

「2016 年熊本地震」と阿蘇火山

須藤靖明

すどう やすあき

公益法人 阿蘇火山博物館

2016 年 4 月 14 日から発生した地震活動は中部九州の大分-熊本構造線のほぼ全域に拡大した。阿蘇カルデラではカルデラ壁と中央火口丘群の各所で大規模な斜面崩落が生じた。この一連の地震活動は阿蘇火山の火山活動に顕著な影響を与えていないが、今後どうなるか注目される。

地震活動と火山活動との関係については九州でも古くから指摘されてきた¹。1889 年に発生した熊本地震では震源が金峰山近くであったため、金峰山が「破裂」するのではと噂され市民に大きな恐怖を与えた^{2,3}。また、雲仙島原地域では 1922 年の島原地震⁴や 1984 年の群発活動時にも同様な心配が生じた。この 1984 年の群発活動⁵と 1990 年からの噴火活動との関連性も示唆された⁶。1914 年の桜島大噴火活動では、噴火活動が始まってから $M7$ を超える地震が生じ、その後に噴火活動が活発化したように複雑な関係にある^{7,8}。

地震活動と火山活動との連動については、地震→火山、火山→地震、あるいはその両方があり得るが、ここでは地震→火山について述べる。この場合次の 3 つの地震が考えられる。

(1) 火山体からみて遠地地震だが規模の大きい場合。(2) 火山体と距離的に近いがマグマなどとの活動と無関係で断層活動による構造的地震の場合。(3) 火山体近傍でマグマなどの移動もしくは活動による火山性地震の場合。(2) と (3) は火山との距離だけの区分で判断できにくい場合もある。(3) はほとんどの場合火山活動と関連する。問題

は (1) と (2) の場合であろう。

小山⁹は 1960 年代以降の主に日本を含む世界の地震活動と火山活動との連動について整理を行い多数の事例を挙げ、そのメカニズムについても述べ、課題も提示している。

今回の「熊本地震」でも、特に阿蘇地域の住民にとっては 2014 年から 2015 年の噴火活動で火山灰に悩まされたので、もっと大きな火山活動が生じるのではと懸念されている。

「2016 年熊本地震」

「熊本地震」と阿蘇火山の活動を述べる前に、「熊本地震」について整理しておきたい。

熊本県中央部を含む中部九州地域は、従来から①地震活動が非常に活発で、②地震発生のメカニズムは正断層型か横ずれ断層型かその両者を含んだ横ずれ正断層型が発生し、③群発的活動をするという特徴ある地域であった。それは九州の活断層のほとんどが中部九州に集中し、特に阿蘇カルデラの西に多数分布していることによる¹⁰。これらの特徴は今回の「熊本地震」でも共通し、 $M5$ 以上の地震が 4 月 19 日までに 19 回発生し、うち阿蘇地域では 3 回も発生している。

4 月 14 日の 21 時 26 分に日奈久断層の最北端で前震となる $M6.5$ の地震が生じ、その後、布田川断層と日奈久断層の交点付近で 15 日まで相次いで $M5$ 以上の地震が 5 回発生した。

4 月 16 日 1 時 25 分の $M7.3$ の本震となった地震は、同じく布田川断層と日奈久断層の交点付近で発生した。この本震発生三十数秒後に大分県由布岳の南麓の由布院断層でも $M5.7$ の地震が発生し、地震活動は大分-熊本構造線のほぼ全域

で活発化した。布田川断層東部および日奈久断層北部に当たる地域では $M5$ 以上の地震が 1 時 45 分までの 20 分間に 3 回も相次ぎ、さらに布田川断層の北に当たる大津町・菊陽町でも $M5.9$ 、 $M5.4$ の地震が生じた。阿蘇地域では、二重峠断層¹¹の東部に当たる阿蘇・産山地区で 3 時 3 分と 55 分に $M5.9$ と $M5.8$ の地震が相次いで発生した。阿蘇地域の被害の多くは、この 3 時過ぎの地震による。地震活動は再び由布院で 7 時 11 分に $M5.4$ の地震が発生した。

その後、地震活動は布田川断層西部と日奈久断層のそれぞれの中央部までを含んだ地域(宇土・宇城・八代)で活発化し今日まで続いている。

これら地震活動の特徴は、①極めて短時間に中部九州地域の大分-熊本構造線のほぼ全域で活動、②群発的活動、③万年山断層や九重山北西部群発的活動域や二重峠断層西部や日奈久断層南部が活動していないことが挙げられる。

「熊本地震」の背景——2015 年 11 月 14 日薩摩半島西方沖地震の活動経過

2015 年 11 月 14 日 5 時 51 分に薩摩半島西方沖(甕島南西 95 km; 枕崎西 140 km; 宇治諸島西)深さ 17 km を震源とする $M7.1$ のやや規模の大きい右横ずれ断層型の地震が発生し、その後も余震活動が活発で、今回の「熊本地震」の始まりである 4 月 14 日には天草灘まで北上していた。最初の $M7.1$ のあとに、 $M5$ クラスが多発して、1 週間ぐらいで余震分布の長さが本震から北北東へ約 200 km となった。これは今回の「熊本地震」の帯状の分布域約 150 km とよく似ている。その後 4 月 29 日には、南南西-北北東の帯状の震央分布と直交する東へ(九州本土へ)伸びた共役断層も生じて、震源は甕島付近から北東に伸びて、八代海方向に向かった。

地震発生域は、九州の西側海域を台湾北部から沖縄の西海域の東シナ海東部を南南西から北北東へ至る沖縄トラフの北端近くに当たる。沖縄トラフは天草灘の南で東に向きを変え、熊本から阿蘇

を経て別府までの中部九州を横断する大分-熊本構造線につながると考えられている^{12~14}。

「熊本地震」の活動が始まると西方沖の地震活動は一見静穏化した(熊本地震が多発したため、九州のほかの地域の検知能力が減少したとも考えられる)、未だ活動が続いている。西方沖の本震の断層走向は沖縄トラフと同方向の南南西から北北東で、右横ずれ型の地震であった。

この地震は中部九州の大分-熊本構造線の地震活動である布田川・日奈久断層の動きと同じ右横ずれ型である。薩摩半島西方沖の地震が「熊本地震」の先触れとも考えられる。

阿蘇カルデラの地震活動と活断層:二重峠断層

阿蘇カルデラとその周辺域で発生する地震活動域は阿蘇カルデラ北東部からカルデラ西部で活発で、東部から南部では比較的活発でない^{10, 11, 15~17}。

図 1 は 1981 年から 2000 年までの 20 年間、図 2 はそれに続いての 2000 年から 2015 年までの 16 年間の震央分布図である。今回の「熊本地震」の阿蘇カルデラでの震央分布は図 3 に示す。

阿蘇カルデラ西部の二重峠から阿蘇谷を経て、産山村まで震央が帯状に分布しているのがみられる。この帯状の分布が二重峠断層で大津町北東部から産山村までに達する延長約 20 km 余りの断層で、今回の「熊本地震」でも、その東部と中央部が非常に活発に活動した(図 3)が、西部の二重峠付近では今回の地震活動ではほとんど活動していない。

火山活動への影響

「熊本地震」発生以前の阿蘇火山中岳第一火口

2014 年 11 月から始まったストロンボリ式噴火活動は 2015 年 5 月にほぼ静穏化した(図 4)。9 月 14 日には爆発的噴火活動が発生し、連続的な灰噴出活動が 10 月 23 日まで続いた。火山活動の活発時には火山性微動の振幅が増大していたが、10 月 23 日の噴火以降小振幅な状態とな

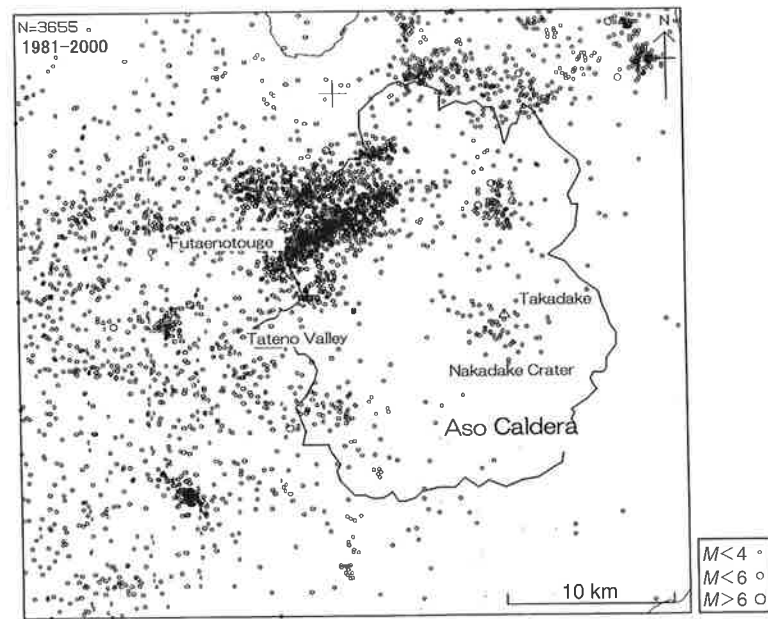


図1—阿蘇カルデラ地域で1981年から2000年までの20年間に発生した地震の震央分布

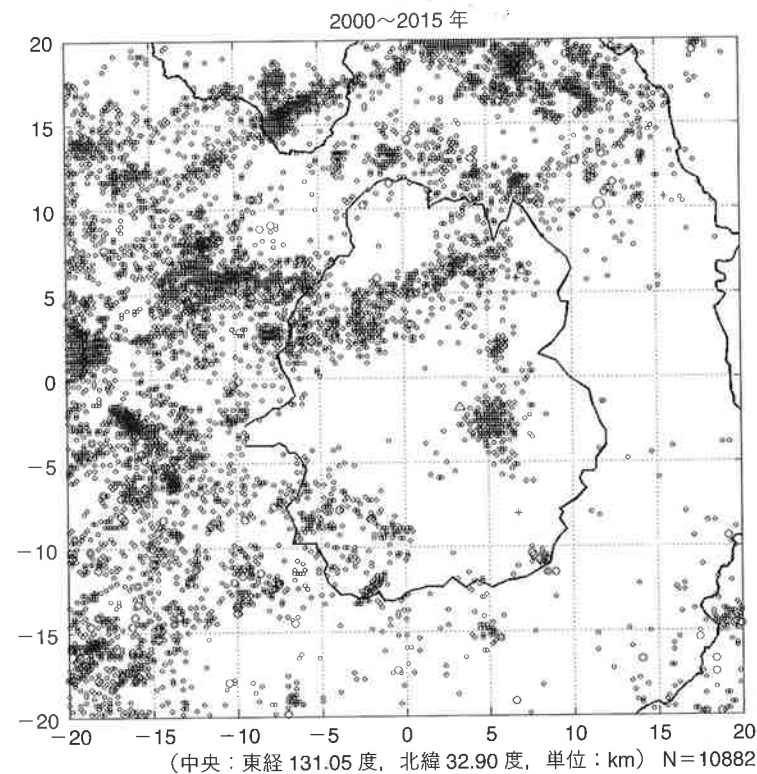


図2—阿蘇カルデラ地域で2000年から2015年までの16年間に発生した地震の震央分布
気象庁一元化データによる。

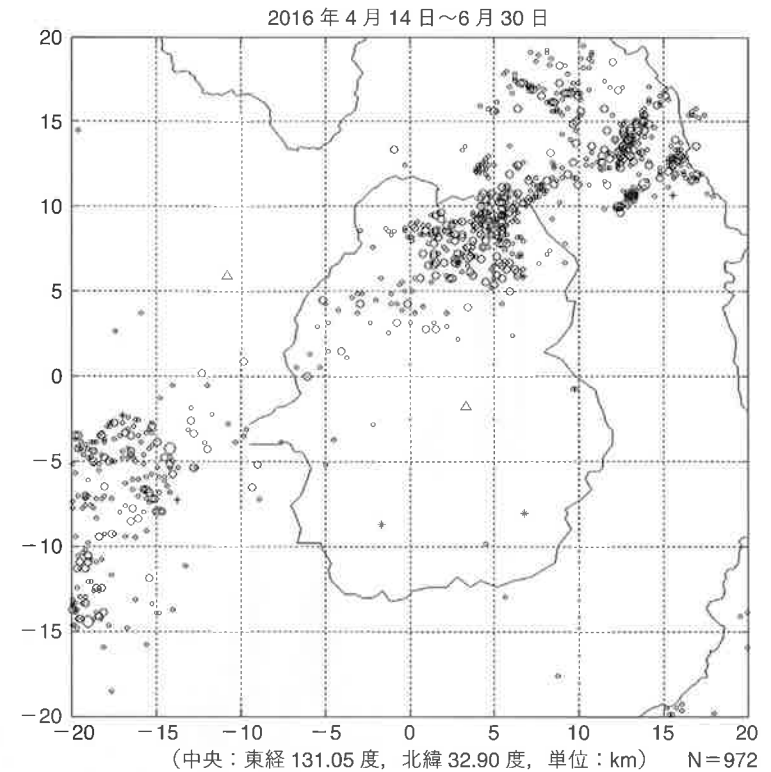


図3—阿蘇カルデラ地域で今回の「熊本地震」で発生した地震の震央分布
2016年4月14日から6月30日まで。気象庁一元化データによる。

った。二酸化硫黄ガスの放出量はストロンボリ式噴火最盛期には日3500トンを超えたが、1000トンから2000トンの状態が続いていた。噴石の放出を伴う小規模な噴火はその後12月、2016年2月、3月にも発生し、その都度、火山性微動の振幅が増大したが、2015年1月から2月の火山活動最盛期の振幅と比べると小さい。

一方、中岳第一火口底部に小規模な湯だまり(火口底部にお湯が溜まる現象)が2015年12月から存在が確認され、土砂噴出(火山ガス放出に伴う火口底湯だまりで土砂噴出現象)が断続的に生じていた。

「熊本地震」発生後の中岳第一火口

「熊本地震」が発生してから多発する地震動のため、火山性微動や火山性地震の把握が困難となった。本震発生後の4月16日8時30分から少量の灰の噴出活動が夕方まで続き、火山性微動振幅が一時的にやや大きくなった。その後、低周波で単振動の孤立した火山性微動が生じ、その後も

消長を繰り返している。ごく少量の灰噴出活動は5月1日にも発生した。16日の灰噴出は、火口壁に堆積していた火山灰が地震による震動で崩落し、火山ガス噴出孔を塞いだためである。したがって、「熊本地震」で火山活動が励起されたとは考えにくい。

阿蘇火山では、火山活動が活発化すると火山性微動の振幅の増大や低周波化が観測されている^{17,18}。しかし、「熊本地震」によって顕著な振幅増大は観測されていない。低周波の火山性微動が時折観測されたが、これを「熊本地震」の影響とみるのは困難である。二酸化硫黄ガスの放出量も「熊本地震」前から日1000トン以上が維持され、特に増大したとは言えない。

「熊本地震」の主な地震で阿蘇カルデラでの計測された3成分合成加速度(防災科研)は、本震では高森観測点(KMM007):451 gal、一の宮(KMM004):403 gal、白水(KMMH06地下111 m):180 galであった。カルデラ床北部阿蘇谷で発生した地震(4月16

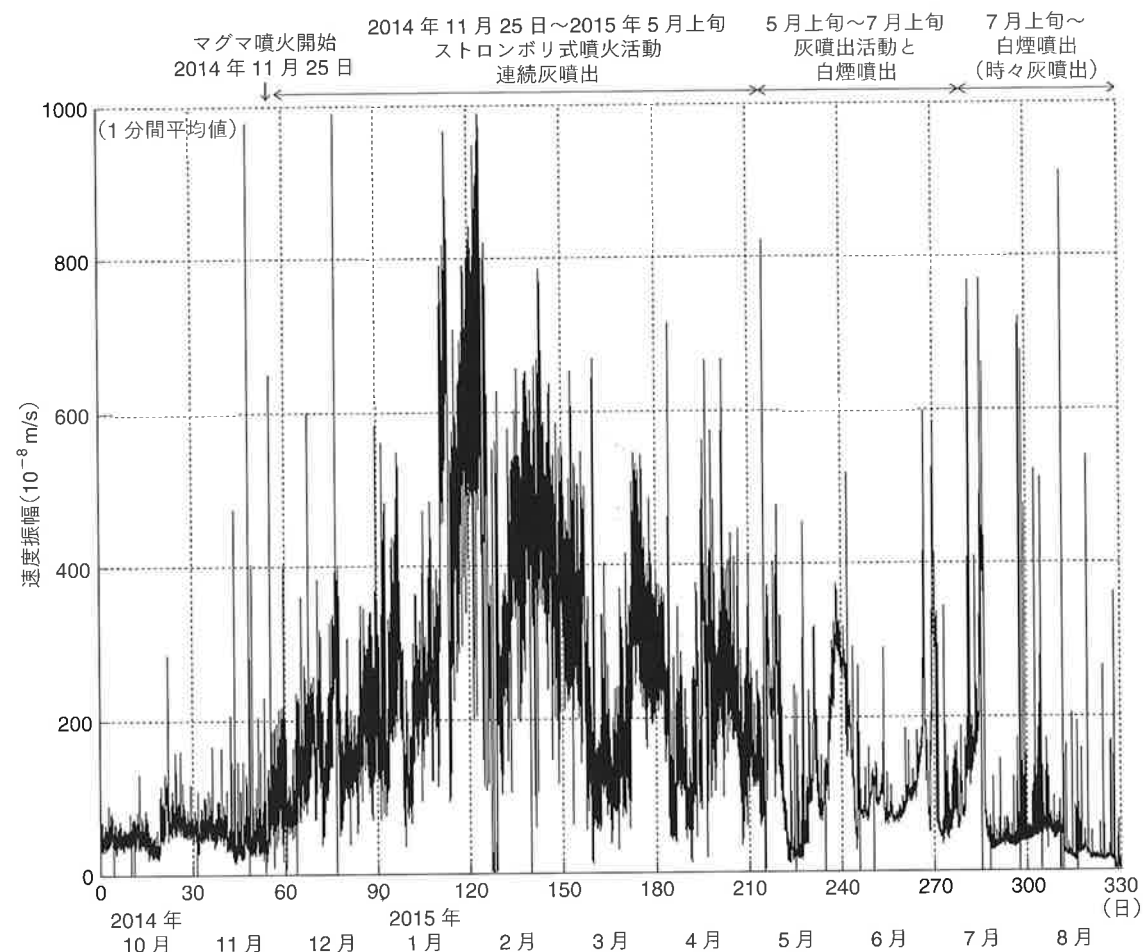


図4—阿蘇火山中岳火口の2014年10月1日から2015年8月26日までの火山性微動振幅変化と火山活動

日3時3分 M 5.9深さ7km)では、一の宮：530 gal，高森：106 gal，白水：30 galであった。阿蘇カルデラ外北東部産山の地震(16日3時55分 M 5.8深さ11 kmと18日20時42分 M 5.8深さ9 km)では、一の宮：366 galと279 gal，高森：325 galと270 gal，白水：56 galと71 galであった。

つまり、これらの地震で阿蘇カルデラでは本震の一の宮403 galよりも、阿蘇谷で生じた M 5.9の地震による一の宮530 galが最大であるが、いずれも地表での観測値である。「熊本地震」発生以降、阿蘇カルデラ内、特に北部カルデラ床の阿蘇谷で大きな地表地盤変動がみられているが、本震と阿蘇谷で生じた地震によるもので、火山活動による地表地盤変動はみられない。

草千里南部地下6 kmに中心をもつ半径2～3

kmのマグマ溜まりに対して^{17, 19, 20}これらの加速度がどのような作用を与えたかは容易に推定できないが、防災科研²¹が試算した結果によれば、マグマ溜まりでは、その表面に南西向きの張力が生じ70 cm移動し、マグマ溜まり上面が30 cm程度沈降し、体積変形量が0.02%程度であったと報告している。

現在までのところ火山活動に顕著な変化を見えていないことから、この程度の変化では火山活動に顕著な影響を与えなかったようである。

阿蘇地域で発生した過去の地震活動と火山活動

1894年・1895年の2回、今回と同程度の地震活動があった。この時の様子については、日清戦

争時で資料が少ないが、須藤・池辺¹¹と須藤²²で述べている。その中で、菊池郡大津町の日吉神社の社記の抜粋²³にこの地震活動時の火山活動について書かれている。

1894年の阿蘇火山中岳は3月に入り火山活動が活発化し、3月6日夜から7月頃まで火口から大小多数の噴石が轟音とともに出ていた。鳴動は山麓でも聞こえるほど大きく、戸障子が揺れ、火口周辺では百雷が落ちたような響きとなっていた。火山灰は多量に噴出し、人家・田畑に降灰が著しく、桑に大きな被害を与えていた。火山活動が既に5カ月以上も続いていた8月8日の夜中に大地震が生じた。余震は頻繁に生じ、揺れている間も火山灰が激しく降り注いでいた。そのため、白川や用水路に火山灰が多量に流れ、川魚が浮いたほどとある。地震発生後も激しい火山活動には変化なく、8月末から翌年3月まで黒い火山灰が雨のように降り、火災とともに鳴動も激しくなっていた。9月4日には降灰が最大となり、傘や眼鏡がなくては外出できなくなったほどであったという。その後も激しい降灰が10月末まで続き、島原までも被害を受けたようである。その丁度1年後の1895年8月27日にも再び大きな地震が生じた。

1895年の地震について、地震発生時の4, 5日前からそれまで小康状態であった火口から鳴動が強くなり、地震のあった当日は一段と強烈となったようである²⁴。

1894年および1895年の阿蘇地震の規模はともに M 6.8程度と推定されている。この規模は1889年7月に熊本市で生じた熊本地震の M 6.3よりも大きく、今回の「熊本地震」の阿蘇カルデラ内外で発生した地震より格段に大きい。

1975年1月にカルデラ北部で生じた阿蘇北部群発地震 M 6.0では、この地震が発生する前まで中岳火口は火山灰や噴石を間欠的に噴出し活発な火山活動をしていたが、地震発生後はその火山活動が衰え、1979年の活動期までには静穏となった^{25, 26}。

1989年の中岳火口の噴火活動最盛期(10月、11

月)には、阿蘇カルデラ西部で地震活動がほとんどなかったが、その前後の1989年8月と12月には同地域で群発性の地震活動が発生している。したがって、阿蘇カルデラ北部および西部地域の地震活動は、阿蘇火山の火山活動との関連で注目する必要がある²⁵。

遠地震による火山活動への影響については、Miyazawa 他²⁷は中岳から1400 kmも離れた台湾1999年Chi-Chi地震 M_w 7.7で孤立型火山性微動と微小火山性地震の発生が励起されたと述べている。Chi-Chi地震のP波到達直後に短周期の火山性微動が30分間以上発生し、表面波が到達すると火山性地震が生じ、長周期火山性微動も発生した。これらの現象は地震波が火口直下の熱水系を刺激したと考えられる。

* *

火山体下部のマグマや熱水系がデリケート(active)な火山活動状態にある場合には、地震波や地盤変動などの外的な要因で火山活動が昂進されることもあるが、今回の「熊本地震」のケースでは、2014年から2015年のマグマ活動を終息した時期であったため、デリケート(active)な火山活動状態となっていないので、地震活動による影響はなかったようである。「熊本地震」以前以後も火山ガスが1000トン以上出ていた中岳火口では、

コラム

マグマ溜まりと断層

大分-熊本構造線が「熊本地震」として今なお活動している。この構造線は阿蘇カルデラをくし刺し、その位置は重力異常から判断できる²⁸。阿蘇火山のマグマ溜まりは、まさにこの構造線の一部となっている^{19, 20}。「熊本地震」の震源の深さとマグマ溜まりの位置はほぼ同じであるが、「熊本地震」で活動した布田川断層は、カルデラ西部の立野までで、マグマ溜まりには及んでいない。カルデラではマグマ溜まりがあるため、地震活動は構造線の北で並行した二重峠断層で生じた。カルデラ形成に寄与した構造線であるが、カルデラ形成後はカルデラ内では北へ移動したようであり、その境界は地震波の屈折からも明らかである^{29, 30}。

「熊本地震」後、大雨で火口が閉塞され、火山ガスの放出が突如生じることもあるが、それは「熊本地震」の影響とは考えにくい。

むしろ、今回の「熊本地震」(中部九州の地震活動および火山活動を含めて)は沖縄トラフと密接な関係にあるのではと考えるので、沖縄トラフの研究はまだまだ少ないことが気がかりである。これは今後の課題でもあり、研究の進展を期待したい。

文献

- 1—谷貞夫: 九州地方及び別府温泉地帯の地震概論。地球物理, **1**(3), 165-196(1937)
- 2—水島寛之: 熊本明治震災日記, 活版社(1889)
- 3—表俊一郎・久保寺章: 都市直下地震—熊本地震から兵庫県南部地震まで—, 古今書院(1998)
- 4—依田和四郎: 島原半島眉山周囲に於ける地磁気異常に就いて。地球物理, **3**(1), 26-87(1939)
- 5—1984 年島原群発地震の活動と被害に関する総合調査。昭和59 年度文部省科学研究費補助金自然災害特別研究報告書(1985)
- 6—太田一也: 1990-1992 年雲仙岳噴火活動。地質学雑誌, **99**(10), 835-854(1993)
- 7—阿部勝征: 桜島地震の震源とマグニチュード。北海道大学地球物理学研究報告, **39**, 57-62(1981)
- 8—林 豊: 大正三年桜島噴火に先立って発生した地震の規模の推定。歴史地震, **19**, 101-107(2003)
- 9—小山真人: 火山で生じる異常現象と近隣地域で起きる大地震の関連性—その事例とメカニズムにかんするレビュー—。地学雑誌, **111**(2), 222-232(2002)
- 10—須藤靖明: 中部九州地域の火山周辺の地震活動とそのテクトニクス。地質学論集, **41**, 19-34(1993)
- 11—須藤靖明・池辺伸一郎: 阿蘇カルデラ内で見いだされた落差1 m の新鮮な活断層と最近の地震活動。京都大学防災研究所年報, 44B-1, 345-352(2001)
- 12—桂忠彦・大島章一・荻野卓司・池田清・永野真男・内田摩利夫・林田政和・小山薫・春日茂: 沖縄トラフ南西部海域の地質・地球物理学的諸性質。水路部研究報告, 21, 3 月, 21-47(1986)
- 13—大島市一・高梨政雄・加藤茂・内田摩利夫・岡崎勇・春日茂・川尻智敏・金子康江・小川正泰・河合晃司・瀬田英憲・加藤幸弘: 沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地球物理学的調査結果。水路部研究報告, 24, 3 月, 19-43(1988)
- 14—古川雅英: 琉球弧と沖縄トラフの発達史—とくに沖縄トラフの形成年代について—。地学雑誌, **100**(4), 552-564(1991)
- 15—須藤靖明: 阿蘇西部外輪山地域の地震活動。火山, **2**, **20**(1), 1-12(1975)
- 16—須藤靖明: 阿蘇カルデラ西部地域の地震活動。火山, **2**, **26**(4), 263-279(1981)
- 17—須藤靖明: 阿蘇に学ぶ。權歌書房(2007)
- 18—坂口弘訓・須藤靖明・沢田順弘・吉川慎: 阿蘇火山中岳における主な爆発活動と火山性微動の関係。火山, **53**(5), 143-149(2008)

- 19—Y. Sudo and L. Kong: Three-dimensional Seismic Velocity Structure beneath Aso Volcano, Kyushu, Japan, Bulletin of Volcanology, **63**, 326-344(2001)
- 20—須藤靖明・筒井智樹・中坊 真・吉川美由紀・吉川 慎・井上寛之: 阿蘇火山の地殻変動とマグマ溜まり—長期間の変動と圧力源の位置—。火山, **51**(5), 291-309(2006)
- 21—第 135 回火山噴火予知連絡会資料(その 3)阿蘇山。44-47。(2016 年 6 月 14 日)
- 22—須藤靖明: 漱石・白秋・清張と阿蘇火山—26 人の文学作品にみる火山活動—。權歌書房(2004)
- 23—荒木源二: 素賀廼舎日記抄。素賀廼舎日記抄刊行会(1968)
- 24—今村明恒: 九州地震帯。震災予防調査会報告第 92 号(1920)
- 25—三浪俊夫・久保寺章: 阿蘇カルデラ北部地震(1975 年)の活動形式—震源移動とその解釈—。地震, **2**, **30**, 73-90(1977)
- 26—久保寺章・宮崎雅徳: 熊本県の地震活動。熊本県地震対策基礎調査報告書。31-93(1981)
- 27—M. Miyazawa, I. Nakanishi, Y. Sudo and T. Ohkura: Dynamic response of frequent tremors at Aso volcano to teleseismic waves from the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., **147**, 173-186(2005)
- 28—M. Komazawa: Gravimetric analysis of Aso Volcano and its interpretation. J. Geodetic Soc. Japan, **41**, 17-45(1995)
- 29—K. Sassa: Anomalous deflection of seismic rays in volcanic districts. Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ., Ser. A, **19**, 65-78(1936)
- 30—和田卓彦・西村敬一: 阿蘇カルデラの地下構造について。火山, **2**, **26**(2), 83-92(1981)

須藤靖明 すどう やすあき

1943 年東京都生まれ、京都大学理学部卒業、京都大学大学院修了。理学博士。同大学助手・講師・助教授を経て、2007 年退職。1965 年の阿蘇火山大爆発が卒業研究となり、以後 40 余年間同大学火山研究所で地震学手法を使って火山研究に携わる。測地審議会委員や火山噴火予知連絡会委員など歴任。草千里直下にマグマ溜まりを見出し、他の火山では見られない湯だまりや火山ガスの常時放出の解明に挑む。著書に『漱石・白秋・清張と阿蘇火山—26 人の文学作品にみる火山活動』2004, 『阿蘇に学ぶ』2007, 『原発と火山』2014 がある。

特集 2016 年熊本地震

避難生活とエコノミークラス症候群・深部静脈血栓症

津田敏秀 つだ としひで

岡山大学環境生命科学研究科

エコノミークラス症候群とは、長時間のフライトなどで同じ姿勢で座り続けた結果、おもに下肢(その多くは左下肢)にできてしまった血栓が移動して肺動脈につまることによって起こる急性疾患である。海外旅行者でなくても一度は耳にしたことがあるだろう。今年 4 月の熊本地震では、車中において避難生活を送っていた人たちの何人もがこのエコノミークラス症候群を発症したと報じられた。飛行機内でなくとも起こりうる疾患なのだということは 2004 年 10 月の中越地震で初めて話題を呼んだが、今回の熊本地震で再び広く知られることとなった*1。

血液循環と静脈血栓

血液は心臓から押し出され、動脈→体内各部の毛細血管→静脈を経て再び心臓に戻り、また動脈(肺動脈)→肺の毛細血管(肺胞という微小な風船を取り巻いている)→肺静脈を経て再々度心臓に戻る*2。

*1—本稿の話題に関しては、英語に抵抗のない読者であれば、本稿でも引用した旅行医学のテキスト¹、アメリカ疾病管理予防センター CDC の Yellow Book²、アメリカ胸部医師会³と、イギリス胸部疾患学会のガイドライン⁴、などが包括的な情報を提供してくれているので、そちらも参照していただきたい。
*2—血液循環は、17 世紀の医師ウィリアム・ハーヴィ(1578～1657 年)により発見された^{5,6}。ハーヴィ以前は、ローマ時代の医師ガレノス(129～200 年頃)による考えが長く信奉されており、血液は心臓から身体各部に行ったきりで帰ってこないと考えられていた。毛細血管の存在さえ知らなかったハーヴィが、血液が循環するということを実証していったプロセスや思考方法は綿密であった。しかし他の科学上の発見、特に医学上の重要な発見と同じように、1628 年の発表後のハーヴィの発見に対する賛同者はきわめて限られており(親友とデカルトが代表

Evacuation, economy-class syndrome, and deep-vein thrombosis

Toshihide TSUDA

毛細血管をはじめとする細い血管は、それなりに丈夫であっても時に詰まったり切れたりしている。皮下出血を意味する青アザはその一例である。手術において少し太い血管を切る場合は、流出した血液が視野を遮り血液流出量も多くなるので、手術糸で結紮する(血管の切れ目を糸で括って血が出ないようにする)。特に動脈は血液が随時心臓からポンプで送り出されていて血が止まりにくいいため、こまめに結紮する。これに対して、細い血管からにじみ出るような血液はガーゼで押さえるのみである。それで自然に出血は止まり、何もしなくても構わない。臓器全体の血管が障害されるならともかく(代表格は糖尿病における腎障害)、臓器などの組織の一部の血管の損傷であれば、体にとって大きな問題にはならないのである*3。しかし血管は全身に張り巡らされているので、血管のなかで起こる病気は、全身に様々な症状を引き起こす。

として紹介されている)、批判者が大多数であった。これらは他書^{8,9}を参照していただきたい。

*3—動脈が詰まったり切れたりするととても困る臓器がある。脳と心臓である。脳内の出血だけでなく、脳外でも髄膜内で出血が起こるとそれ自体が刺激になって脳卒中(stroke: 脳内出血、脳血栓、脳梗塞、くも膜下出血の総称)が起こり、意識を失う。出血や血栓、梗塞では脳から指令を受けている部分(目、手、足など)の機能が多かれ少なかれ失われる。そして脳は腫れ出す(脳浮腫)。頭蓋骨内で脳浮腫が進むと、圧力が脳全体にかかることになり、やがて脳全体の機能を損なうことになる。こうなると呼吸もストップしかねない状況になる。心臓は、人が誕生する前から一生懸命動いていて予備能力が小さいので、細めの血管が詰まるだけでもポンプとしての機能がうまくいなくなる。比較的大きめの血管、それも複数の血管だともうポンプの機能をほとんど果たせなくなり、死ぬ確率が上がる。これが循環器疾患という多くの血管の病気の中で脳卒中と心臓病が死に至る病の代表格として扱われる理由である。