

## 2016 年熊本地震

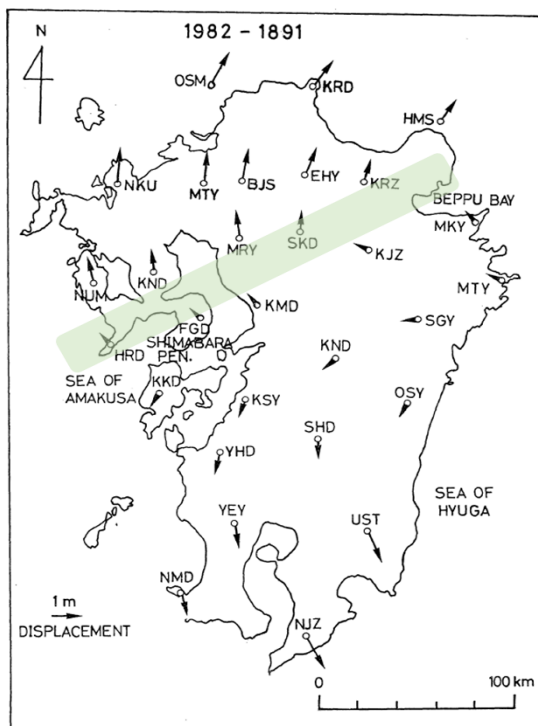
2016 年 5 月 1 日 梅田康弘

### 1. はじめに

4 月 14 日 21 時 26 分、熊本県で M 6.5 の地震が発生し、益城（ましき）町で震度 7 を観測しました。当初は「本震—余震」で推移するだろうと思われていましたが、28 時間後の 16 日 01 時 25 分には M 7.3 の「本震」が起きました。本震発生とほぼ同時に、別府市付近と阿蘇山の北東部の 2 か所で新たな地震活動が始まりました。全体の余震活動は極めて活発で、震度 1 以上は 2 週間後の 4 月 28 日に 1000 回を超えています。

気象庁は「前例のない活動で、従来の経験則が当てはまらない」としています。この基礎講座では、地震が起きた地域のテクトニクス、前例のない活動といわれる背景、過去の事例や誘発地震、本震の破壊過程などを解説します。

図 1 「別府—島原地溝帯」薄緑色の帯で示す



多田 堯 沖縄トラフの拡大と九州地方の地殻変動 (2), 地震 ii 38 卷 (1985) 1-12.

### 2. 別府—島原地溝帯

別府湾から島原にかけて、沈降している帯状の地域を「別府—島原地溝帯」と言います。図 1 に薄い緑色で示したところです。図に記入されている矢印は、国土地理院が測量した 100 年間の土地の動き(変位ベクトル)ですが、地溝帯より北の矢印は北向きに、九州の南は南西ないしは南に移動しています。図の左下に 1m の長さの矢印がありますが、地溝帯は 100 年でおおよそ 2m ほど、南北に引き裂かれていることがわかります。

もちろんこの変動は最近の話ではなく地質年代からずっと続いていて、地形的にも明瞭な地溝帯を形成しています。南北に引っ張られていますから土地がへこんで、大局的に見るとへこみが溝状になっているのですが、一方では引き裂かれているため、深部から出てくるものもあります。



図3-a 震央分布図（気象庁）

（2016年4月14日21時00分～15日09時10分、M全て、深さ0～20km）4月14日の地震を青、15日の地震を赤で表示

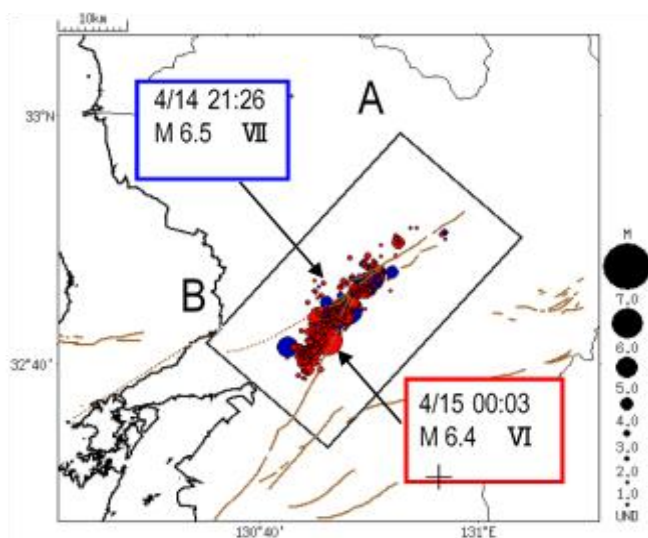


図3-b 震央分布図の四角形領域内の時空間分布図（A-B投影）（気象庁）

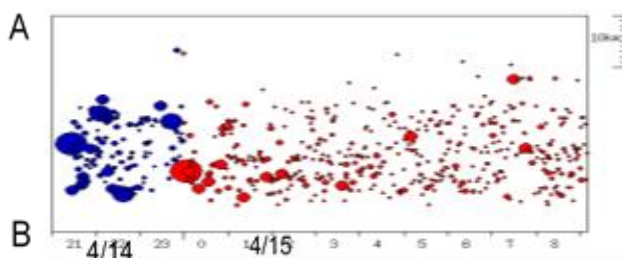
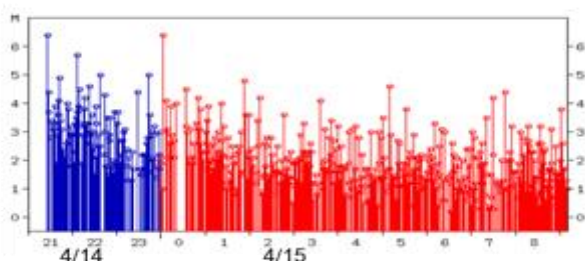


図3-c 震央分布図の四角形領域内の地震活動経過図（気象庁）



気象庁 報道発表資料（平成28年4月15日10時30分）

減少していくでしょう。しかし2か所の誘発地震は、飛び火したようなもので、そこで新たな地震活動が始まっていますので、要注意です。特に熊本県と大分県の県境付近（阿蘇山の

きませんが、M7クラスでも誘発地震が起こることはあります。ただ今回のように、本震の断層の延長上の2か所で同時に誘発された例は知りません。

#### 4. 誘発地震の原因は？

誘発の直接の原因は、本震による揺れあるいは地殻変動によるものと考えられますが、その大元は地下深部（深さ10kmより深い）からの流体の上昇だろうと思われます。火山地帯ではマグマはもちろん、地下深部には多くの高温高压の流体が存在すると考えられています。2節でも述べましたように、「別府—島原地溝帯」は南北に引き裂かれていて、地下深部の流体は隙あらば上昇しようとしています。そこへ今回の地震による振動あるいは歪が作用して、流体が地震発生層の岩盤に圧入し、岩盤を滑りやすくしているのではないかと、つまり地震を起こしやすくしているのではないかと考えられます。地下深部流体と地震発生については、飯尾先生の専門ですので、お聞きする機会があればと思います。

#### 5. 誘発地震に要注意

本震の断層に沿った、いわゆる余震は、本震で生じた歪を解消するべく起きているので、いずれは

北東部)の活動は、16日の03時03分にM5.8の地震があり、その52分後に同じ規模のM5.8の地震が起きています。これは14日のM6.5の地震とその2時間半後のM6.4の地震の発生パターンに似ており、群発地震の様相を示しています。この地域でさらに大きな地震が起きるかは予測できませんが、十分な警戒が必要です。

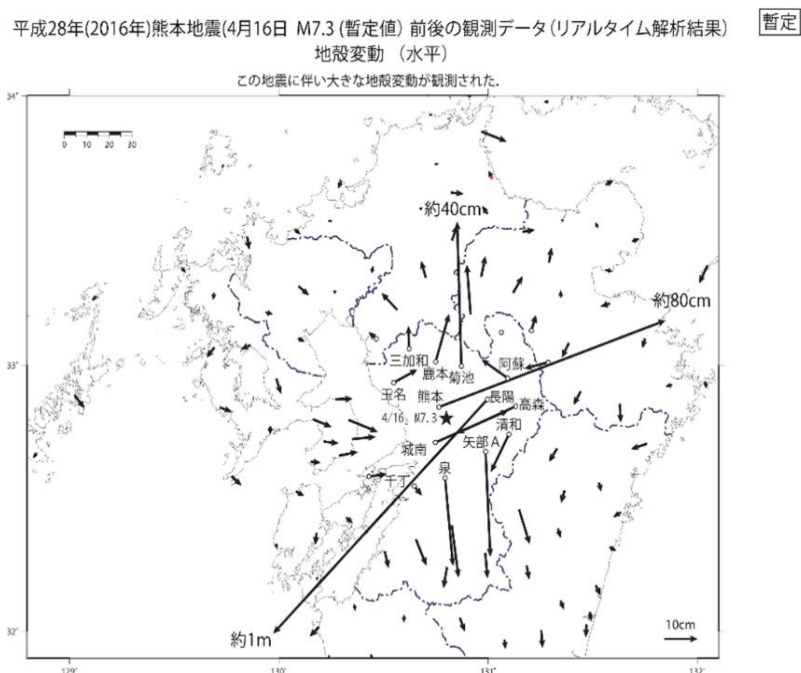
別府のほうは小康状態を保っているようにみえますが、当地域も引張場であり、地下流体が関与している限り油断はできません。地震の規模が小さかったため図2にはありませんが、別府市では2007年6月にも群発地震(最大M4.7、震度4)があり、6月6日から10日に震度1以上を63回観測しています。

## 6. 群発地震

前の2節では、阿蘇山の北東部と別府の地震活動は、16日のM7.3で引き起こされた「誘発地震」と書きましたが、起きている現象は「群発地震」です。いずれも起きている現象を区別するためにつけた名称であって、後に大きな地震が起きれば、「前震」と名称が変更される可能性はありえます。

群発地震が続く中で、大きな地震が起きた例としては、1980年伊豆東方沖地震(M6.7)、1984年島原半島西部(M5.7)、1986年伊豆大島付近(M6.0)などがあります。伊豆東方沖の場合は群発地震を断続的に繰り返した後、1989年7月に海底噴火を起こして収束しました。1965年8月に始まった松代群発地震も1966年9月に多量の地下水を噴出し、収束に向かいました。このような例からも群発地震は地下深部の流体圧が高まることが原因と考えられています。

図4 電子基準点が捉えた平成28年(2016年)熊本地震に伴う地殻変(国土地理院)



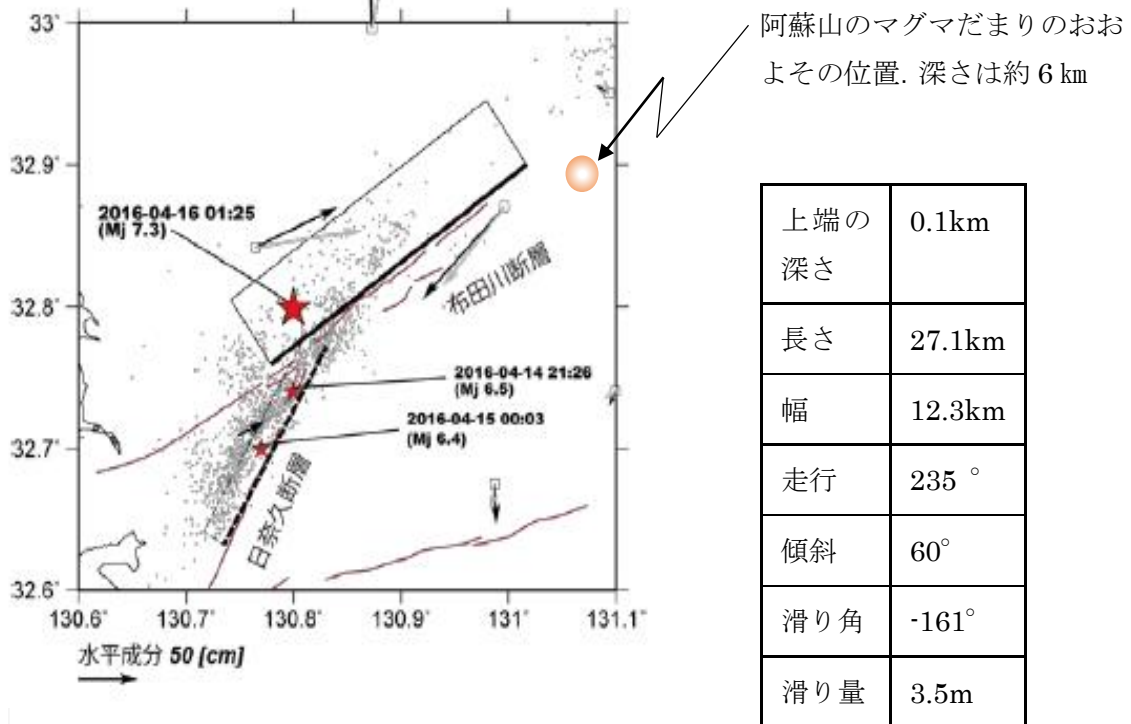
国土地理院

<http://www.gsi.go.jp/common/000139657.jpg>

## 7. 本震の断層

14日のM6.5と16日のM7.3の地震によるそれぞれの地殻変動は、国土地理院の電子基準点によって捉えられました。そのうち本震による各基準点の変位を図4に示しました(国土地理院資料)。本震の星印を境に、熊本は北東に約80cm、長陽は南西に約1m移動しており、この間に右ずれ断層ができたことがわかります。国土地理院では、この変位分布を逆解析することによって、図5に示すような断層面を推定しています。断層面を表す矩形の1辺が太い実線になっていますが、これは地表に近い(浅い)方の断層の縁、すなわち断層の上端を示す線で、布田川(ふたがわ)断層に沿っていることがわかります。図5の表には、断層の長さ、幅、走行など、断層パラメータが記されています。なお14日のM6.5の地震も同図中の日奈久断層に沿って薄い点線で描かれています。断層の長さ、幅、走行などは、図中に示した国土地理院のURLにあります。

図5 平成28年4月16日の熊本県熊本地方の地震(Mj7.3)震源断層モデル(暫定)国土地理院

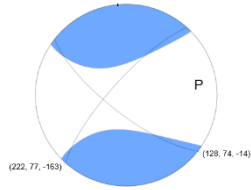


国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/common/000139798.pdf>  
に加筆

米国地質調査所(USGS)が、地震波形から求めたCMT解を図6の左に載せました。走行(222°)、傾斜(77°)、滑り角(-163°)とも地理院のそれらとほぼ同じです。このCMT解から断層モデルを模式的に描きますと図6のようになります。気象庁発表の速報では「北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型」となっていますが、張力軸は図

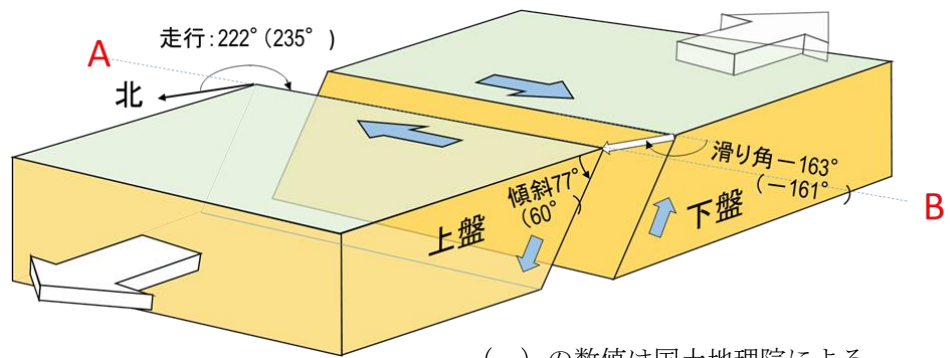
中の大きな白矢印で示しました。滑り角は $-163^\circ$  となっています。この角度が $-180^\circ$  だと完全な横ずれ断層ですが、 $17^\circ$  ( $-163^\circ - (-180^\circ)$ ) だけ上盤（北側）が下方にずり下がっています。すなわち北西-南東方向に引っ張る力が働いて、北側がずり落ちるように右横ずれ断層が形成されたことを意味しています。

USGS による CMT 解



走行:  $222^\circ$  傾斜:  $77^\circ$   
滑り角:  $-163^\circ$

図6 正断層成分を含む右横ずれ断層

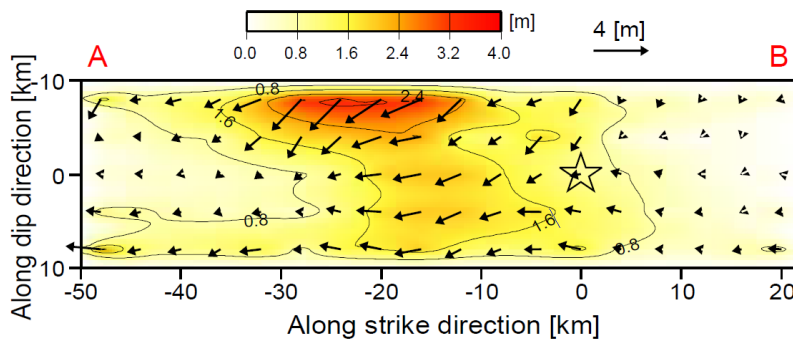


( ) の数値は国土地理院による

断層面上の滑り分布（図7）は、防災科学技術研究所（NIED）が地震波形を逆解析することによって求めています。図7の矢印は、下盤に対する上盤のずれ（滑り）の大きさです。図6で言えば、滑りを示す細い白抜き矢印を、各点毎に分布図として示したものです。なお、図6のA-Bの方向は図7のA-Bに対応させており、Aが北東方向です。

滑り分布は矢印と色で示されていますが、震源（星印の破壊開始点）から北東に20 kmほどの浅いところで大きな破壊があったことがわかります。ここは多くの崩壊があった地

図7 4月16日01:25 M7.3の断層モデル（防災科学技術研究所）



平成28年4月17日  
地震調査研究推進本部  
地震調査委員会  
資料から引用

断層面上の最終すべり分布図。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を、星印は破壊開始点を示す。

[http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_kumamoto\\_2.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_2.pdf)

域と一致しています。赤の濃い色の所の矢印は水平から少し左下に向いています。この矢印からも北側のブロックの主要な部分は、北東にずれる（右横ずれ）と同時に下方にも下がったことがわかります。すなわち、この地震によっても別府—島原地溝帯の形成が進行したことになります。

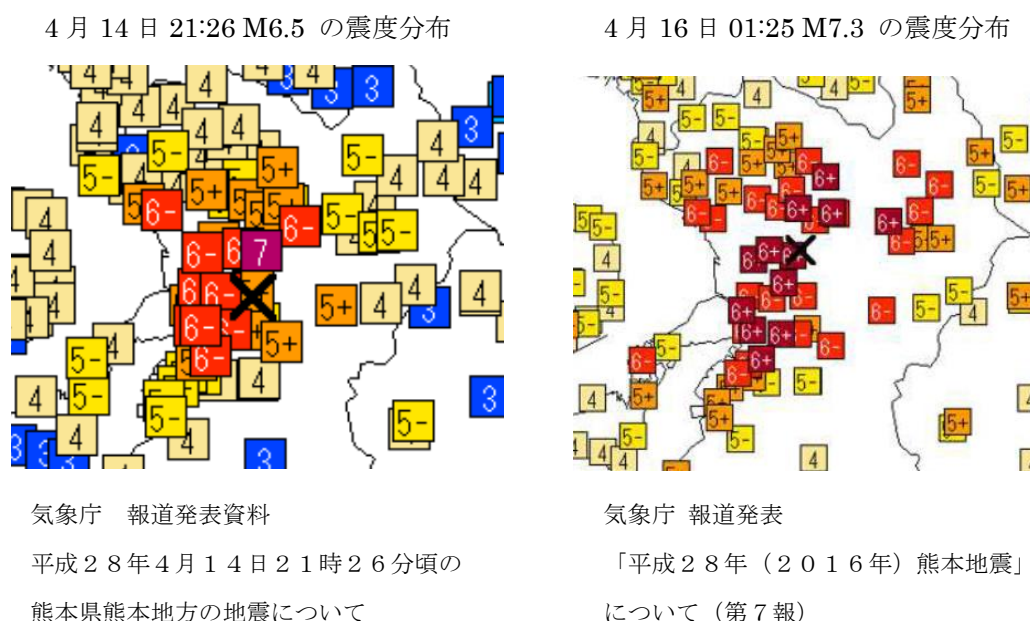
\*右横ずれ：図6で上盤側・下盤側のどちらでも地表に立って断層を見たとき、向こう側（上盤又は下盤）が右にずれていること。

## 8. 震度7について

14日夜の地震発生直後のテレビでは、最初に震度7が報道されました。しばらくしてマグニチュードは6.5と発表されました。地震規模M6.5にしては震度が大きい、という印象を持ちました。震源が浅い場合は、地震規模は小さくても大きな震度になることはあります。しかし後で詳しい震度分布（図8の左）を見ましたら、震度7の周りには震度6弱しかありません。普通なら震度7があれば、その周りは震度6強、その外側に震度6弱が取り巻くはずです。こういう場合、専門家はまず震度計を疑います。地震動で設置してある土台が破壊したのではないかと、局所的な原因を疑うのが普通です。

気象庁はすぐ、震度7を記録した益城町役場の震度計をチェックしました。その結果は、気象庁の報道発表4月15日の第6報にあるとおり、設置状態にも震度計にも異常はありませんでした。震度7は正しく地面の揺れを表していました。ある狭いところだけが飛び離れて大きな震度になることはあります。よく言われるのは地盤の構造です。地形もあるかもしれません。さらに地震の破壊過程が関係している可能性もあります。いずれに

図8 震央付近を拡大した震度分布



してもこういう特異な事象はあまり解明されておらずこれからの課題です。

16日の本震の震度分布を図8の右に載せました。震度7は益城町と西原村の2か所で観測されていましたが、停電のため気象庁にデータが送られず、同図には記されていません。後日現地へ赴きデータを回収して、2か所の震度7が確認されました。震央を示す×印の近くの2か所です。本震の場合は震度7の周りを震度6強、震度6弱の順に広がっています。ということは、M6.5で観測された震度7は、地盤や地形の影響ではないということになります。計測器も異常ないということですから、何か特別な破壊過程を考える必要が出てきそうです。

## 9. 過去の地震

図2を見ますと九州では「別府―島原地溝帯」に沿って、地震が多いことがわかりますが、よく見ますと679年から1596年までの900年間余りは地震のプロットがありません。1596年から現在までの400年余で、これだけの地震がプロットされているのに、その倍以上の期間に地震が無かったとは思えません。おそらく記録がないか見つかっていないだけで、地震はもっとあったのではないのでしょうか。

しばしば注目されるのは1596年のM7.0の地震（通称：慶長豊後地震）です。別府湾の沈降や湯布院の山崩れなど大きな被害があり、日本被害地震総覧ではM7.1/4となっています。地震は9月1日に起こりましたが、その4日後の9月5日には大阪府高槻市あたりを震源とするM7.5の地震（通称：慶長伏見地震）が起こっています。秀吉が居た伏見城が倒壊したので“伏見地震”と呼ばれていますが、有馬―高槻構造線が活動した地震とされています。

このふたつの地震の間に「慶長伊予地震」説が近年浮上してきて、中央構造線～有馬高槻構造線に沿った地震の連動性が言われています。中央構造線の四国東部でのトイレンチ調査から1600年前後に、この付近で地震があったとされていますが、それを示す古文書などは見つかっていません。今のところ確定した地震ではないようです。

慶長豊後地震や伏見地震の9年後の1605年には南海トラフの巨大地震が起きています。巨大地震の19年前には岐阜県でM7.8という内陸地震としては最大級の地震が起きています。戦国時代で文書が残りにくく、震源は決まっていますが、近畿だけでも1579年2月摂津、1556年3月京都、1555年10月近江などの地震が起きており、活動期だったようです。

## 10. 南海トラフ地震や火山噴火の誘発は？

熊本地震が「南海トラフ巨大地震を誘発しないか」とか「阿蘇の火山噴火を誘発しないか」という質問をよく聞きます。南海地震ですが、ある地震が起こって周辺に影響（例えば歪変化）を及ぼす範囲はせいぜい断層の大きさの2、3倍程度です。ですので、熊本地震が南海地震を促進したり、トリガーになることはありません。



むしろ南海地震が近づいていることが内陸地震を起こしやすくしていると考えべきです。フィリピン海プレートが西南日本をグイグイ押し続けていることが大元の原因です。前回の地震から半世紀が過ぎて後半になりますと、内陸部でも地震が起きやすくなります。熊本地震もそのひとつと考えられます。

火山についてですが、M7.3の断層は阿蘇の外輪山の中まで伸びています。阿蘇山のマグマだまりは、中岳の西3kmの直下6kmのところに、直径3~5km程度のものがあるそうですから、断層の北東端はすぐ近くまで迫っていることとなります。マグマだまりのおおよその位置は図5にも示しておきましたが、断層と阿蘇山の位置関係は参考資料の2「地震断層」で詳しく見ることができます。

断層は右ずれですので、マグマだまりには引っ張りの力が働いたこととなります。マグマだまりは減圧されて、中のガスが発砲し、噴火しやすくなります。でも噴火しないのはなぜか？京大火山研究センター（阿蘇）におられた須藤靖明さんに聞きました。阿蘇山のマグマだまりは完全に密閉されていない開放型だそうで、変動があっても減圧・発砲されにくいのだそうです。今回の地震でもガス（噴煙）が抜け出る程度でおさまっているようです。むしろ本震の影響より、すぐそばで起こっている群発地震のほうが心配です。

別府一島原地溝帯にはいくつもの火山があります。群発地震の起きている近くの火山は注意すべきだと思いますので、以下に御嶽山の例を記しておきます。

御嶽山のふもとの王滝村では1978年5月から群発地震が始まりました。翌年9月、有史以来はじめて御嶽山が噴火しました。その5年後の1988年には王滝村でM6.8の地震が発生し、大規模な山体崩壊によって多くの犠牲者が出ました。このような例を見ますと、活発でないと思われる火山でも近傍で群発地震が起きていることは要注意だと思います。御嶽山では2014年9月の水蒸気噴火は記憶に新しいところです。

## 11. おわりに

4月16日にM7.3の地震が起こったため、気象庁は4月14日のM6.5の地震を「前震」と名付けました。このことに対して世間からは批判もあるようです。たしかに「後になってから“14日は前震だった”と言われても・・・」と困惑される人も多いと思います。

用語には物理的に意味のあるものと、単に分類上あるいは識別のために簡単な名称がつけられているものがあります。後者は専門家が簡潔な用語を用いることによって、互いの情報交換を容易にするためで、「前震」「本震」「余震」あるいは「群発地震」「誘発地震」なども後者の類です。いずれも地震活動を分類する名称で、物理的根拠がはっきりしているわけではありません。こういった説明も世間にしていく必要があると思いました。

南海地震が近づいてくると内陸部では地震の活動期になると言います。歴史上の記録が比較的よく残っている近畿では静穏期と活動期が見られます。2011年東北地方太平洋沖地震以降、南海トラフにおいても連動型の巨大地震が想定されるようになりました。そうしますと活動期・静穏期も南海地震だけでなく、南海トラフ全体が関与する関東から九州までを

考える必要があります。昭和や安政地震よりも、連動した慶長地震、宝永地震について再検討する必要がありそうです。

ただ中世から戦国時代の古文書は欠落している場合が多く、公平な評価は難しいと思われます。むしろ 10 節で述べたような「フィリピン海プレートがグイグイ押してきて・・・」といった物理的な理解のほうがいいように思います。

熊本地震は、政府の調査委員会が発生確率を発表していた主要な活断層で起こりました。日本の主要活断層の分布(図9)を見ますと、近畿北部から北アルプスの西側にかけて密集していることがわかります。地震は主要な活断層だけでなく、わかっている隠れた断層(古傷)でも起こります。むしろその方が多いですが、主要な(はっきりわかる)活断層が多いということは、隠れた断層も多いですので、被害地震の発生率も高くなります。活断層がないからと言って油断はできません。



<http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/katsudanso/Chap2.pdf>

「天災は忘れたころにやってくる」などと言いますが、これは平和な静穏期の言葉だったのでしょうか。近年は「震災は忘れる前にやってくる」というのが実感です。活動期の実感かなと思います。

## 1 2 参考 URL

### 1. 地震分布図

九州大学 地震火山観測研究センター 「九州地方の地震活動」 15 分毎に更新

<http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/~hypo/hypomap/>

- ・「SEVO Seismicity Map」をクリック.
- ・最近 24 時間など期間と地域を選択する
- ・地震分布図で, □は自動処理, ○は人手によって決め直した. ☆は最後の(最新の)地震.

### 2. 地震断層

国土地理院 「地理院地図」

<http://maps.gsi.go.jp/#5/32.231390/130.715332/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0l0u0f0>

- ・地理院地図をクリック
- ・熊本地震関係を見る場合は, 先に付近の地図を拡大しておいた方がよい.
- ・画面左上の「情報」→「+情報追加/ベースマップ切替」→「平成 28 年熊本地震」
- ・「震源断層モデル」, 「土砂崩壊地分布図」などを見ることができる.
- ・画面右上の「機能」から「ツール」「計測」を使えば, 距離などを測ることもできる.

### 3. 活断層・活火山

産業技術総合研究所 「活断層データベース起震断層・活動セグメント検索」

[https://gbank.gsj.jp/activefault/cgi-bin/search.cgi?search\\_no=j024&version\\_no=1&search\\_mode=2](https://gbank.gsj.jp/activefault/cgi-bin/search.cgi?search_no=j024&version_no=1&search_mode=2)

### 4. 気象庁「平成 28 年報道発表資料」

<http://www.jma.go.jp/jma/press/index.html?t=1&y=28>

### 5. 地震本部

「平成 28 年 4 月 16 日熊本県熊本地方の地震の評価 (平成 28 年 4 月 17 日公表)」

[http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_kumamoto\\_2.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_2.pdf)