

### 10 - 3 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

[日向灘の SSE]

第1～6図は、日向灘で繰り返し発生したスロースリップイベントに関する資料である。

第1図図1は、GEONETの宮崎、P油津、北郷（きたごう）の各観測点での南北成分の変位時系列グラフである。これらの点では、2005年以降、ほぼ停止の時期と南への変位時期が繰り返し見られる。1回の変位イベントの継続時間は半年～1年程度、発生周期は2年程度である。

第2図図2は、南への変位が見られない時期（2008年2月～2009年5月）を定常変動とし、定常変動からのずれ（非定常地殻変動）を変位イベント時期、定常変動時期のそれぞれについて求めたものである。図2下の段の非定常地殻変動は、宮崎市のやや北を中心として南北に開くような変位を示し、内陸側の観測点は東向きの変位を示す。2005年以降の3回のイベントではほぼ同じ空間分布を示し、やや深い高角の逆断層運動を示唆している。一様すべりの矩形断層を仮定してインバージョンを行うと、いずれの変位イベントでもプレート境界面に近い位置に推定されることから、プレート境界面で同様のすべりが繰り返し発生している可能性が高いと考えられる。

第3図図3は、プレート境界面上のすべりの時間変化を推定した結果である。すべりは深さ20～60kmで発生し、最大すべり量は10cm程度と推定された。変位イベント時のみすべりが見られ、すべり域は3回の変位イベントでほぼ同じ位置・変位量となっている。したがって、プレート境界面上の同じ領域でスロースリップと固着を繰り返していると考えられる。

第4図図4は、1996年10月(M6.9)、12月(M6.7)の地震後の余効すべり域とスロースリップ域を比較したもので、スロースリップ域が余効すべり域の深部側とほぼ重なることがわかった。このことは、余効すべり域でスロースリップが発生し得ることを示している。

[霧島山新燃岳噴火による周囲での応力変化  $\Delta$  CFF]

第5～6図は、2011年1月26日以降の霧島山新燃岳の噴火に伴う応力変化 $\Delta$  CFFである。変動源として、地殻変動から推定されている霧島山北西での球状圧力源の収縮を仮定し、受け手の地震のメカニズム解は、1997年の鹿児島県北西部の地震などに代表されるほぼ東西走向の左横ずれ断層のすべりを想定した。霧島山の収縮により北西部及び南東部での地震活動が促進されることが考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 国土地理院, 2004, 中国・四国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 71, 680-694.
- 2) 国土地理院, 2004, 中国・四国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 72, 552-574.
- 3) 国土地理院, 2005, 中国・四国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 73, 569-574.
- 4) 国土地理院, 2005, 中国・四国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 74, 409-439.
- 5) 国土地理院, 2005, 地殻変動統合解析による福岡県西方沖の地震のすべり分布, 地震予知連絡会会報, 74, 494-497.

- 6) 国土地理院, 2006, 四国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 75, 509-516.
- 7) 国土地理院, 2006, 沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 75, 566-580.
- 8) 国土地理院, 2006, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 76, 578-585.
- 9) 国土地理院, 2007, 中国・九州地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 77, 413-421.
- 10) 国土地理院, 2007, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 78, 561-567.
- 11) 国土地理院, 2008, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 79, 608-610.
- 12) 国土地理院, 2008, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 80, 497-499.
- 13) 国土地理院, 2009, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 82, 423-428.
- 14) 国土地理院, 2010, 九州・沖縄地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 83, 509-510.

# 日向灘で繰り返し発生するスロースリップイベント

## 概要

九州南部において、2005年以降、半年～1年程度継続する非定常的な地殻変動が約2年の周期で繰り返し見られている。この非定常変動は日向灘のプレート境界面の同じ領域で繰り返し発生するスロースリップによるものと考えられる。スロースリップのすべり域は、1996年12月の地震の余効すべり域の深部側とほぼ重なり、余効すべり域でスロースリップが発生し得ることを示している。

## 九州南部で見られる非定常地殻変動

日向灘沿岸付近のGEONETの観測結果に、2005年以降、それまでとは異なる変動が見られている。特に宮崎市近傍の観測点で顕著であり、南北成分で見るとほぼ停止～南への変位が繰り返し見られるようになった(図1)。1回の変位イベントの継続時間は半年～1年程度、発生周期は2年程度である。

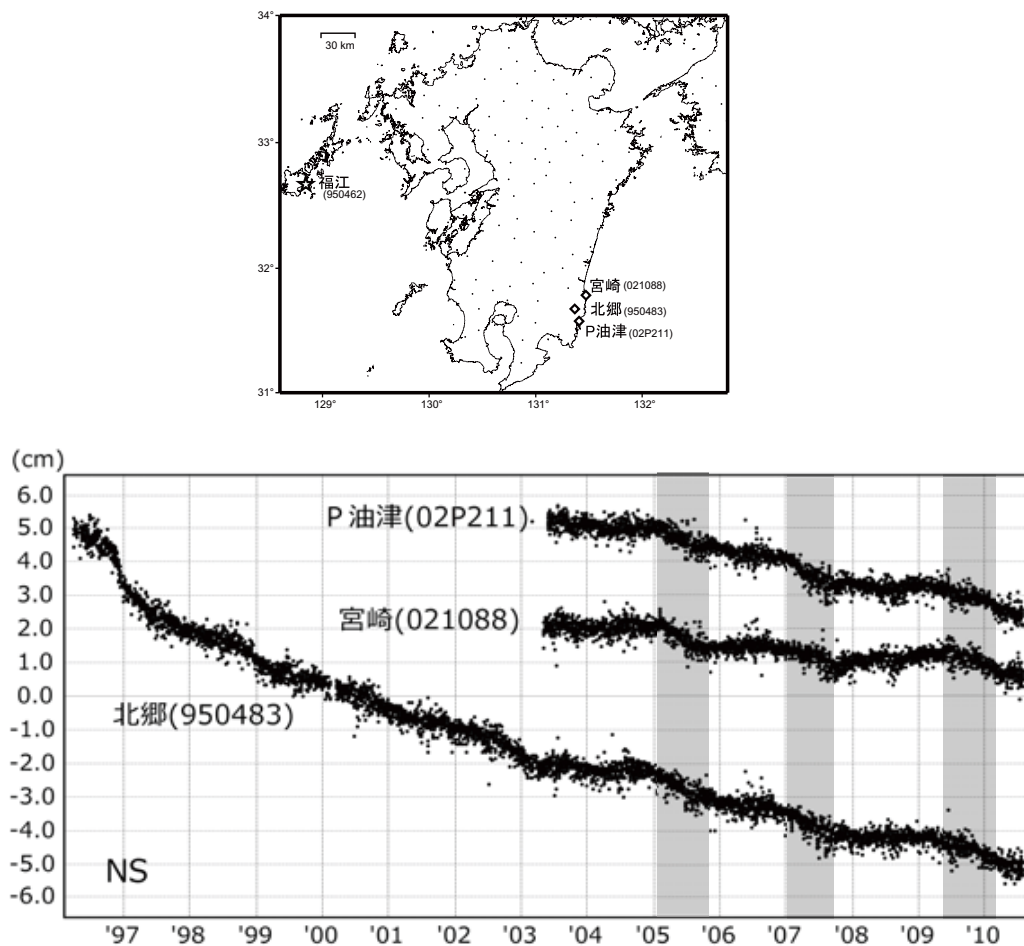


図1 宮崎周辺の観測点の南北成分の変位 (基準: 福江).

第1図 日向灘で繰り返し発生するスロースリップイベント (1/4)  
Fig. 1 Slow slip events in Hyuganada (1/4).

宮崎市周辺の観測点で南への変位が見られない時期（2008年2月～2009年5月）を定常変動とし、定常変動からのずれ（非定常地殻変動）を変位イベント時期、定常変動時期のそれぞれについて求めた（図2）。非定常地殻変動は、宮崎市のやや北を中心として南北に開くような変位を示し、内陸側の観測点は東向きの変位を示す。2005年以降の3回のイベントではほぼ同じ空間分布を示している。

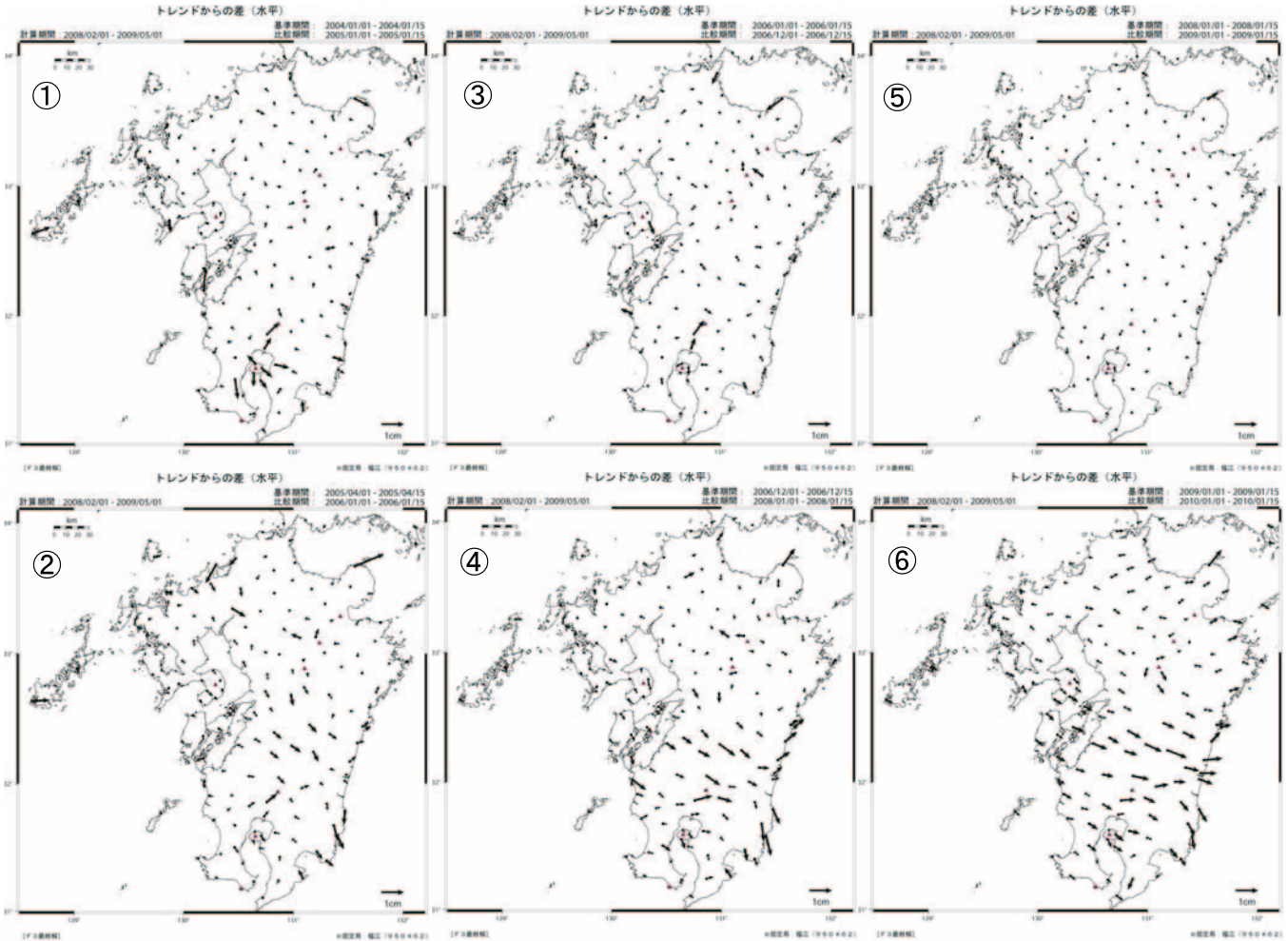


図2 非定常変動ベクトル図（基準：福江（950462））。①2004年1月～2005年1月、②2005年4月～2006年1月、③2006年1月～2006年12月、④2006年12月～2008年1月、⑤2008年1月～2009年1月、⑥2009年1月～2010年1月。

定常時期（①、③、⑤）には変動は見られないが、変位イベント時期（②、④、⑥）には宮崎市のやや北を中心として南北に開くような変位が見られ、内陸側の観測点は東向きの変位を示す。

第2図 日向灘で繰り返し発生するスロースリップイベント (2/4)  
Fig. 2 Slow slip events in Hyuganada (2/4).



### 非定常変動の変動源

変位イベント時期の変動のパターンは、やや深い高角の逆断層運動を示唆している。一様すべりの矩形断層を仮定してインバージョンを行うと、いずれの変位イベントでもプレート境界面に近い位置に推定されることから、プレート境界面で同様のすべりが繰り返し発生している可能性が高いと考えられる。

そこで、時間依存インバージョン (Ozawa et al., 2007) を適用し、プレート境界面上のすべりの時間変化を推定した (図3)。すべりは深さ 20~60km で発生し、最大すべり量は 10cm 程度と推定された。変位イベント時のみすべりが見られ、すべり域は 3 回の変位イベントでほぼ同じ位置・変位量となっている。したがって、プレート境界面上の同じ領域でスロースリップと固着を繰り返していると考えられる。

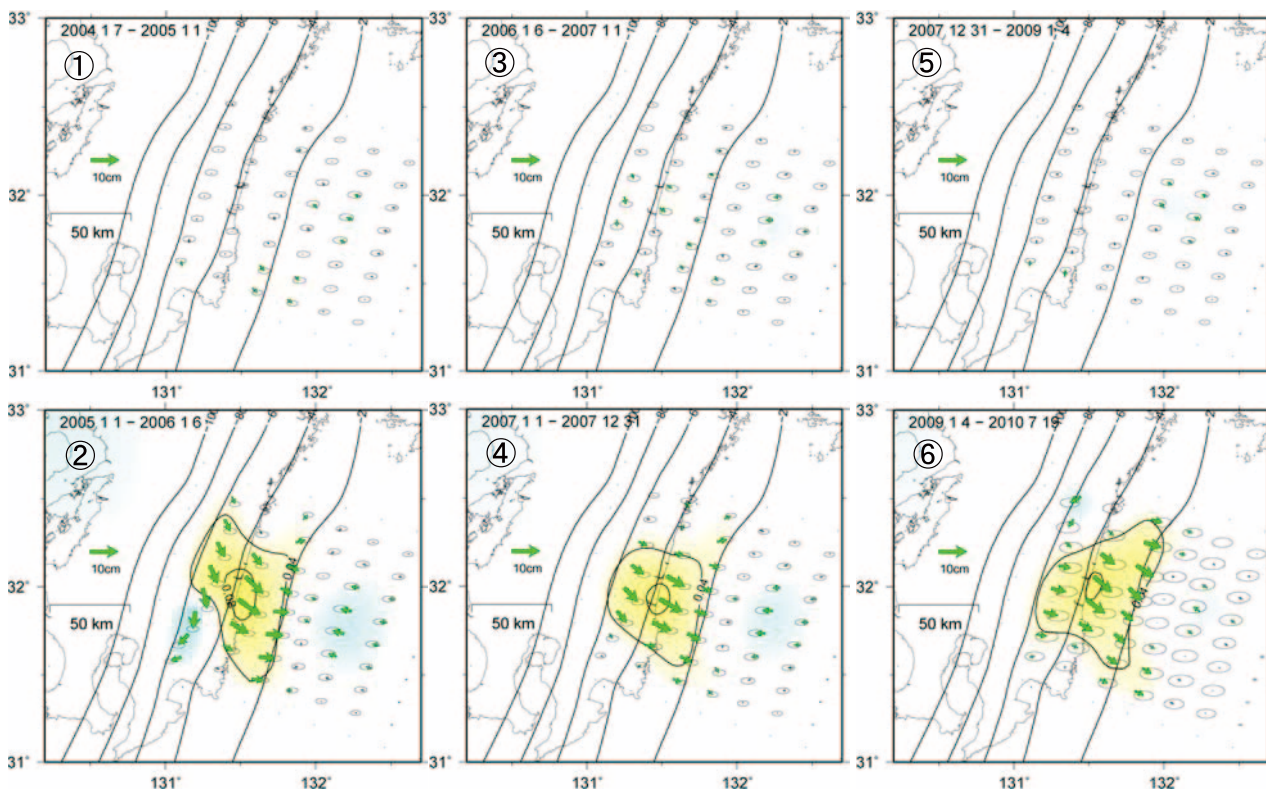


図3 推定されたすべり分布. コンター間隔は 4cm. ①2004年1月~2005年1月, ②2005年1月~2006年1月, ③2006年1月~2007年1月, ④2007年1月~2008年1月, ⑤2008年1月~2009年1月, ⑥2009年1月~2010年7月.

2005年以降の3回のイベントで、ほぼ同じ領域で同程度のすべりが推定されている。すべりは深さ 20~60km で発生し、最大すべり量は 10cm 程度。

第3図 日向灘で繰り返し発生するスロースリップイベント (3/4)  
Fig. 3 Slow slip events in Hyuganada (3/4).

この領域では、1996年10月(M6.9)、12月(M6.7)の地震後に余効すべりが観測されている。この余効すべりは地震のすべり領域よりも深い側で起こり、地震のすべり領域とはすみ分けていることが明らかにされている (Yagi et al., 2001)。

この余効すべり域と今回推定されたスロースリップ域を比較すると、スロースリップ域が余効すべり域の深部側とほぼ重なることがわかった (図4)。このことは、余効すべり域でスロースリップが発生し得ることを示している。

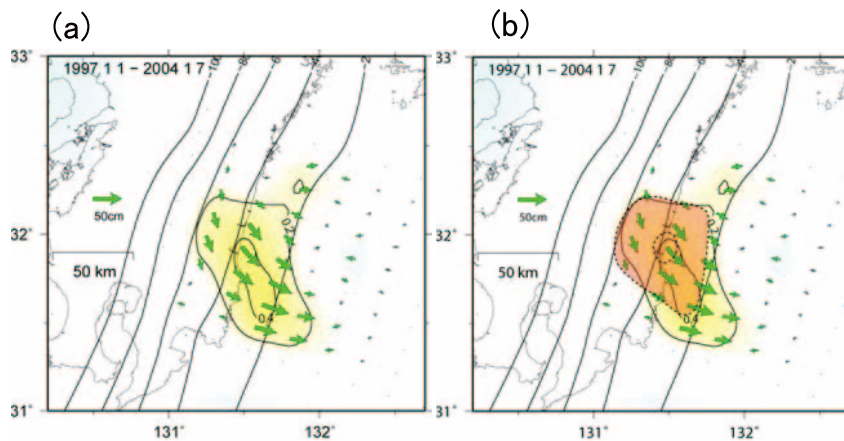


図4 1996年12月以降の余効すべり域とスロースリップ域の比較。(a)1996年12月～2004年1月までの余効すべり域。コンター間隔は20cm, (b)(a)に2007年のイベント(図3④)での4cm以上のすべり域(赤色)を重ねて表示。スロースリップ域が余効すべり域の深部側とほぼ重なる。

## まとめ

日向灘のプレート境界面でスロースリップが繰り返し発生していることが明らかとなった。すべりは深さ20～60kmで発生し、最大すべり量は10cm程度と推定された。すべりの継続時間は半年～1年程度、発生周期は約2年である。1996年10月、12月の地震の余効変動が終息後、2005年から発生し始めている。これは、余効すべり域でのカップリング回復を示唆している可能性がある。

今回推定されたスロースリップのすべり域は、1996年の地震の余効すべり域の深部側と一致しており、余効すべり域でスロースリップが発生し得ることを示した初の事例であるといえる。

## 参考文献

- Ozawa, S., H. Suito, T. Imakiire, and M. Murakami, Spatiotemporal evolution of aseismic interplate slip between 1996 and 1998 and between 2002 and 2004, in Bungo channel, southwest Japan, *J. Geophys. Res.*, **112**, B05409, doi:10.1029/2006JB004643, 2007.
- Yagi, Y., M. Kikuchi, and T. Sagiya, Co-seismic slip, post-seismic slip, and aftershocks associated with two large earthquakes in 1996 in Hyuga-nada, Japan, *Earth Planets Space*, **53**, 793–803, 2001.

第4図 日向灘で繰り返し発生するスロースリップイベント(4/4)  
Fig. 4 Slow slip events in Hyuganada (4/4).

### 霧島山の変動源による周囲での応力変化 ( $\Delta CFF$ )

2011年1月26日以降の霧島山新燃岳の噴火に伴い広域の地殻変動が観測されており、霧島山西部の球状圧力源の収縮モデルが提案されている(国土地理院, 2011)。霧島山周辺では、過去に1968年えびの地震(M6.1)などの被害地震が発生していることや、火山活動によって周囲で地震活動が誘発されたと考えられる事例(例えば、1914年桜島大正噴火とM7.1の地震)は多いことから、周辺域でのクローン応力変化を計算した。

受け手の地震のメカニズム解は、1997年の鹿児島県北西部の地震などに代表されるほぼ東西走向の左横ずれのすべりを想定した。なお、この地域では、GPSデータ等に基づき霧島山南麓を東西に横断する剪断帯が提案されている(Takayama and Yoshida, 2007; Wallace et al., 2009)ので、この剪断帯の鉛直断面における応力変化も計算した。なお、摩擦係数は0.4を用いている。

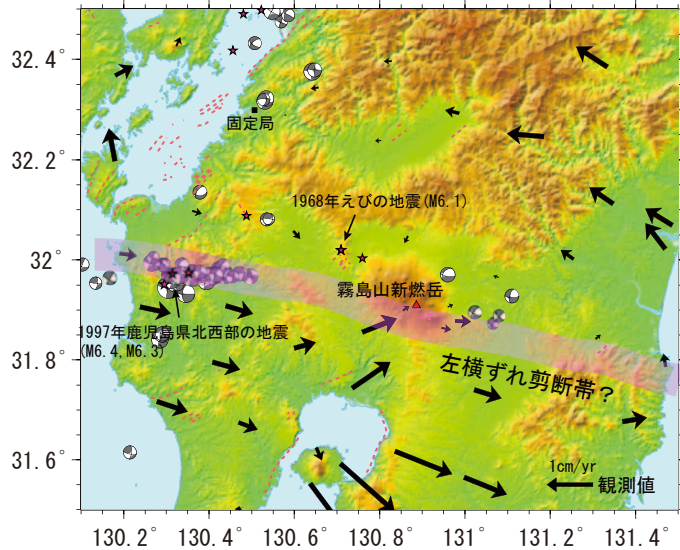
計算結果によると、霧島山の収縮により北西部及び南東部でのクローン応力が増加し、地震活動が促進されると考えられる。この領域には、えびの地震の震源域も含まれる。なお、2009年12月から2011年1月までは、噴火に伴う収縮を上回る膨張が観測されていたため、2009年以降のトータルの応力変化は、ここで示した計算結果と逆符号になる。

#### 参考文献:

Takayama, H., and A. Yoshida (2007), Crustal deformation in Kyushu derived from GEONET data, J. Geophys. Res., 112, B06413, doi:10.1029/2006JB004690.

Wallace, L.M., S. Ellis, K. Miyao, S. Miura, J. Beavan, and J. Goto (2009), Enigmatic, highly active left-lateral shear zone in southwest Japan explained by aseismic ridge collision, Geology, 37(2), 143-146.

水平変位速度 (期間: 2003/4/1-2007/3/31) 固定局: 芦北 (950468)

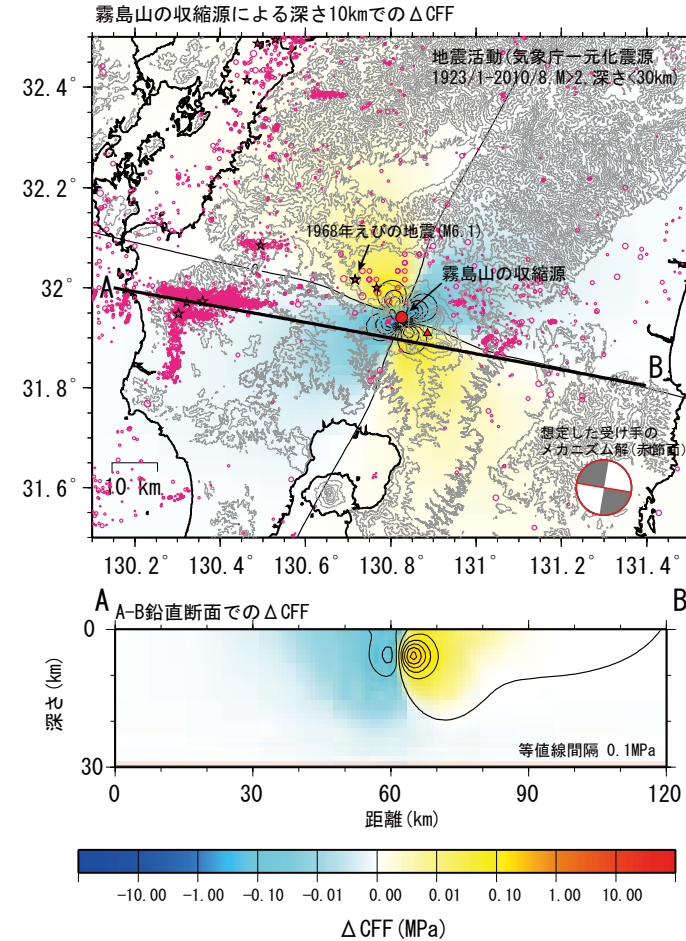


九州南部のGPS水平速度ベクトル(2003年4月-2007年3月)。1923年以降の内陸浅発地震(M>5.5, 深さ30km以浅)の震央を星印で、1997年3月以降の内陸浅発地震メカニズム解を震源球で表示した。九州南部の剪断帯(Takayama and Yoshida, 2007; Wallace et al., 2009)の概略位置を表示した。震源分布およびメカニズム解は、それぞれ気象庁一元化震源と防災科学技術研究所F-net解を用いた。変位ベクトルの計算にはGEONET観測点に加えて気象庁GPS点のデータも用いた。

### 霧島山の変動源による周囲での応力変化 ( $\Delta CFF$ )

霧島山の収縮により北西部及び南東部での地震活動が促進されると考えられる。

計算に用いた霧島山の収縮源(球状圧力源、茂木モデル)  
31.941°N 130.826°E 深さ6.7km 体積変化量  $-12.0 \times 10^6 \text{m}^3$



第5図 九州南部のGPS水平速度ベクトル(2003-2007年)  
Fig. 5 GPS Horizontal velocity in southern Kyushu for 2003-2007.

第6図 霧島山の変動源による周囲での応力変化 ( $\Delta CFF$ )  
Fig. 6 Stress change due to a deformation source beneath Kirishima Volcano (Delta CFF).