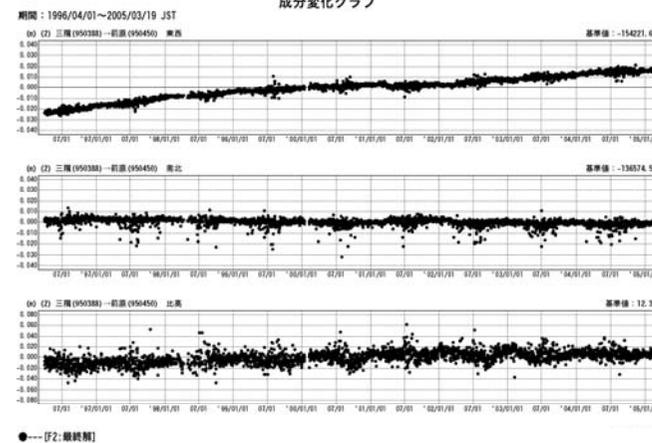
Fig.16 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture(baseline map).

成分変化グラフ



●---[F2:最終解]

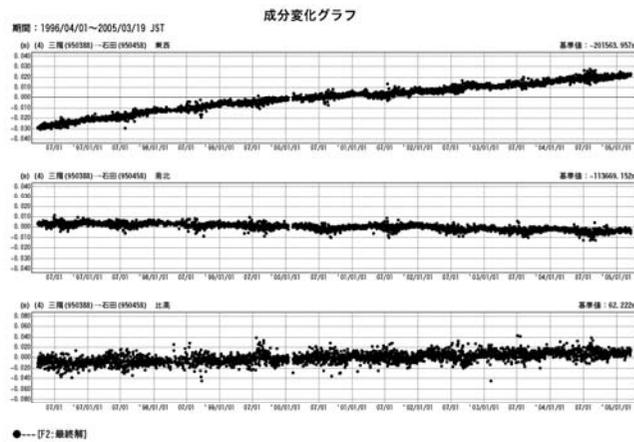
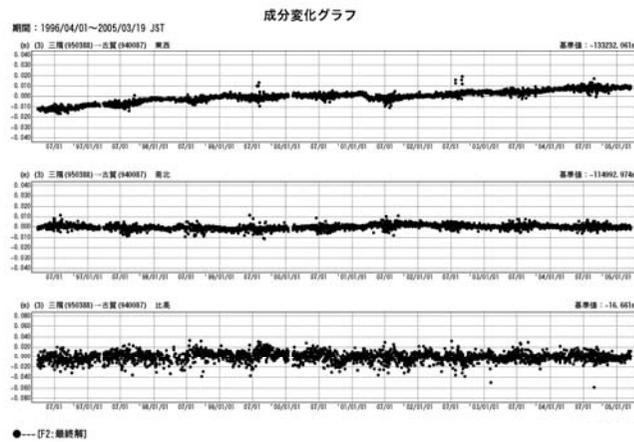
成分変化グラフ



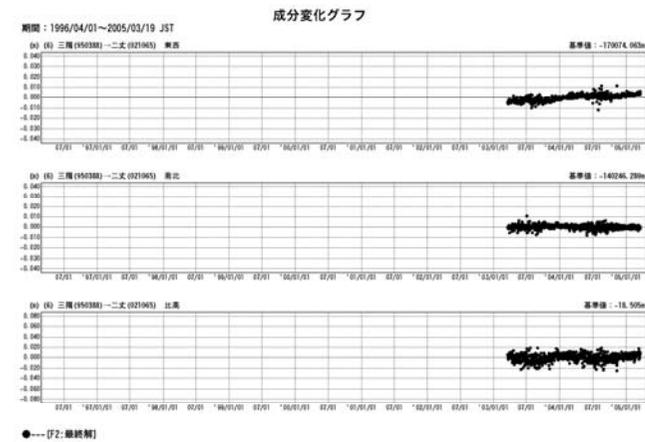
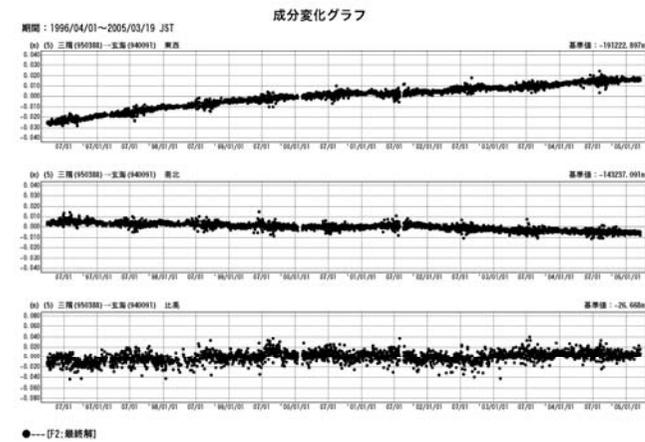
●---[F2:最終解]

第17図 GEONET最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間のGPS連続観測結果

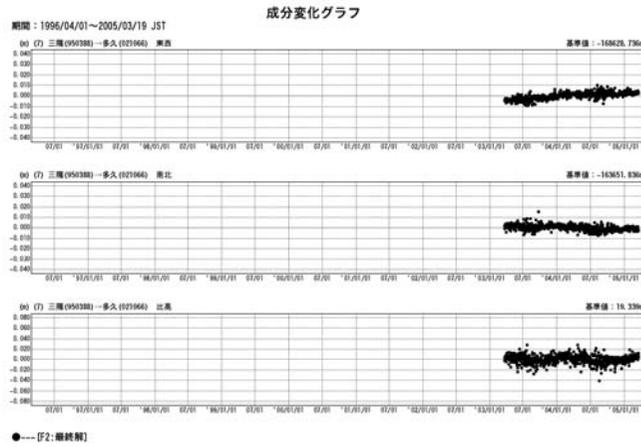
Fig.17 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture



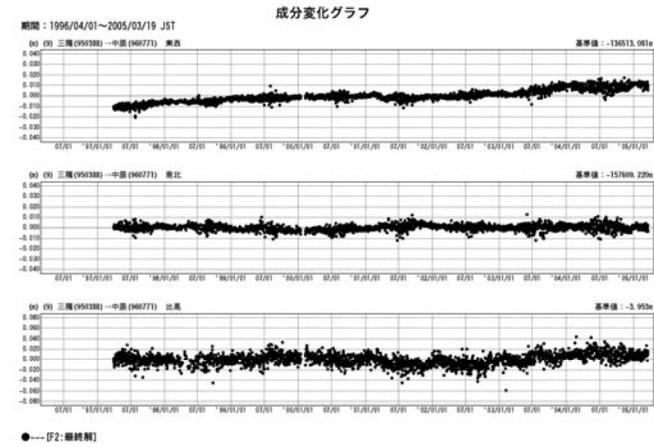
第 18 図 GEONET 最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間の GPS 連続観測結果  
 Fig.18 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture



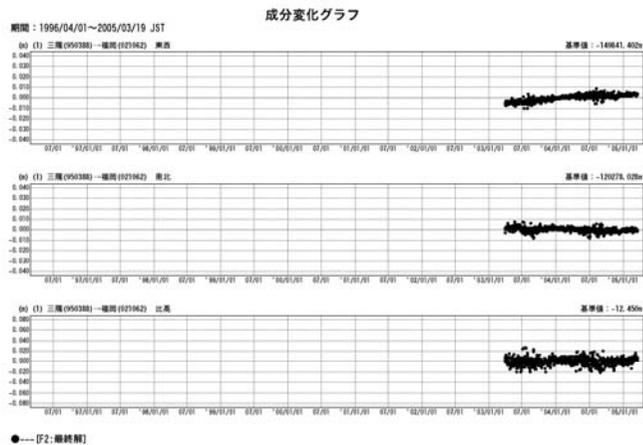
第 19 図 GEONET 最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間の GPS 連続観測結果  
 Fig.19 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture



第 20 図 GEONET 最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間の GPS 連続観測結果  
 Fig.20 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture

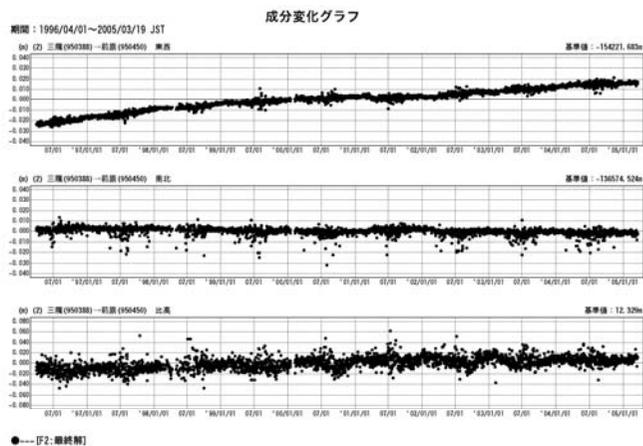


第 21 図 GEONET 最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間の GPS 連続観測結果  
 Fig.21 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture



第 22 図 GEONET 最終解による福岡県西方沖の地震発生前後の福岡県周辺における長期間の GPS 連続観測結果

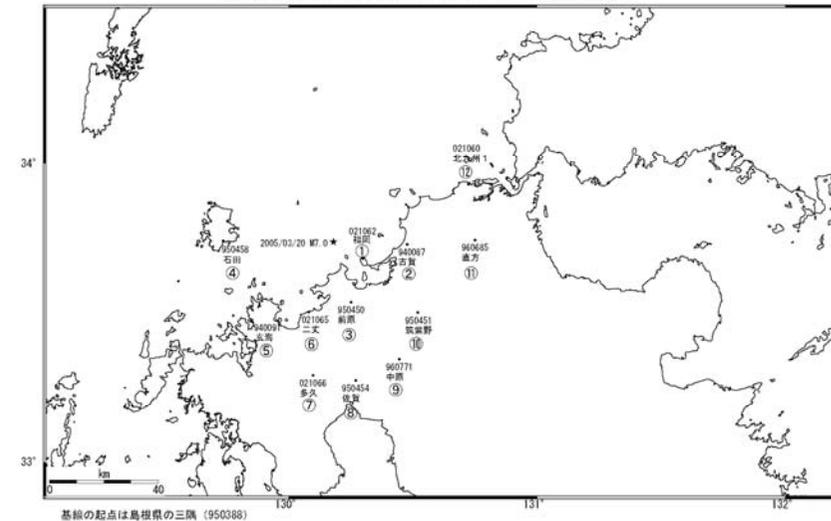
Fig.22 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka Prefecture



第 23 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果 (配点図)

Fig.23 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(site map)

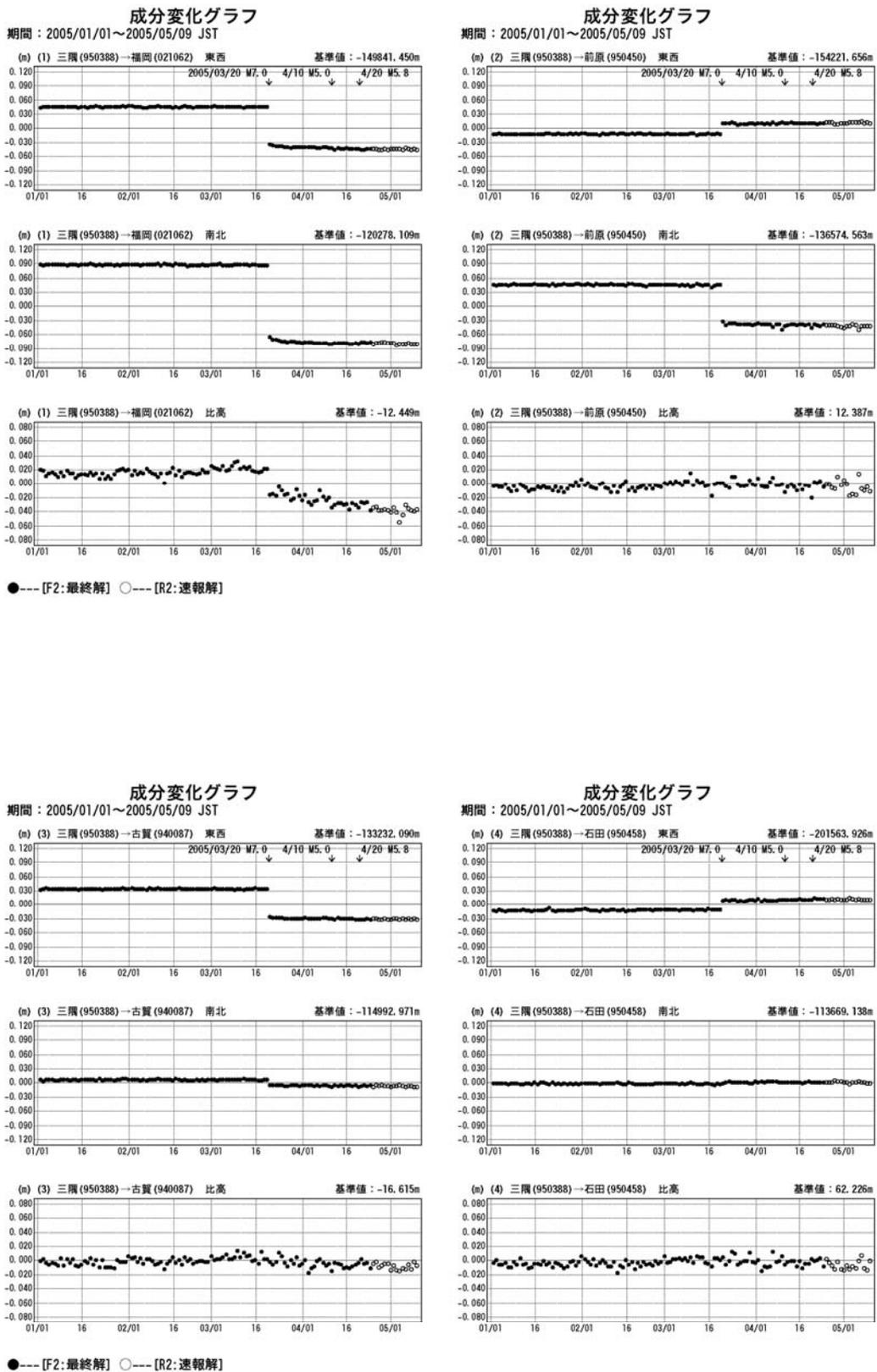
2005年3月20日 福岡県西方沖の地震 GPS連続観測基線図



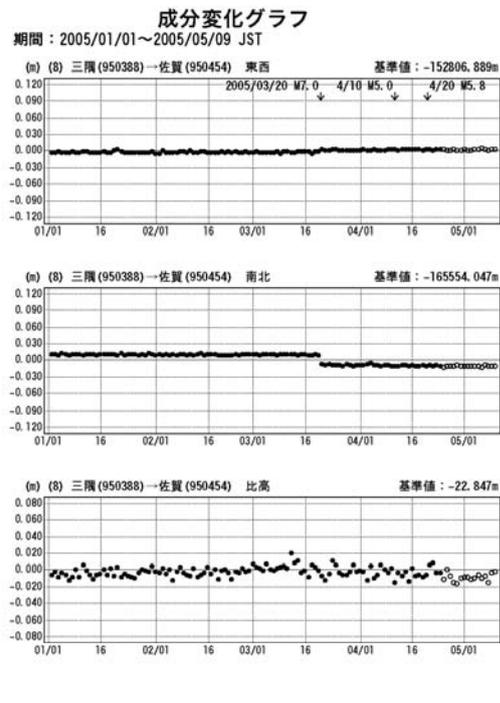
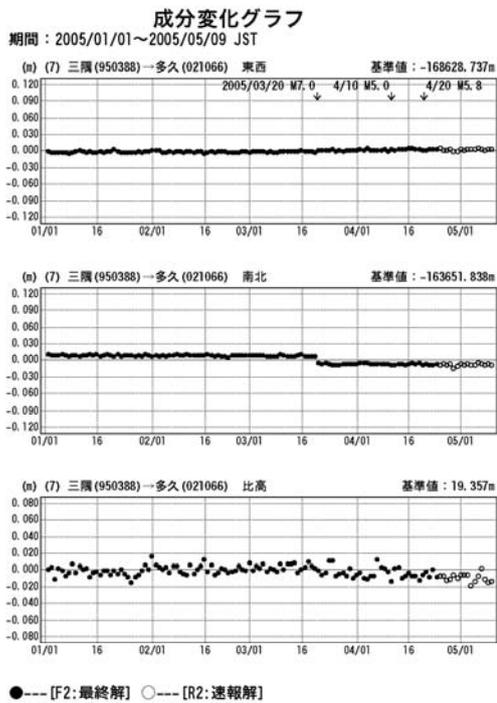
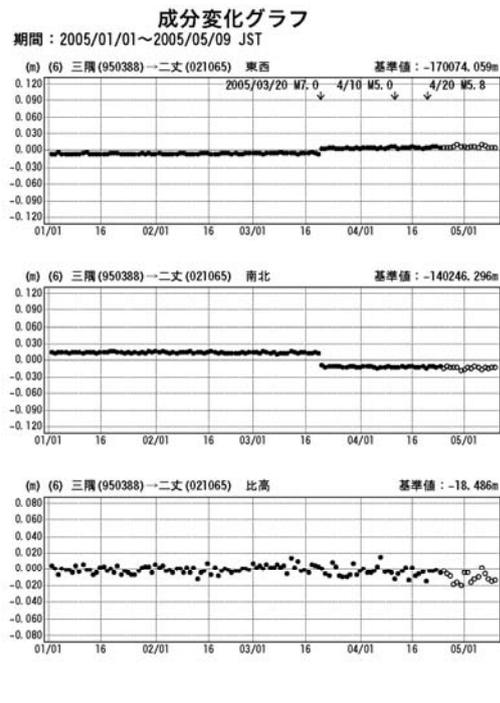
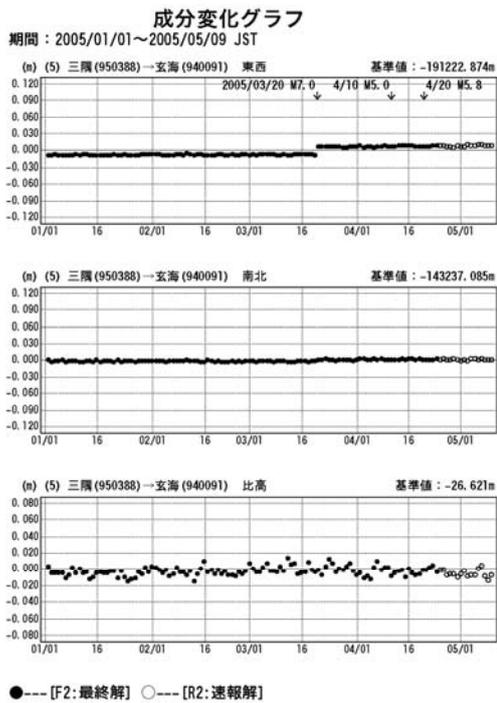
福岡県西方沖地震の各観測局情報

点番号	点名	アンテナ	交換	レドーム	周辺伐採
021062	福岡		2003/2/4		
940087	古賀	2002/1/11	2003/2/25		
950450	前原		2003/6/30		
950458	石田		2003/5/20		
940091	玄海		2003/2/21		
021065	二丈		2003/2/8		
021066	多久		2003/2/7		
950454	佐賀		2003/6/30		
960771	中原		2003/4/23		
950451	筑紫野		2003/6/27		2002/10/10
960685	直方		2003/6/25		
021060	北九州1		2003/1/31		
950388	三隅		2003/3/8		

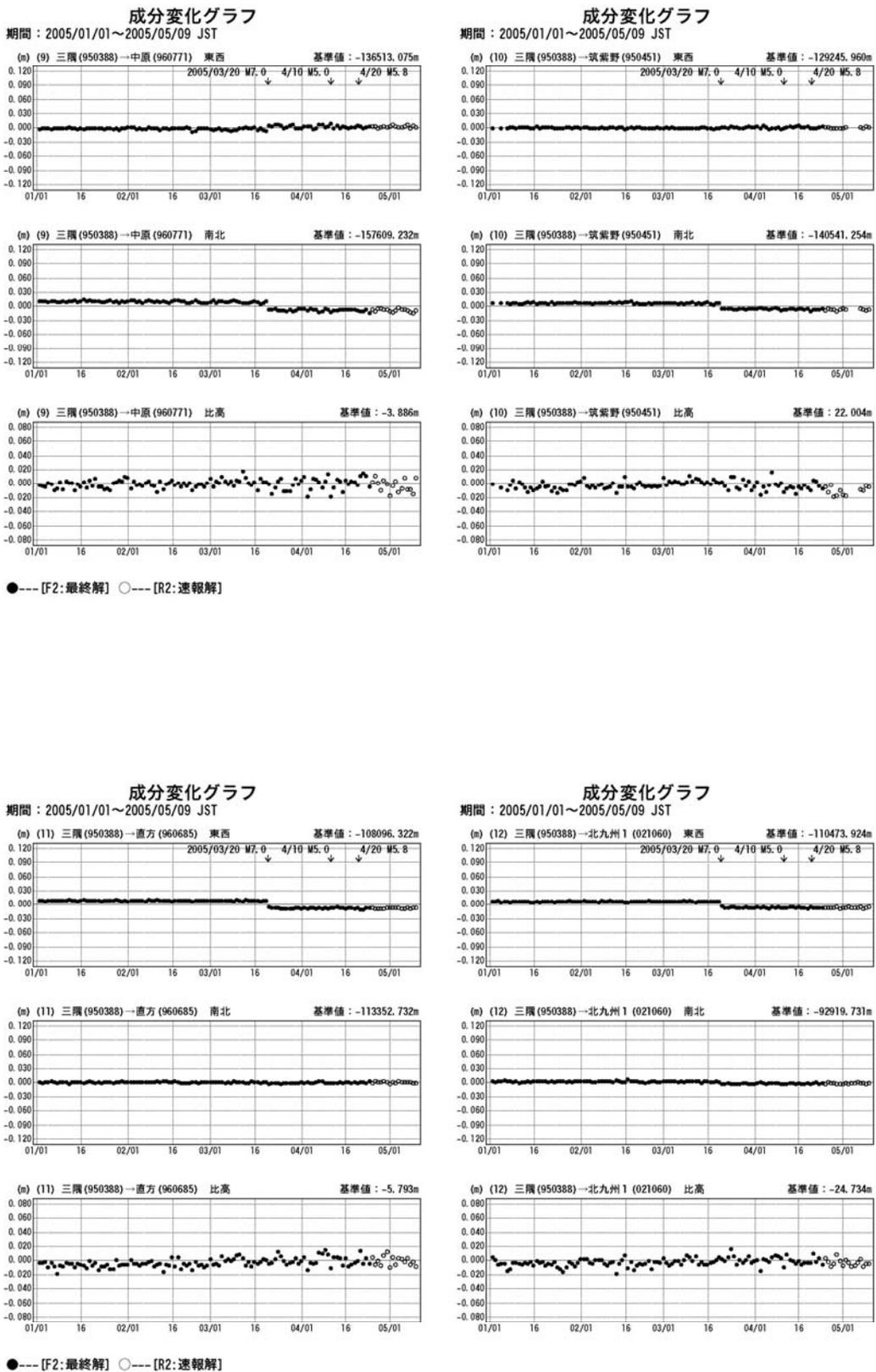
※2003/3/5に基準局92110 (つくば1) のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。



第 24 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
 Fig.24 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)

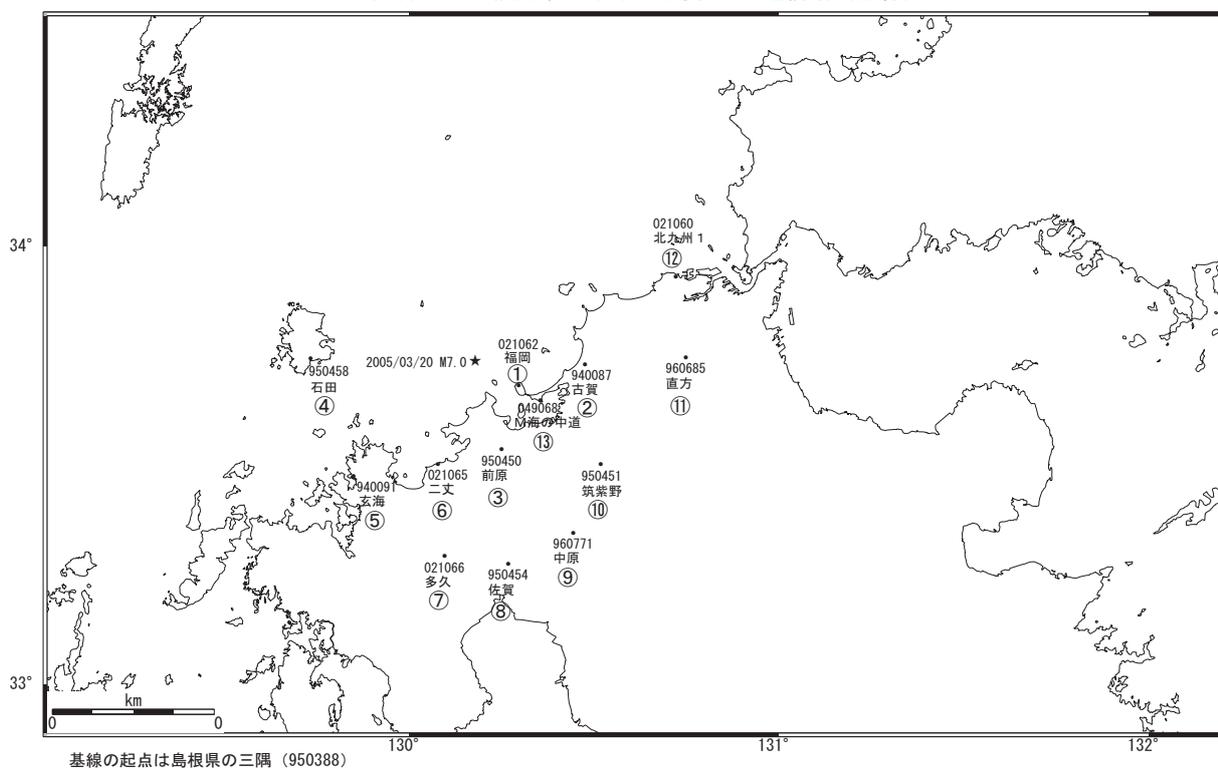


第 25 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
Fig.25 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)



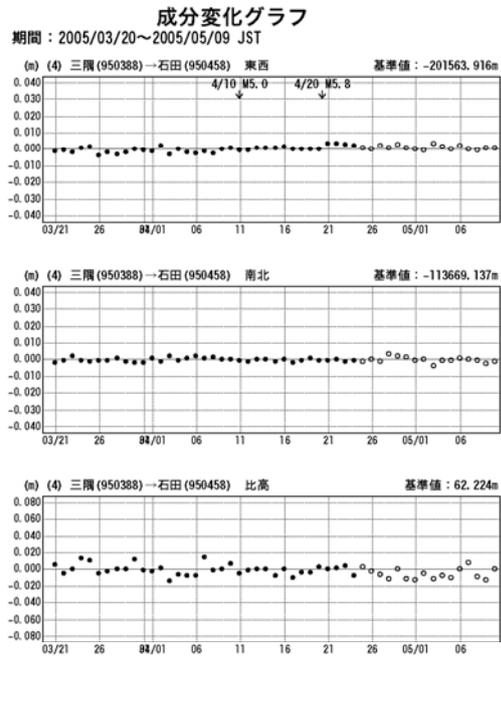
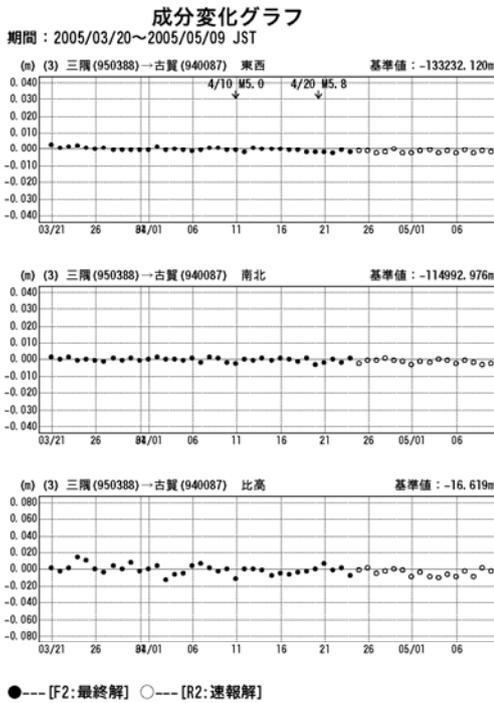
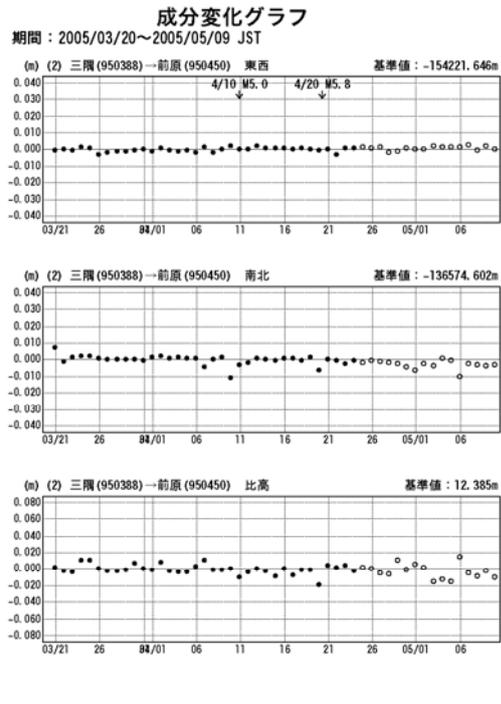
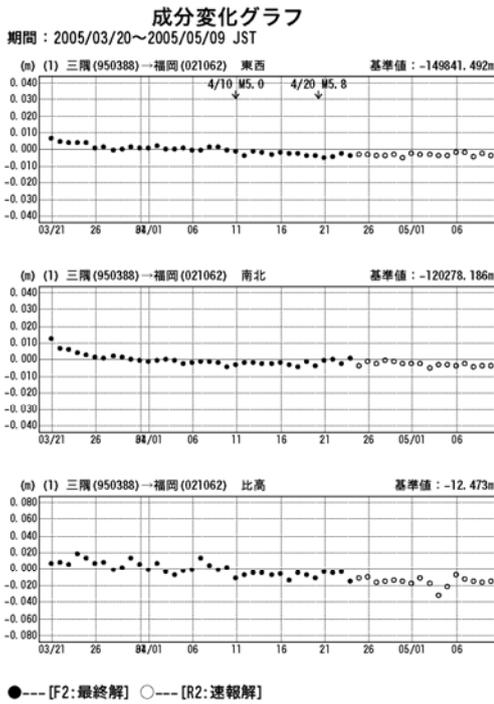
第 26 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
 Fig.26 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)

2005年3月20日 福岡県西方沖の地震 GPS連続観測基線図

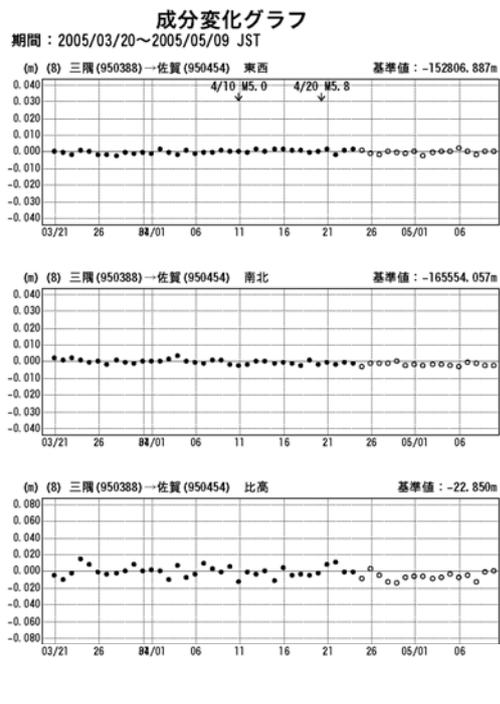
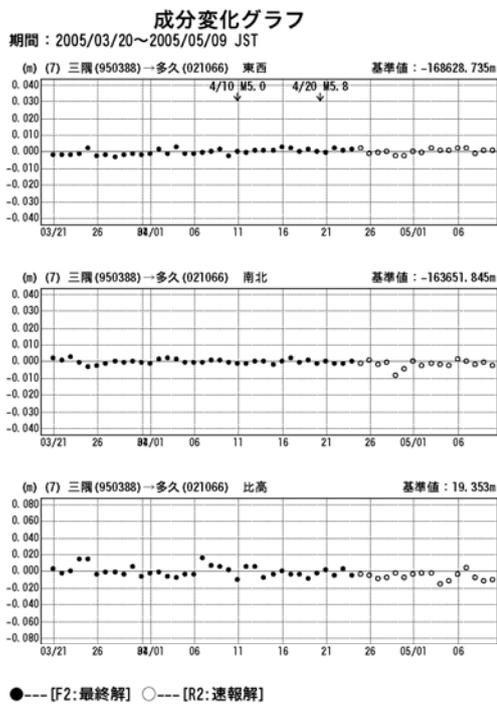
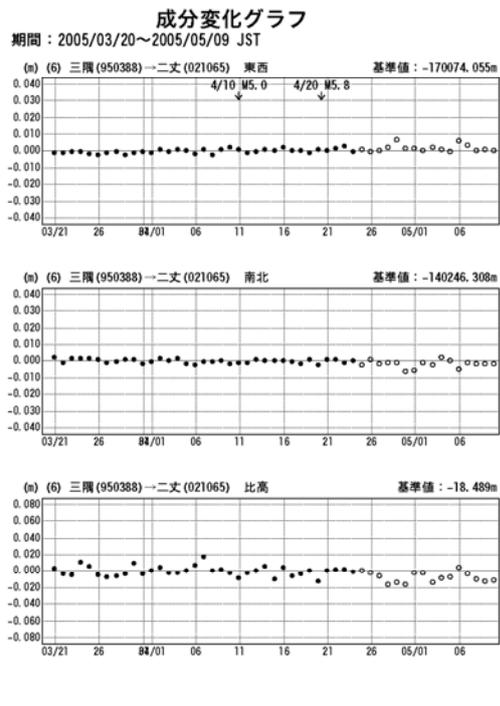
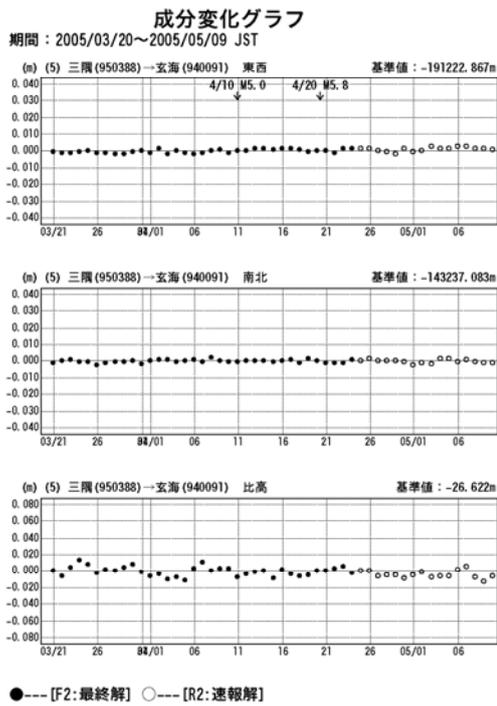


第 27 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果

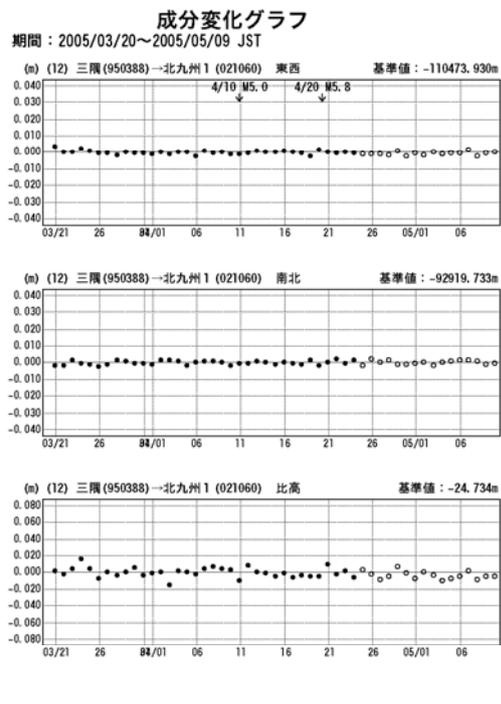
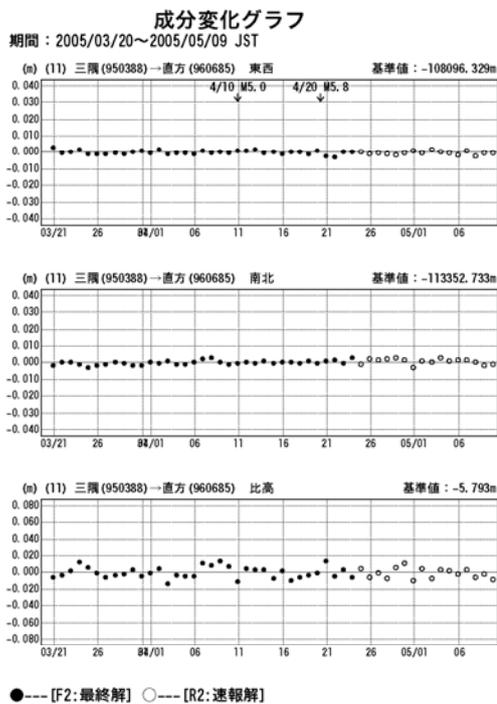
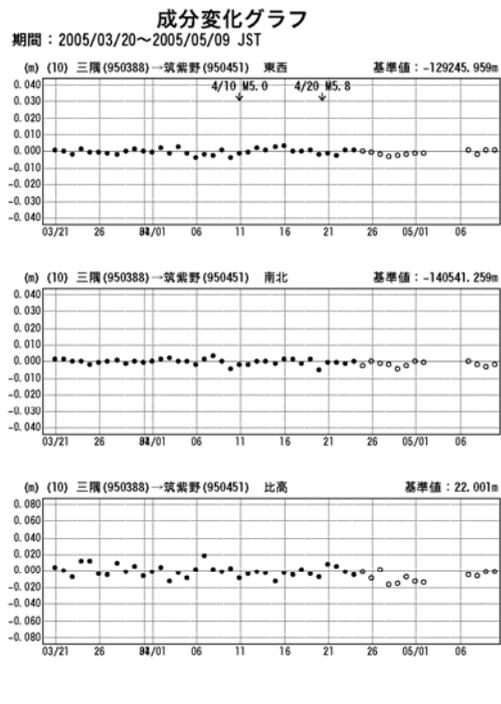
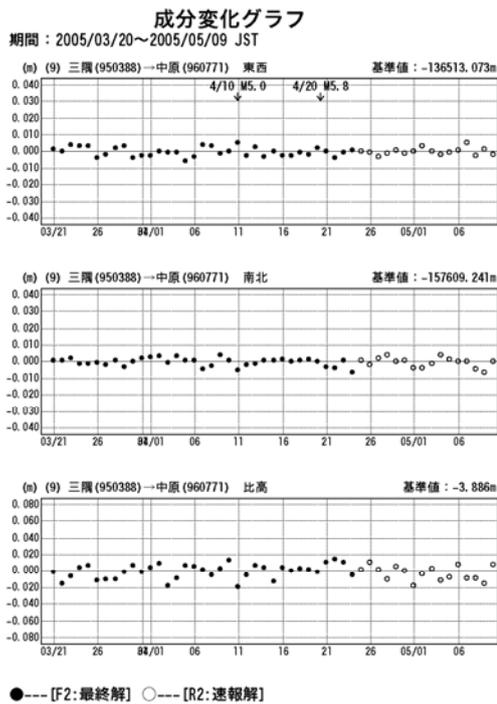
Fig.27 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)



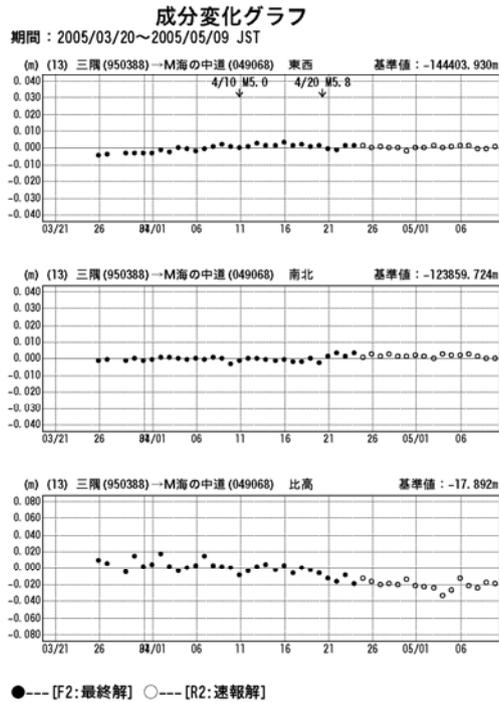
第 28 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
Fig.28 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)



第 29 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
 Fig.29 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)



第30図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
Fig.30 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)

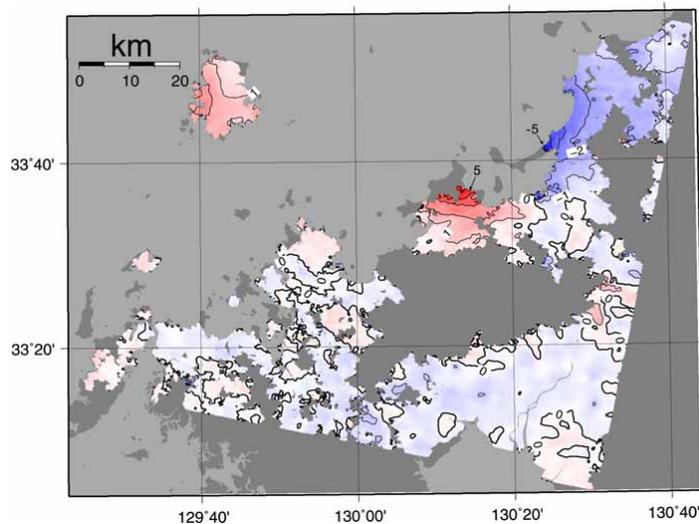


第 31 図 速報解および最終解による福岡県西方沖の前後の福岡県周辺における GPS 連続観測結果  
 Fig.31 F2 and R2 solution results of continuous GPS measurements around Fukuoka prefecture before and after the Western off-Fukuoka Earthquake (March 20, 2005)(three component referred to Misumi)

**干渉 SAR による福岡県西方沖を震源とする地震の地殻変動の検出**

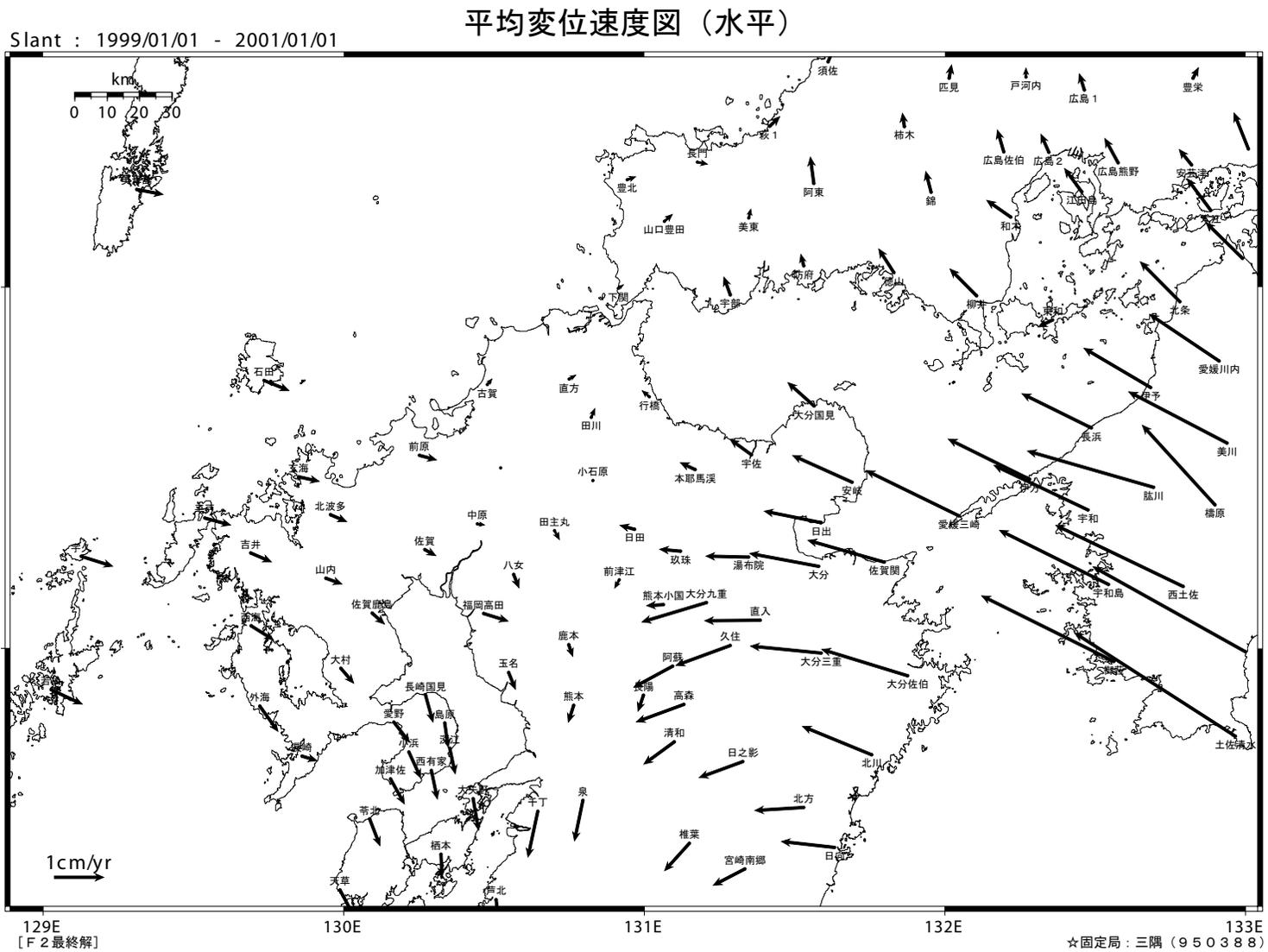
ヨーロッパ宇宙機関 (ESA) の人工衛星である ENVISAT の SAR データを用いて、福岡県西方沖の地震の地殻変動を求め、断層モデルを作成した。

干渉 SAR 観測日：2005 年 2 月 23 日～2005 年 3 月 30 日  
 地表への電波の入射角：約 23 度  
 地表からみた衛星の方位：約 102 度 (東南東から観測)



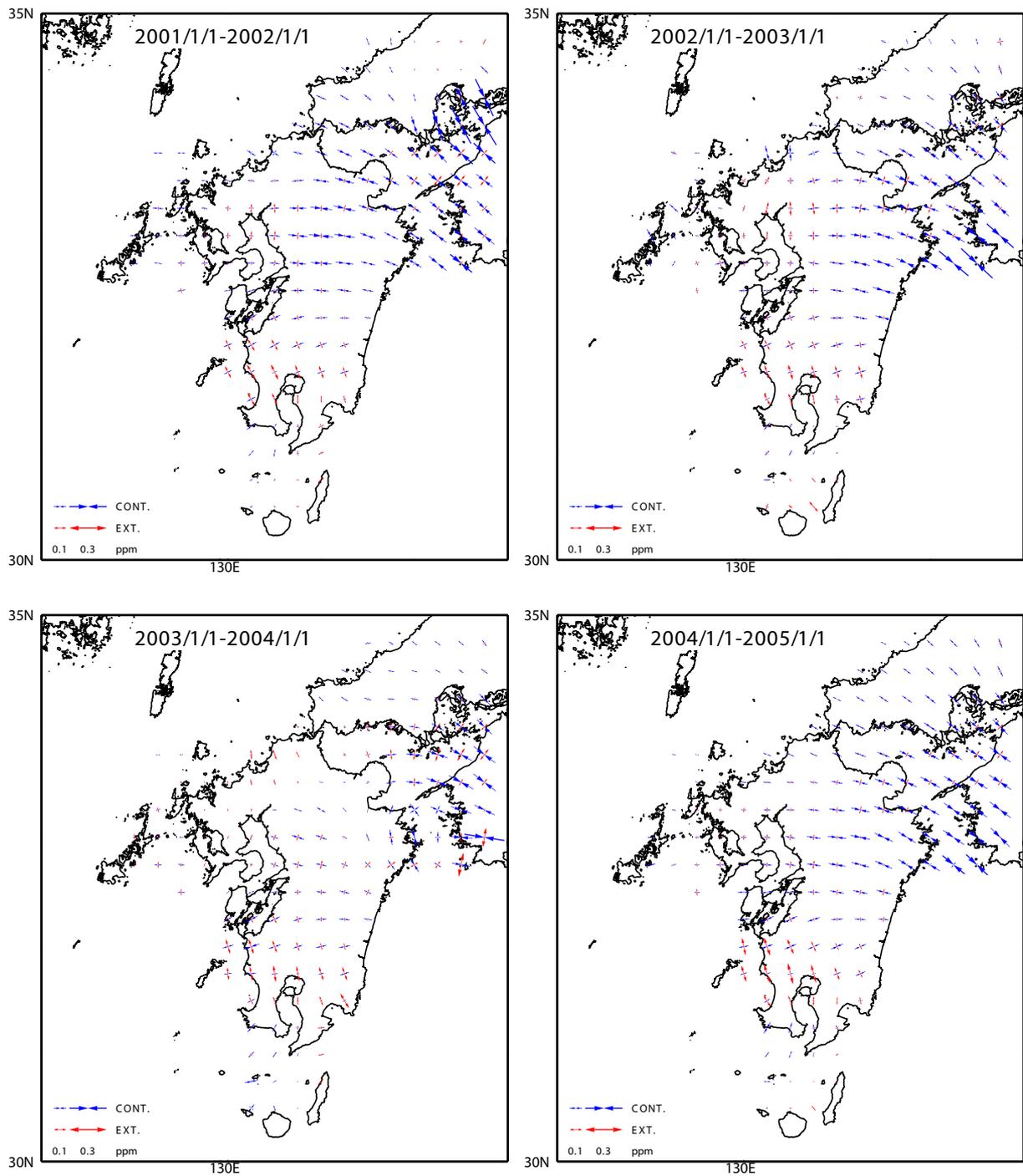
干渉 SAR による変位量観測値  
 衛星—地表の視線方向の変位 (単位：センチメートル)  
 マイナスは衛星から遠ざかる (西向きまたは沈下) 変位を表す

第 32 図 干渉 SAR による福岡県西方沖の地震に伴う地殻変動  
 Fig.32 Crustal deformation detected by in-SAR



第 33 図 GEONET による九州北部周辺の平均的地殻水平変動速度  
 Fig.33 Mean crustal movement (horizontal) velocity around northern Kyushu by GEONET observation

# GPS連続観測により推定した九州地方の歪変化

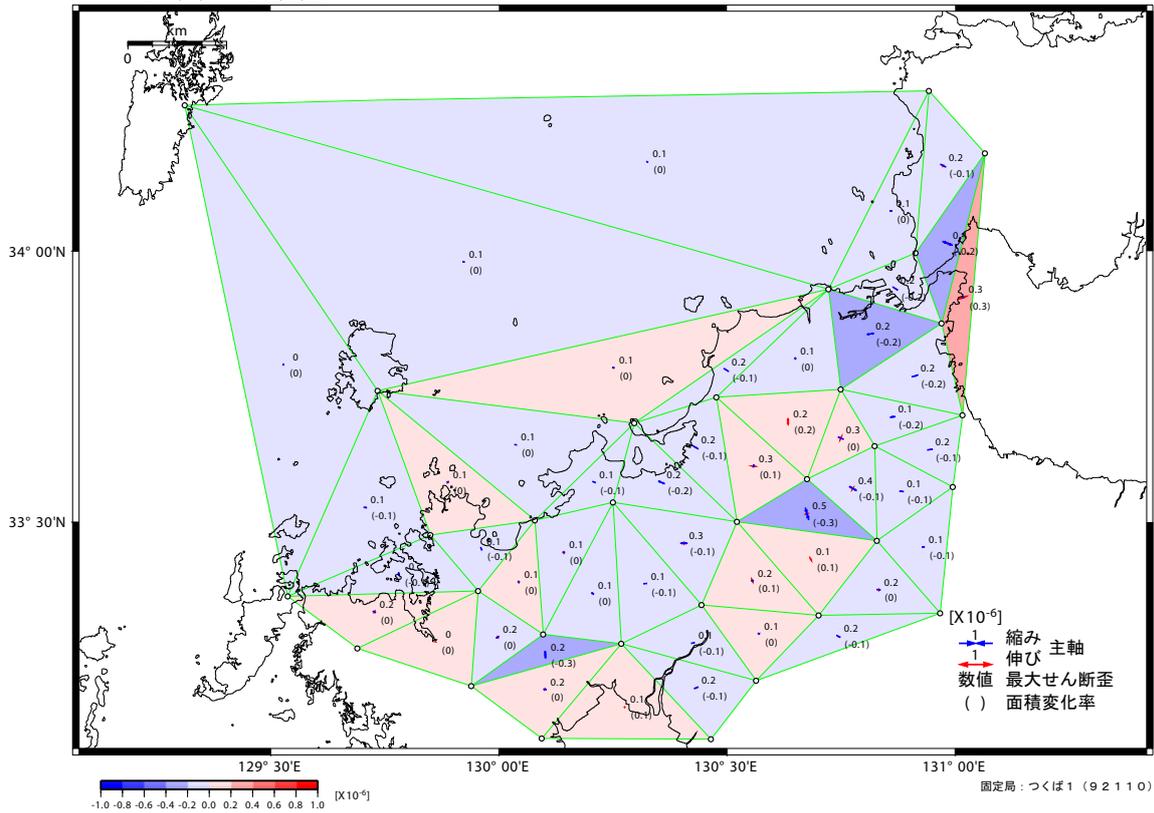


第 34 図 GEONET による九州地方の水平歪みの変化

Fig.34 Crustal horizontal strain in Kyushu calculated from GEONET observation

基準期間：2004/03/01 - 2004/03/15  
 比較期間：2005/03/01 - 2005/03/15

### 水平歪 (地震前)

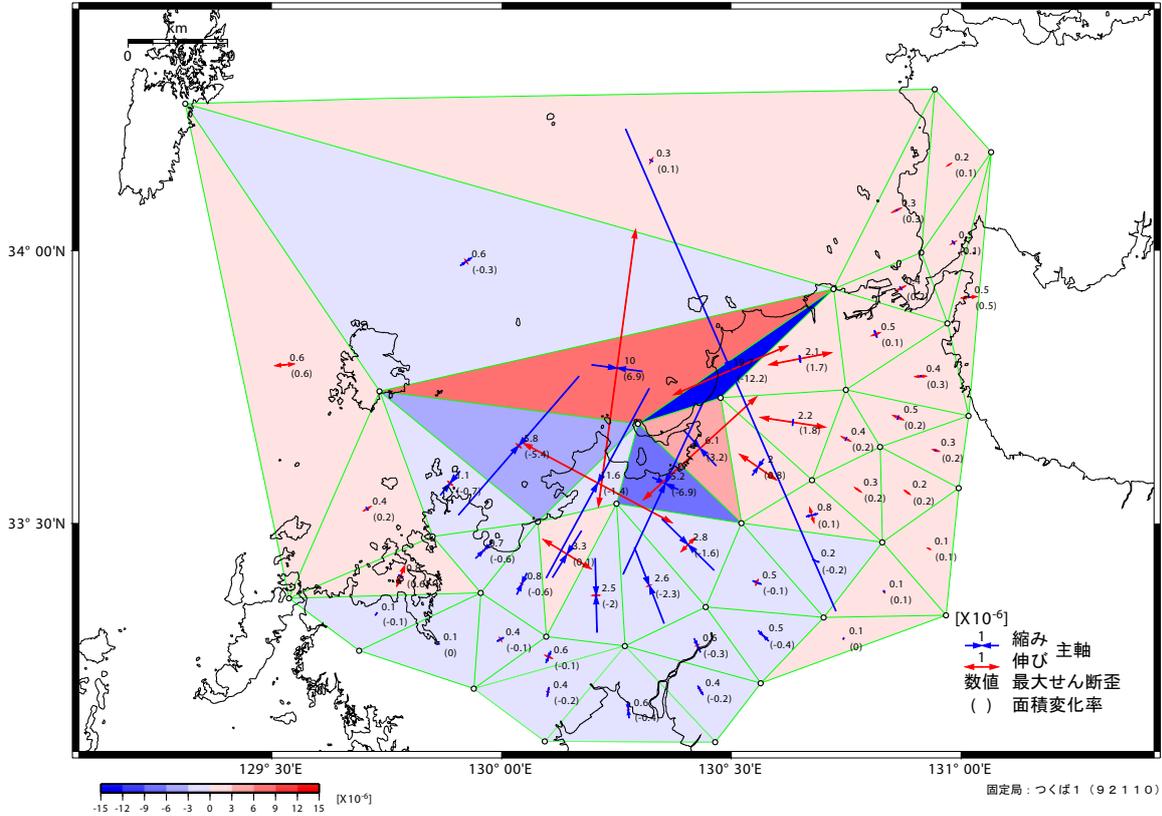


第 35 図 福岡県西方沖の地震前の地殻水平歪み

Fig.35 Crustal horizontal strain around Fukuoka prefecture before the Western off-Fukuoka earthquake

基準期間：2005/03/15 - 2005/03/15  
 比較期間：2005/03/20 - 2005/03/21

### 水平歪 (地震時)

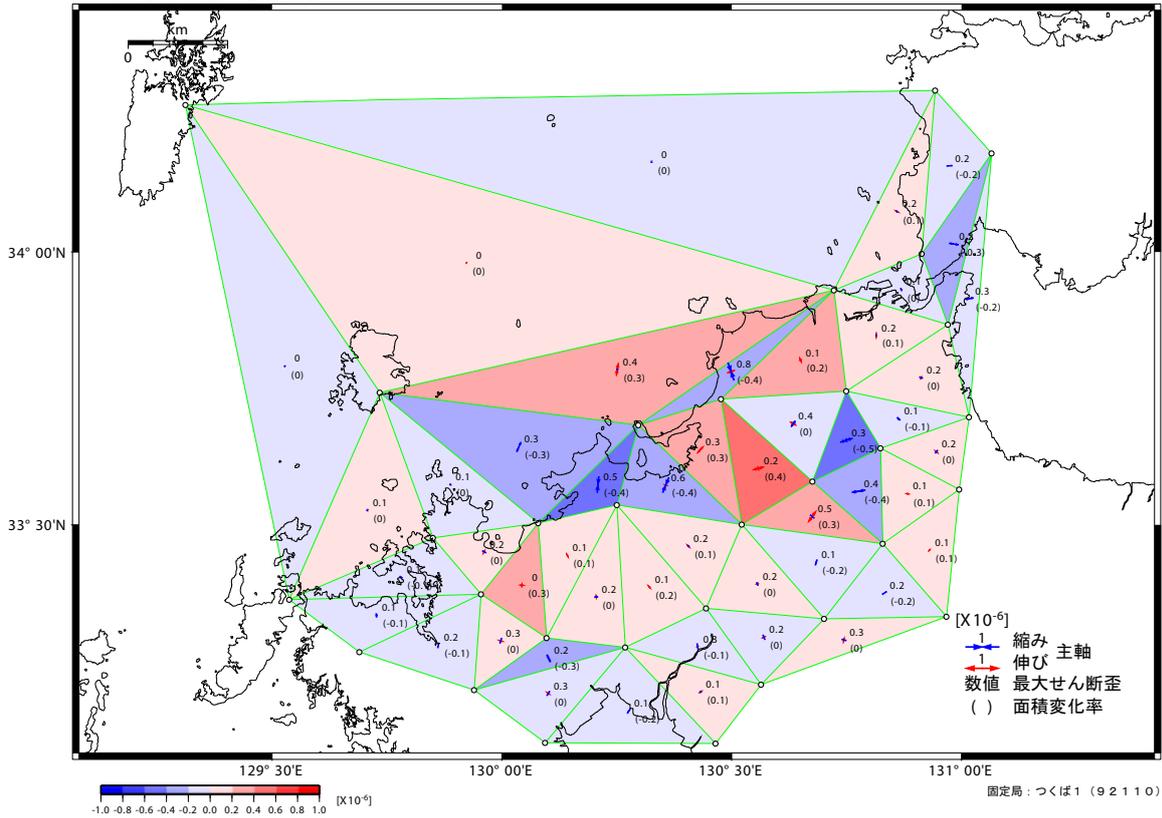


第 36 図 福岡県西方沖の地震時の地殻水平歪み

Fig.36 Crustal horizontal strain around Fukuoka prefecture by the Western off-Fukuoka earthquake

基準期間：2005/03/21 - 2005/03/21  
 比較期間：2005/03/28 - 2005/03/29

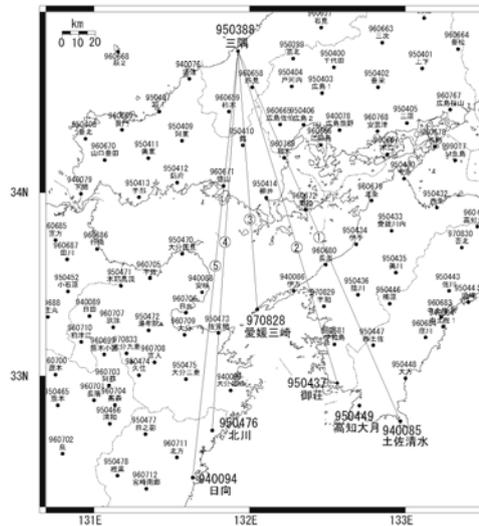
水平歪(地震後)



第 37 図 福岡県西方沖の地震後の地殻水平歪み

Fig.37 Crustal horizontal strain around Fukuoka prefecture after the Western off-Fukuoka earthquake

日向灘南海地区 GPS 連続観測基線図



日向灘・南海地区の各観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換		備考
940085	土佐清水	2002/2/1	2003/2/14	
940094	日向	2002/2/18	2003/2/21	
950388	三隅		2003/3/8	
950437	御荘		2003/2/12	
950476	北川		2003/5/7	
970828	愛媛三崎		2003/6/23	

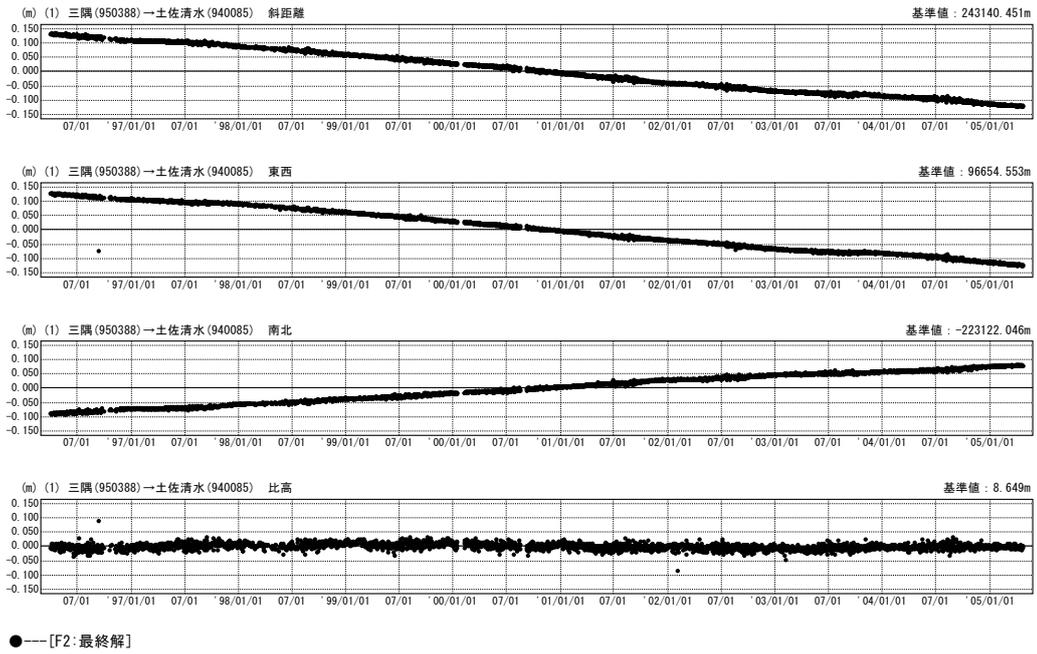
※ 2003/3/5 に基準局 92110 (つくば1) のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

第 38 図 日向灘・豊後水道周辺の GPS 観測結果 (基線図)

Fig.38 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait (baseline map)

### 成分変化グラフ

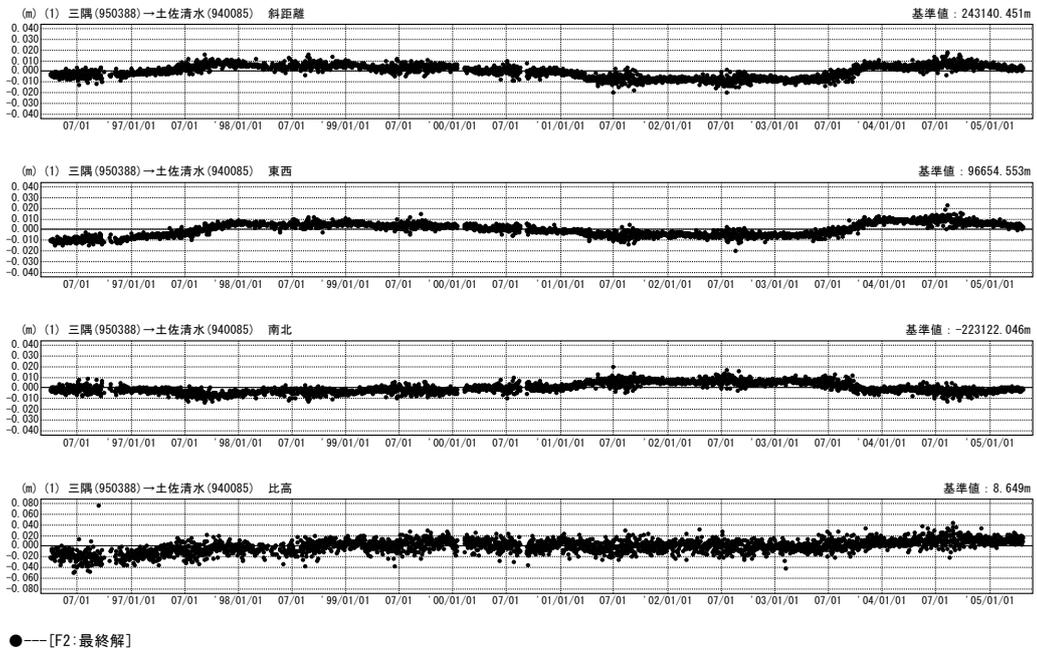
期間：1996/04/01～2005/04/23 JST



### 傾斜・半年周・年周補正グラフ

期間：1996/04/01～2005/04/23 JST

計算期間：2001/04/01～2003/06/30

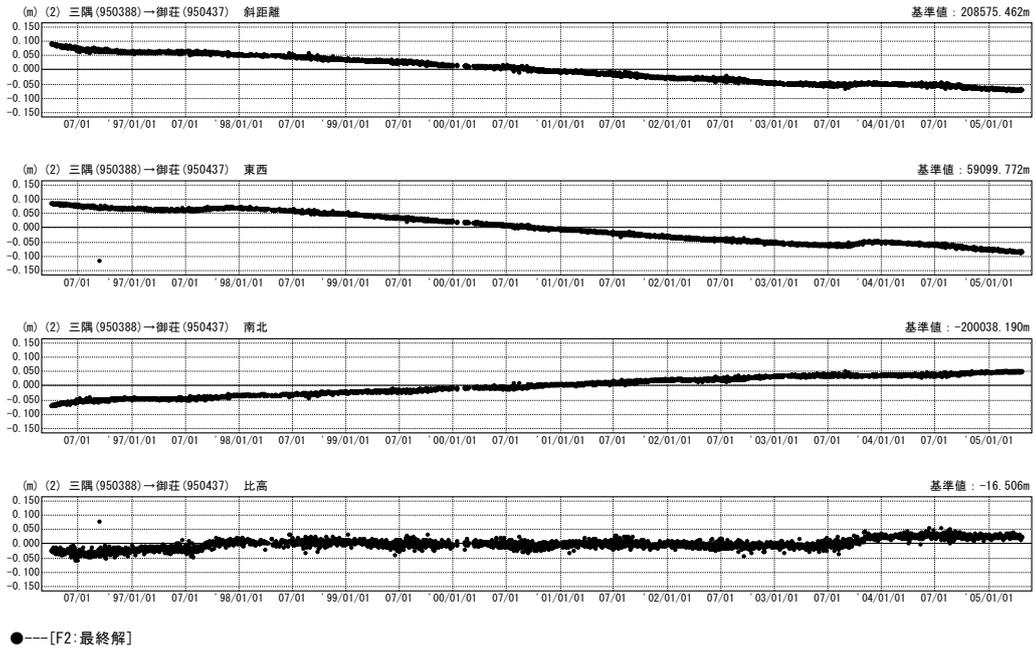


第 39 図 日向灘・豊後水道周辺の GPS 観測結果

Fig.39 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait

### 成分変化グラフ

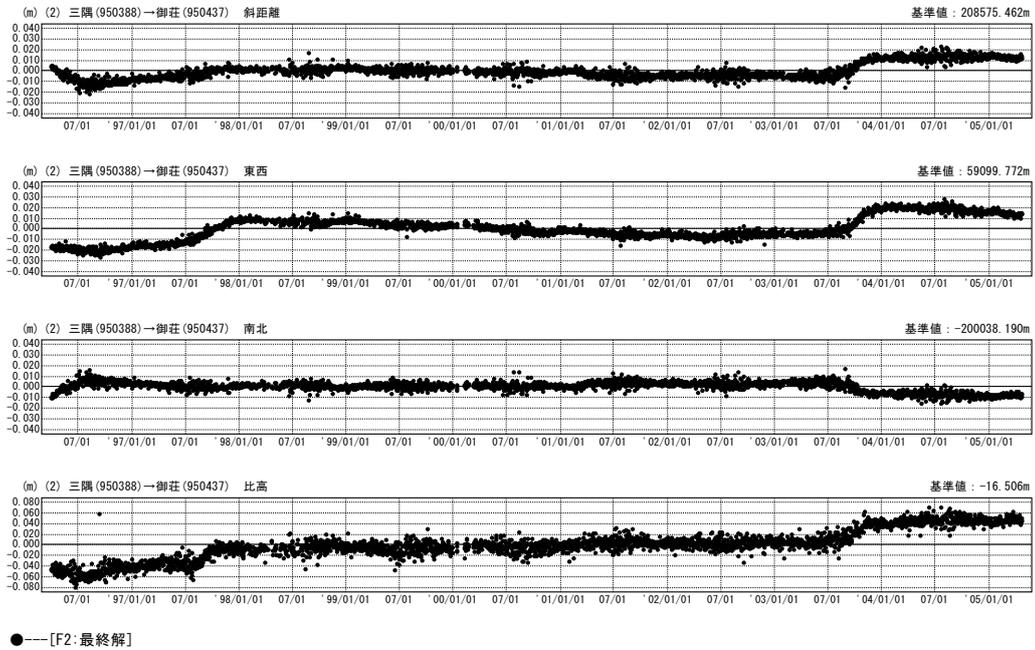
期間：1996/04/01～2005/04/23 JST



### 傾斜・半年周・年周補正グラフ

期間：1996/04/01～2005/04/23 JST

計算期間：2001/04/01～2003/06/30

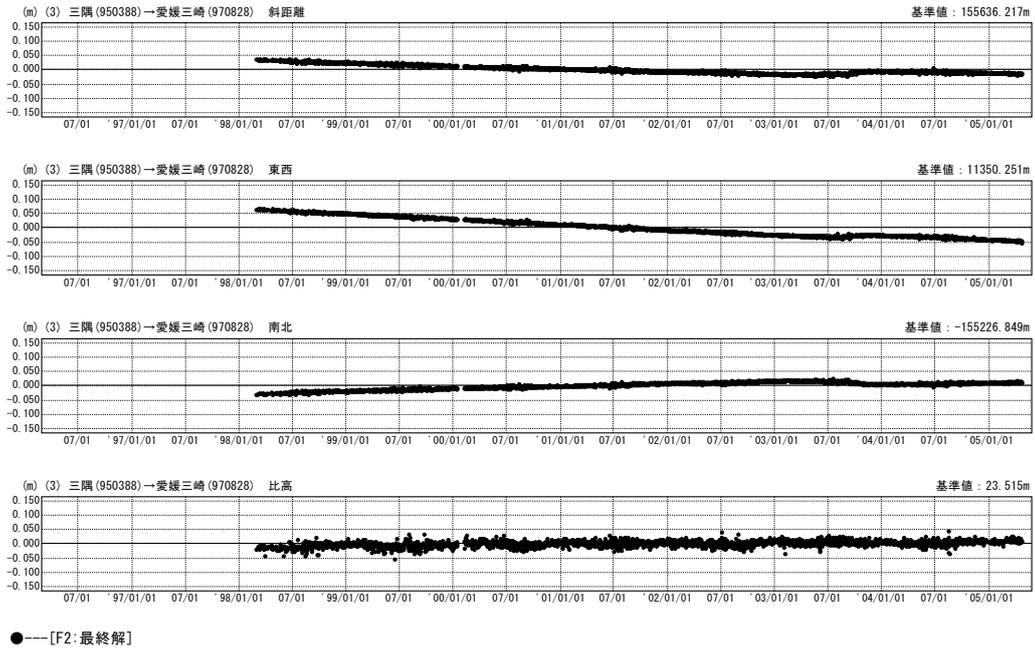


第40図 日向灘・豊後水道周辺のGPS観測結果

Fig.40 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait

### 成分変化グラフ

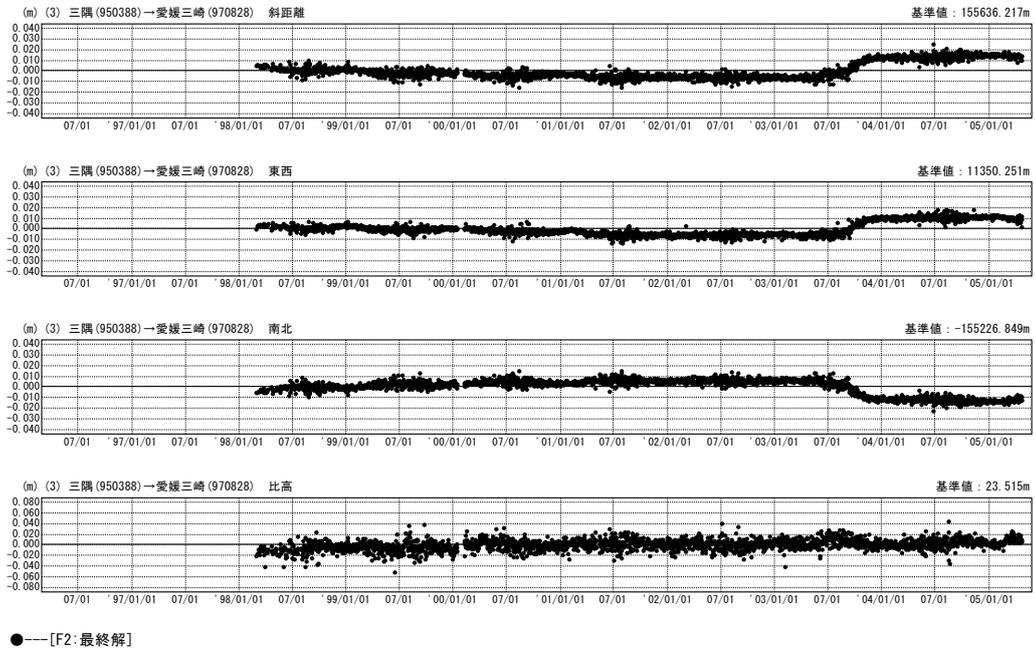
期間：1996/04/01～2005/04/23 JST



### 傾斜・半年周・年周補正グラフ

期間：1996/04/01～2005/04/23 JST

計算期間：2001/04/01～2003/06/30

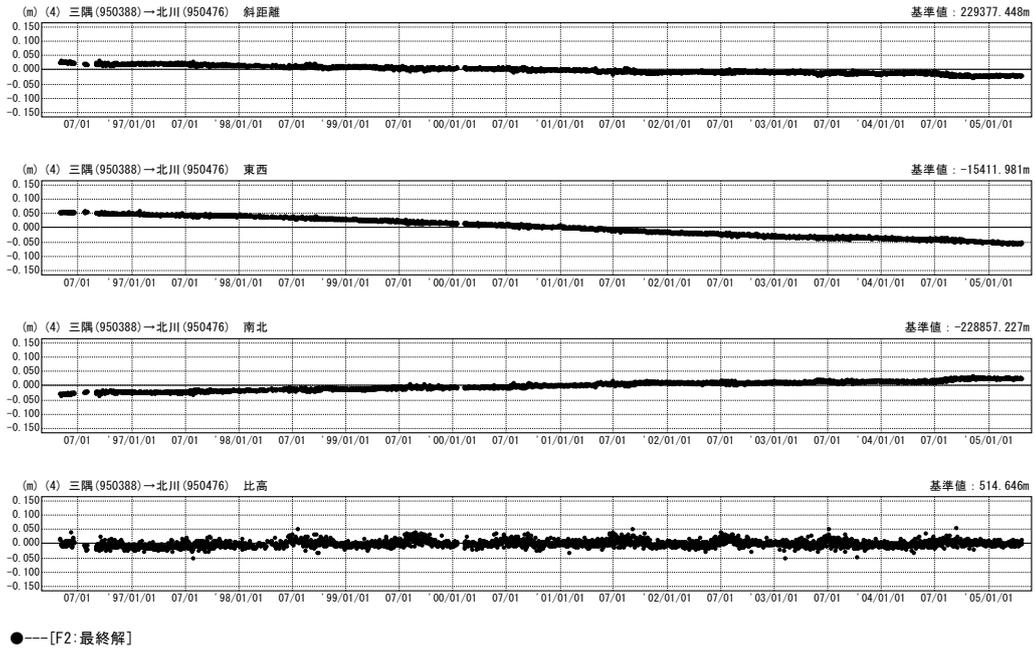


第41図 日向灘・豊後水道周辺のGPS観測結果

Fig.41 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait

### 成分変化グラフ

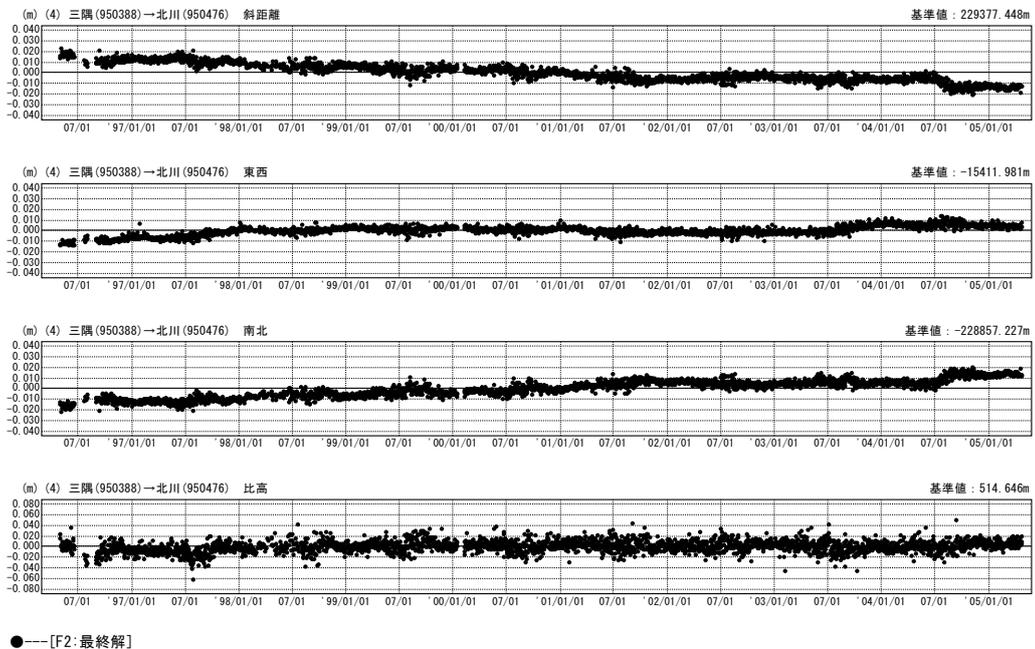
期間：1996/04/01～2005/04/23 JST



### 傾斜・半年周・年周補正グラフ

期間：1996/04/01～2005/04/23 JST

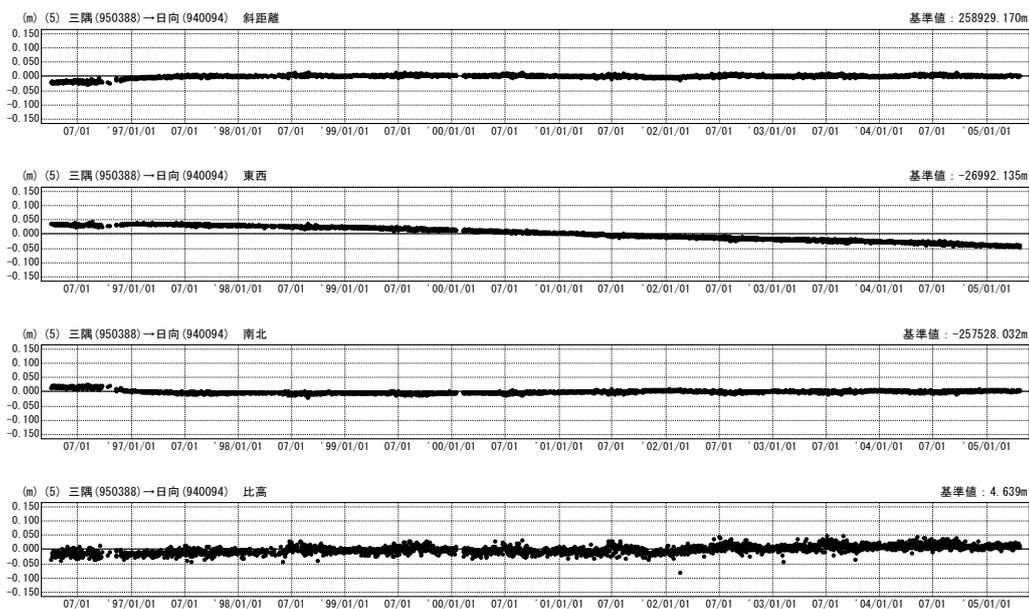
計算期間：2001/04/01～2003/06/30



第 42 図 日向灘・豊後水道周辺の GPS 観測結果  
 Fig.42 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait

### 成分変化グラフ

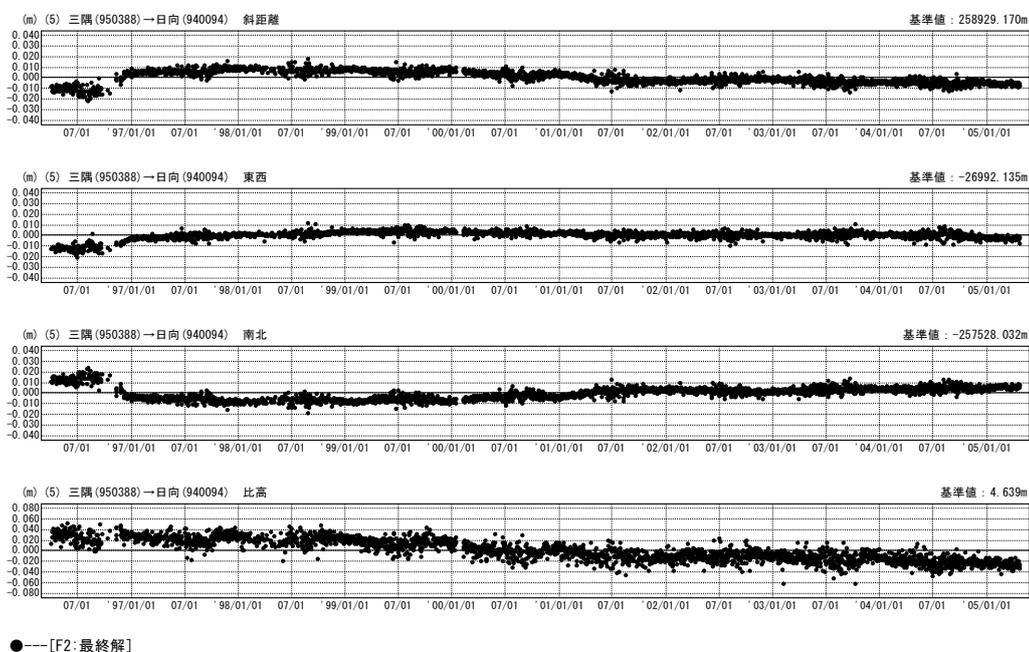
期間：1996/04/01～2005/04/23 JST



### 傾斜・半年周・年周補正グラフ

期間：1996/04/01～2005/04/23 JST

計算期間：2001/04/01～2003/06/30



第 43 図 日向灘・豊後水道周辺の GPS 観測結果

Fig.43 Results of continuous measurements of GPS around Hyuga-nada and Bungo Strait