

## 10-5 九州・沖縄地方の地殻変動

### Crustal Movements in the Kyushu and Okinawa Districts

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

#### [熊本地震の余効変動 GNSS]

第1～4図は、GNSS連続観測により得られた熊本地震後の地殻変動に関する資料である。

第1図は、2017年7月下旬から2017年10月下旬までの3ヶ月間の余効変動を示すベクトル図で、上段は水平変動、下段は上下変動である。余効変動はかなり小さくなっていることが分かる。

第2～3図は、第1図のベクトル図に観測点名を示した8観測点について、三隅観測点を基準とした成分変化グラフを示したものである。地震前の1年間の1次トレンドを除去している。いずれの観測点でも余効変動が時間経過と共に減衰し、収まりつつあることが分かる。

第4図は、地震の翌日から2017年10月下旬までの累積の余効変動を示すベクトル図で、上段は水平変動、下段は上下変動である。九州の広い範囲で余効変動が見られている。

#### [熊本地震の余効変動モデル]

第5～7図は、熊本地震の余効変動について、本震の断層運動による粘性緩和の計算結果を示す資料である。

第5図上部は、粘性緩和の計算を行うために用いた本震の断層運動のモデルである。GEONETで観測された地震時の地殻変動をよく説明できるように、布田川断層帯及び日奈久断層帯に沿った5枚の断層でモデル化した。

この断層パラメータを用いて、粘性緩和による変動を計算した。第5図下部に示すように水平2層構造を仮定し、弾性層の厚さ、粘弾性層の粘性率を複数組み合わせることで計算を行い、観測された地殻変動と比較した。粘弾性体としてはMaxell粘弾性体を仮定した。比較する地殻変動データとして、地震直後は余効滑りの影響を大きく受けると考えられるため、その影響が小さくなる地震後6ヶ月以降のデータを用いた。検討の結果、現段階での最適なパラメータの組み合わせは、弾性層の厚さ25km、粘弾性層の粘性率 $2 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$ となった。

第6～7図は、その最適パラメータから計算された地震後6ヶ月ごとの水平、上下変動の計算値を観測値と比較したものである。(1)の地震直後6ヶ月間では、変動の大部分は粘性緩和では説明できておらず、そのほとんどが余効滑りによるものと考えられるが、(2)及び(3)の地震後6ヶ月以降では、断層の近傍を除き、粘性緩和でよく説明できていることが分かる。

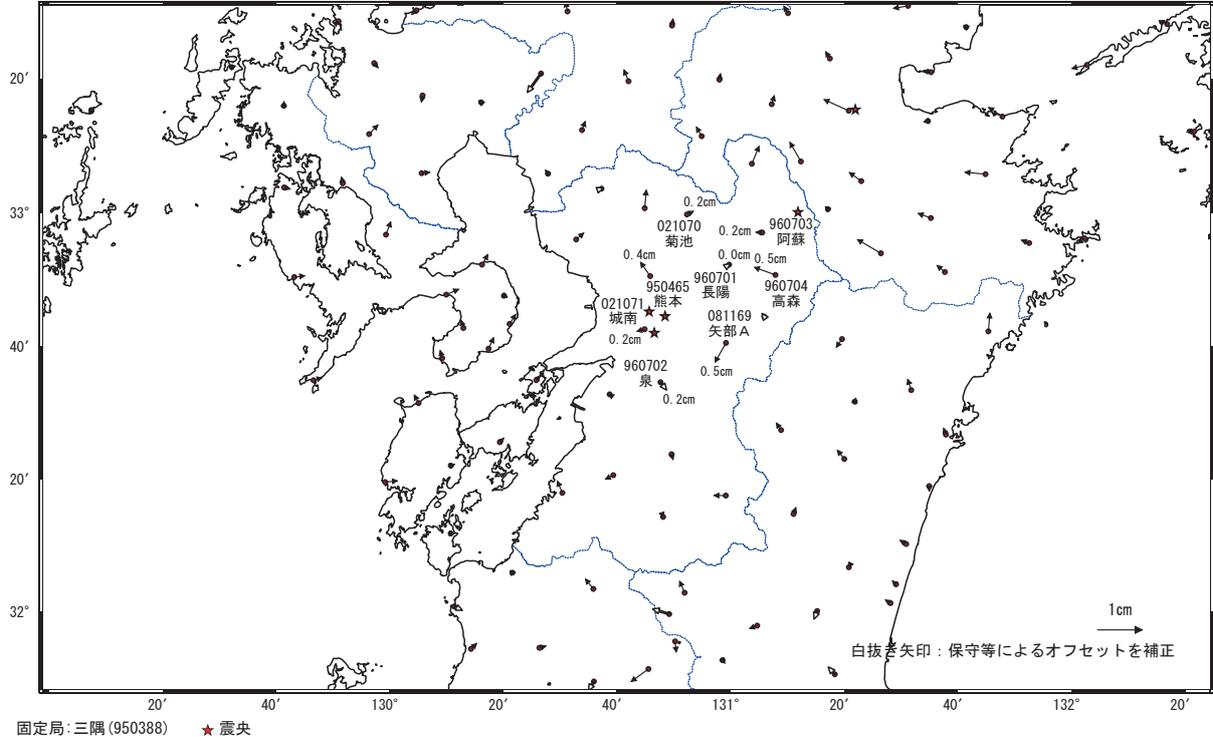
# 平成28年(2016年)熊本地震(4月16日 M7.3)の余効変動(1)

地震後の地殻変動は、一般的に収まりつつある。

## 地殻変動(水平) (一次トレンド除去)

基準期間: 2017/07/30~2017/08/05 [F3: 最終解]  
比較期間: 2017/10/30~2017/11/05 [R3: 速報解]

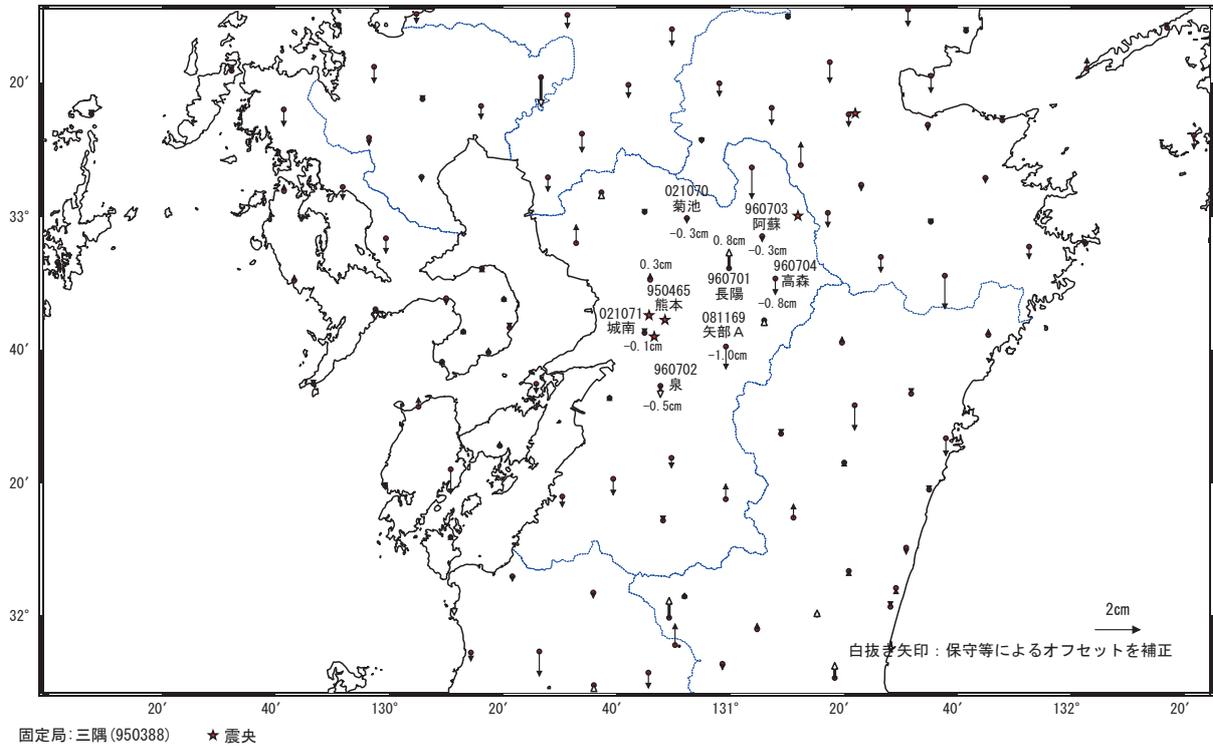
計算期間: 2015/04/01~2016/04/01



## 地殻変動(上下) (一次トレンド除去)

基準期間: 2017/07/30~2017/08/05 [F3: 最終解]  
比較期間: 2017/10/30~2017/11/05 [R3: 速報解]

計算期間: 2015/04/01~2016/04/01

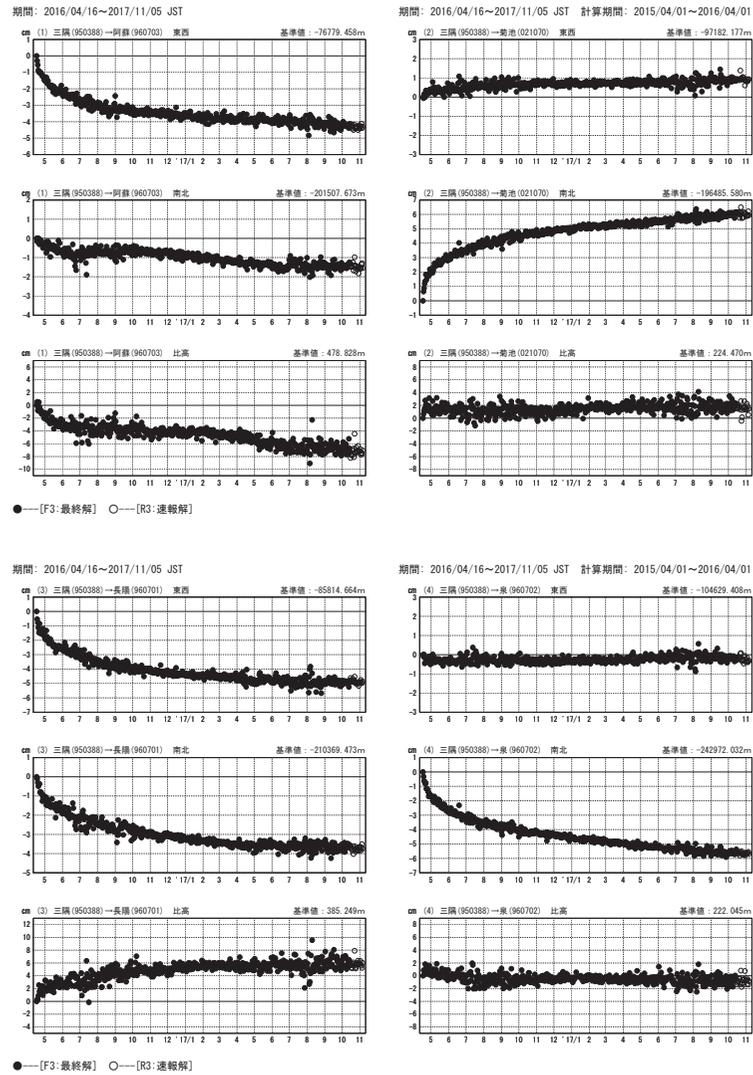


第1図 平成28年(2016年)熊本地震の余効変動(1): 水平・上下

Fig. 1 Postseismic deformation associated with the 2016 Kumamoto earthquake (1) (horizontal and vertical displacement).

平成28年(2016年)熊本地震(4月16日 M7.3)の余効変動(2)

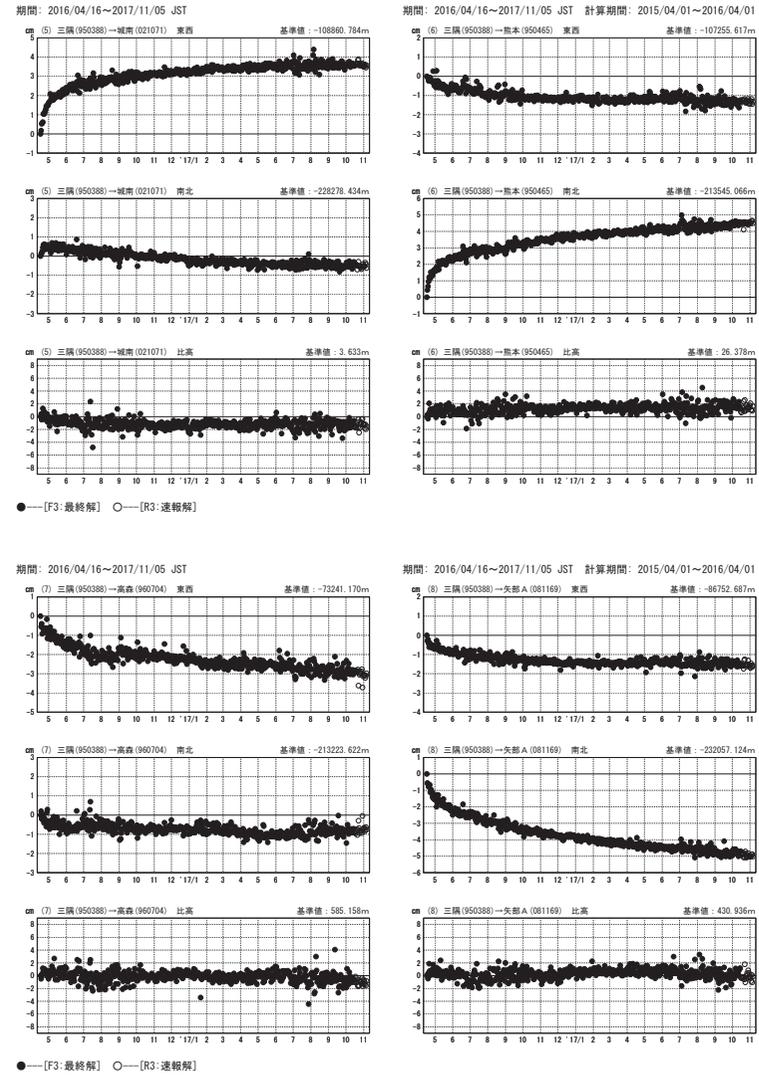
1次トレンド除去後グラフ



第2図 平成28年(2016年)熊本地震の余効変動(2)  
Fig. 2 Postseismic deformation associated with the 2016 Kumamoto earthquake (2) (3 components time series).

平成28年(2016年)熊本地震(4月16日 M7.3)の余効変動(3)

1次トレンド除去後グラフ



第3図 平成28年(2016年)熊本地震の余効変動(3)  
Fig. 3 Postseismic deformation associated with the 2016 Kumamoto earthquake (3) (3 components time series).

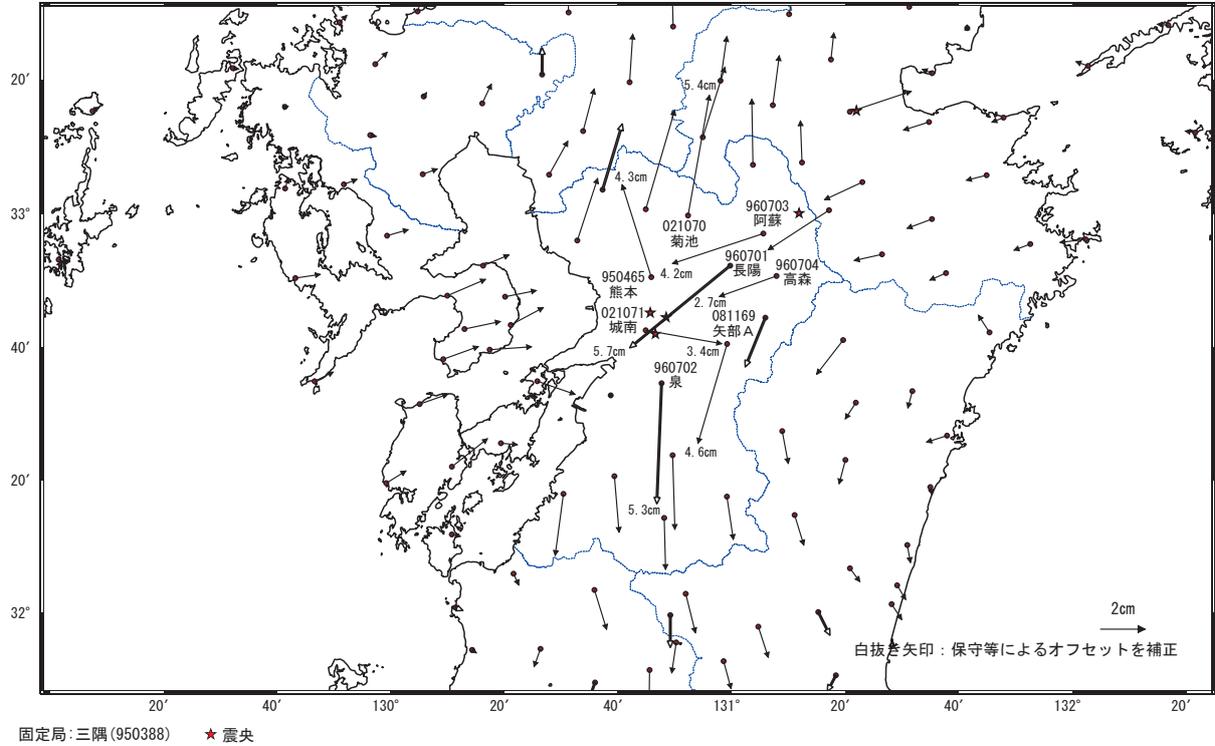
# 平成28年(2016年)熊本地震(4月16日 M7.3)の余効変動(4)

この地震後に地殻変動が観測された

## 地殻変動(水平) (一次トレンド除去)

基準期間: 2016/04/17~2016/04/17 [F3: 最終解]  
比較期間: 2017/10/30~2017/11/05 [R3: 速報解]

計算期間: 2015/04/01~2016/04/01

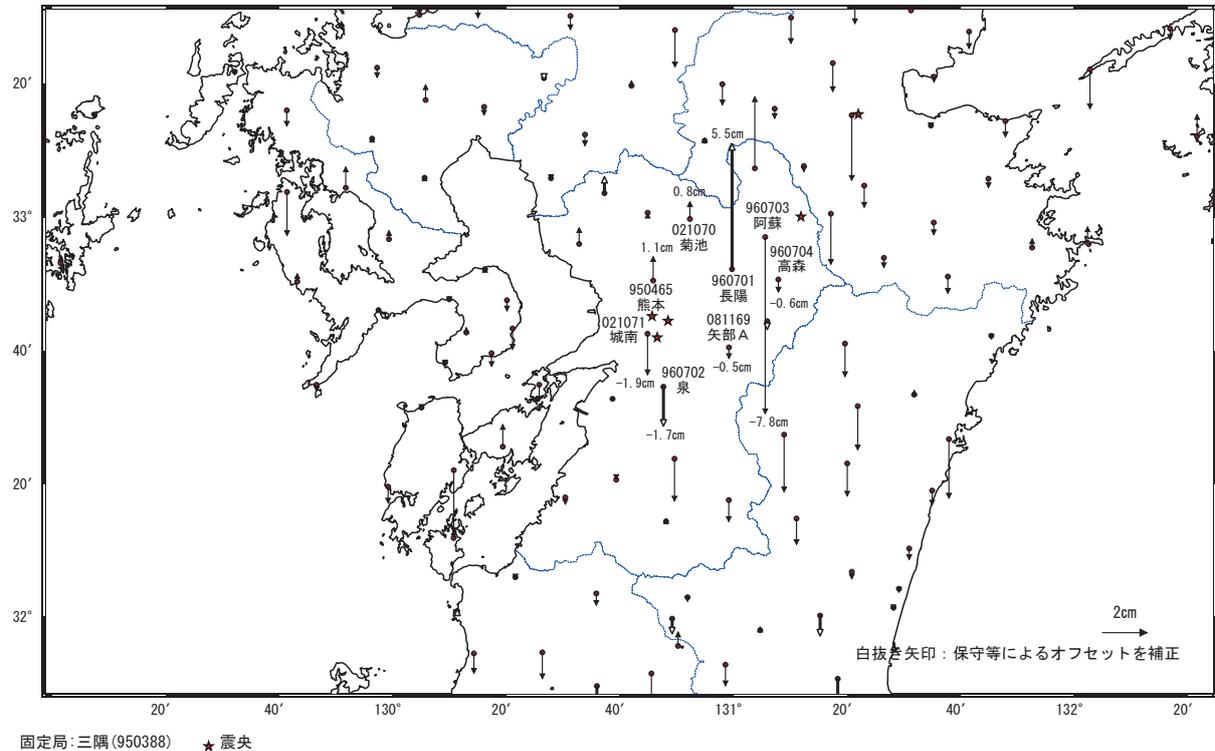


固定局: 三隅 (950388) ★ 震央

## 地殻変動(上下) (一次トレンド除去)

基準期間: 2016/04/17~2016/04/17 [F3: 最終解]  
比較期間: 2017/10/30~2017/11/05 [R3: 速報解]

計算期間: 2015/04/01~2016/04/01

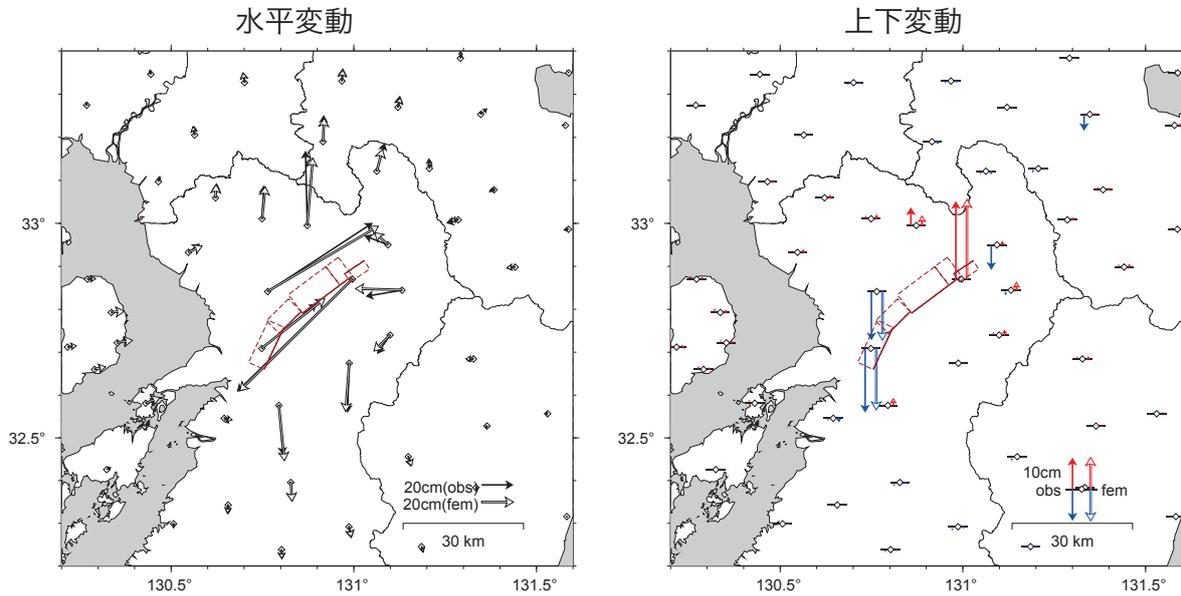


固定局: 三隅 (950388) ★ 震央

第4図 平成28年(2016年)熊本地震の余効変動(4): 水平・上下(累積)  
Fig. 4 Accumulated postseismic deformation after the 2016 Kumamoto earthquake (4) (horizontal and vertical displacement).

# 2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（1）（暫定）

## 地震時の変動

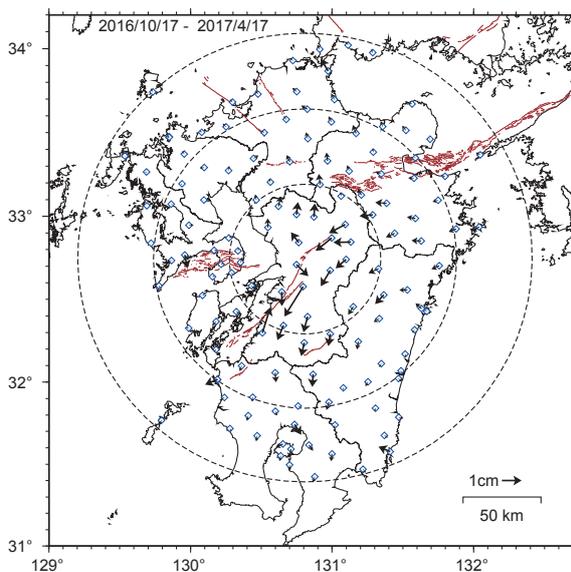


断層パラメータ

緯度	経度	深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜	すべり角	すべり量 m
32.878	130.996	0.6	4	12.0	233	60	219	3.0
32.856	130.962	0.6	12	12.0	233	60	214	4.8
32.795	130.856	0.8	8	14.9	225	72	176	2.5
32.758	130.809	1.5	12	14.2	205	72	186	2.5
32.883	130.975	0.2	6	5.4	56	62	182	3.5

## 最適モデル

地震6ヶ月後から6ヶ月間のデータ



- ・地震6ヶ月後から6ヶ月間のデータ
- ・震央から50km以上150km以内の観測点
- ・水平成分の残差が最も小さくなるモデル
- ・弾性層の厚さ：15, 20, 25, 30, 35, 40km
- ・粘性率：1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0,  $10 \times 10^{18}$  Pa·s
- 弾性層の厚さ 25km、粘性率  $2.0 \times 10^{18}$  Pa·s



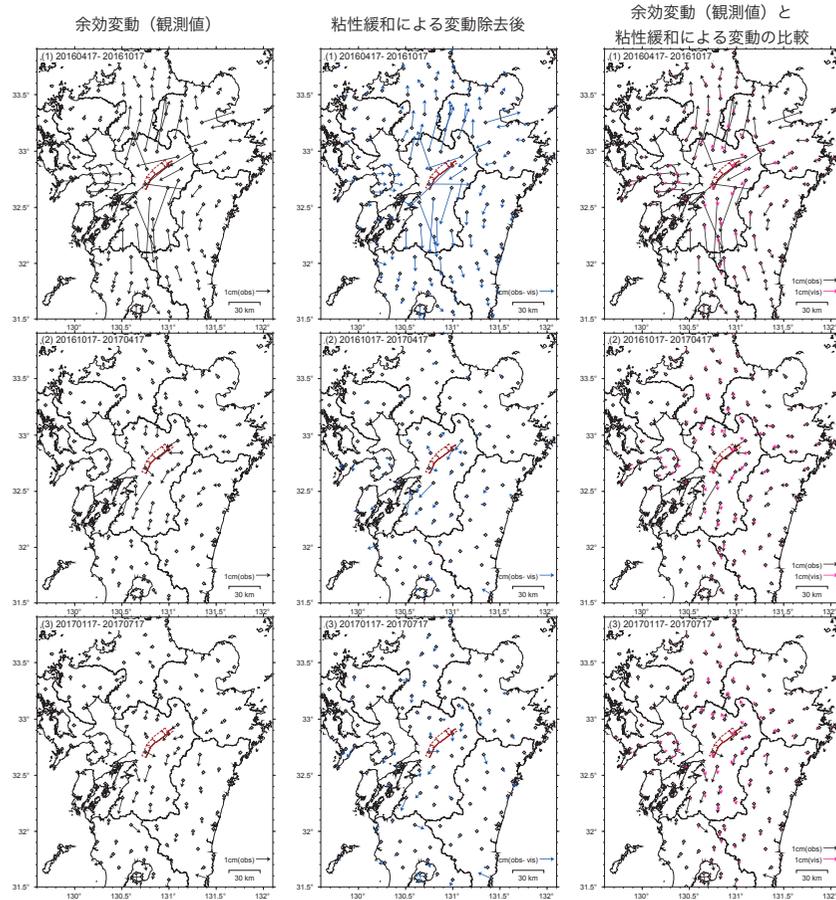
弾性定数	剛性率 (GPa)	ポアソン比
弾性層	33.2	0.246
粘弾性層	58.3	0.275

点線は震央から半径 50,100,150km の範囲

第5図 2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（1）（暫定）  
Fig. 5 Viscoelastic relaxation model of the Kumamoto earthquake in 2016. (provisional)

2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（2）（暫定）

観測値と粘性緩和の比較（水平変動）



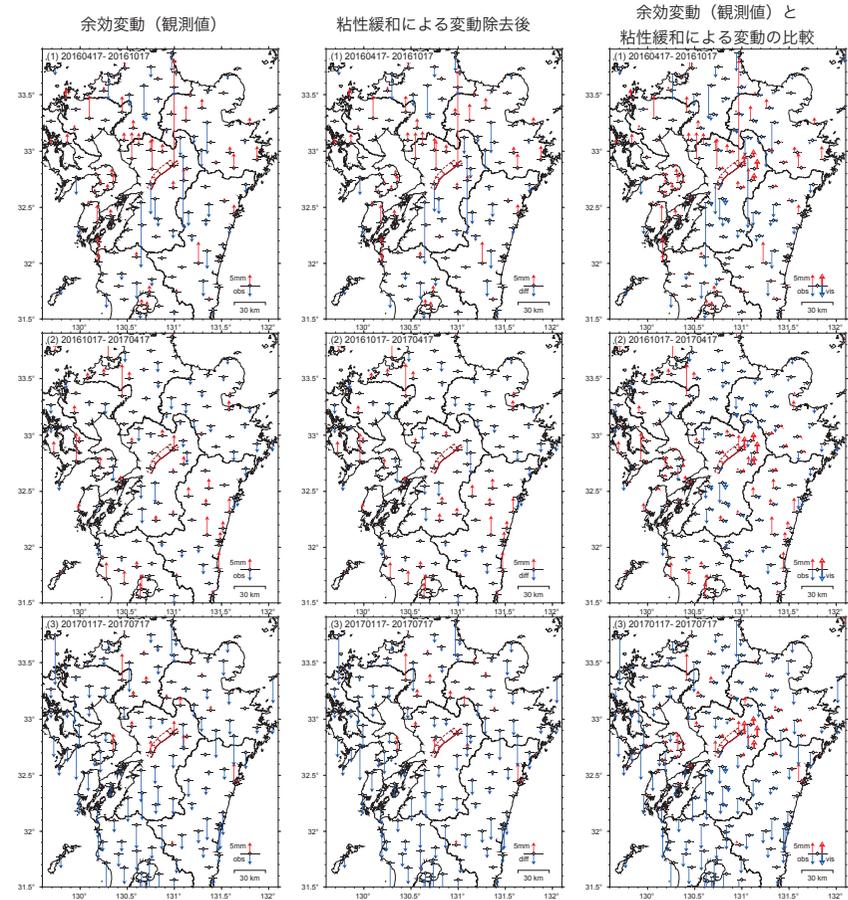
※余効変動（観測値）：  
2013年1月1日～2016年1月1日のデータから推定した平均変動速度、年周/半年周成分を取り除いている。  
※粘性緩和による変動：  
水平二層構造で、弾性層の厚さ25km、粘性率  $2 \times 10^{18} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 。



第6図 2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（2）（暫定）  
Fig. 6 Viscoelastic relaxation model of the Kumamoto earthquake in 2016. (provisional)

2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（3）（暫定）

観測値と粘性緩和の比較（上下変動）



※余効変動（観測値）：  
2013年1月1日～2016年1月1日のデータから推定した平均変動速度、年周/半年周成分を取り除いている。  
※粘性緩和による変動：  
水平二層構造で、弾性層の厚さ25km、粘性率  $2 \times 10^{18} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 。



第7図 2016年熊本地震の粘性緩和のモデル（3）（暫定）  
Fig. 7 Viscoelastic relaxation model of the Kumamoto earthquake in 2016. (provisional)