



南阿蘇村にある京都大学火山研究センター（読売新聞／アフロ）



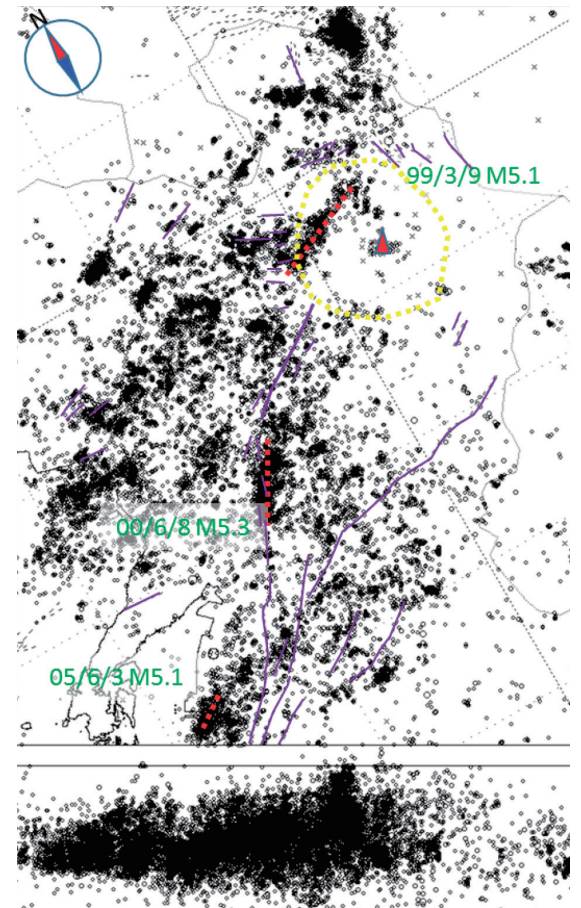
被災した火山研究センターの内部

火山観測センター被災の中、観測の継続に努力

熊本地震における研究者たちの活動

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究

大学間の連携・努力で次に活かせるデータを取る



左：九州大学地震火山観測研究センター島原観測所の観測本部
右：九州大学、2016年熊本地震合同地震観測グループによる観測結果

座 談 会

熊本地震における研究者の苦闘と科学的教訓を振り返る

東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会（以下、予知協議会）では、熊本地震における研究者の活動や研究から得られた教訓の概要を、今回の小冊子にまとめた。小冊子は①冊子作成にあたったメンバーによる座談会、②現場で観測活動にあたった研究者へのインタビュー、③「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」平成28年度成果報告シンポジウムの3章で構成する。

【司会】 この冊子では、熊本地震における研究者の活動にスポットをあて、被災地にいた地震・火山の研究者が地震後にどのような状況に陥り、その中でどのように研究活動を続けたかということとを次ページ以降で詳しく紹介させていただきます。こうした研究者の活動をどのように評価されていますか？

【田村】 観測を続けることに対する使命感の強さに驚かされました。自らが被災しながらも「地域の被災を科学的知見にする」という強い想いで彼らが観測を続けたことは、あまり知られていません。しかも、被災後に、自分の安全確保はもちろんですが、同僚の安否確認も行い、さらに地域で被災された方を支援し、命も助けている。これはなかなかできることではないと思います。

【森田】 彼らの活躍は確かに素晴らしかった。しかし、忘れてはならないのは、その背景に、相談したり、力を貸してくれる全国の仲間がいたということです。全国の大学間の連携があったからこそ、活動を継続することができたと思います。大きな災害では、全国の大学や研究機関が力を合わせるということがとても大切になります。また、観測には多くの経費がかかります。その資金調達を含め、多くの研究者が後方で支援していることを忘れてはいけません。このよ

うに全国の大学を組織化しているのが予知協議会です。

【加藤】 予知協議会としても、地震後、研究者の立場として地域に何か貢献できないかと考え、昨年10月に熊本でシンポジウムを開催しました。このシンポジウムでは、今回の災害の特徴や、過去の地震災害、長期評価、地震動の予測、地殻活動、復旧復興、災害情報など幅の広い情報交換や議論を行い、最新の研究成果を地元社会にお知らせすること

全国の大学連携が観測研究を支えた

で、将来の地震災害の軽減に向けた社会環境を醸成することを目的に掲げました。研究者だけでなく一般市民を含め100人近くの方に集まっていただき、研究に対する関心の高さを知ることができました。

【司会】 熊本地震では、震度7が観測史上初めて連発したことに加え、余震回数が非常に多く、短期間で広範囲にわたって発生したことなどが注目されましたが、科学的な知見から、熊本地震をどのように総括されていますか？

【加藤】 科学的には、長い時間スケールで考えれば、起きて当然の地震が起きたということです。こうしたリスク情報が、正しく地域に伝わっていなかったということです。

【田村】 加藤先生のおっしゃる通り、起こるべくして起きたということなので、それが社会的要因によってさまざまな事象を引き起こしたことで、多くの問題が顕在化しました。

また、今回の熊本地震は、社会科学だけでなく、理学、工学も含め、すべての災害・防災の研究対象となり得る規模の災害だったという特徴があります。つまり、津波災害を除けば、都市部における建物被害や、中山間地における土砂災害など、あらゆる事象が起きているわけです。今後、熊本地震を事例として、さまざまな分野

の研究者が協働で研究できるようにしていくことが災害の被害を軽減させる上でとても重要になると思います。

【司会】 木村先生は、災害リスクの住民の受け止め方などについて、アンケートによる意識調査などを実施されていますが、今回の熊本地震をどう評価されていますか？

【木村】 私が注目するのは地域の災害リスクの伝え方です。熊本の子供たちに聞くと、活断層の存在は小学校で習っていたけど、それが地震を起こすということは知らなかったと言う子供たちがいて衝撃を受けました。自分の生活する地域でどんな災害が想定され、どんな手段を講ずればよいのかという地域の災害リスクが理解されていなかったのです。例えば、小学校の地域学習の



木村 玲欧（兵庫県立大学 環境人間学部 准教授）（専門：防災心理） 左
森田 裕一（東京大学 地震研究所 教授）（専門：火山） 左中
加藤 尚之（東京大学 地震研究所 教授）（専門：地震） 右中
田村 圭子（新潟大学 災害・復興科学研究所 教授）（専門：危機管理） 右

中で、地域の歴史や産業だけでなく、非日常の災害についても積極的に取り上げる必要があるのではないのでしょうか。それが地域の子どもたちが「生きる力」につながると思います。

【司会】 今回の熊本地震を教訓に、今後どのような研究を強化していくべきだとお考えですか？

【加藤】 大きな地震の後の余震や隣接地域でのさらに大きな地震の予測については、さらに研究を進めることが重要だと思います。もちろん、長期的な予測の精度についても課題はありますが限界もあります。一方で、特に今回のような複雑な断層系で地震が起きた時、次にどうなるかということは地震学としてはとても重要なことです。地震が起きる場所によって余震の起き方も異なります。そこはもっと研究していく余地があると思います。

【森田】 火山の視点から言いますと、当初、さかんに地震と噴火との関係が問われていましたが、今回、インタビューに答えていただいた大倉敬宏さん（京都大学火山研究センター教授）のコメントにもあるように、当面のところ、噴火への影響はないだろうということが比較的早くに判断できたことはとても冷静

で良かったと思います。一方で課題も明らかになりました。地震直後の観測は火山活動への影響を知る上でとても重要ですが、震災や噴火発生時に観測網の機能が失われてしまうことがあります。今回の熊本地震では、阿蘇の火山観測データを集約していた京大火山研究センターが被災し、

市民に伝わらなかった災害リスク

機能を失い、仮復旧に多くの時間と労力が必要でした。2014年8月の口永良部の水蒸気噴火では、前兆を捉えていた火口近傍のセンサーが全部壊れ、9ヶ月半後のマグマ噴火の前兆を理想的な形で捉えられませんでした。どんな事態でもデータが取れる観測網が理想ですが、それが難しいので、事前に代替手段を準備しておく必要、噴火した場合には緊急の噴出物の解析調査も重要で、その準備をしておく必要、それらを深刻に教訓として受け止めました。

【田村】 先ほども申し上げたように、やはり、地域の災害特性を理解した上で、さまざまな分野の研究者間の連携を強化し、1つの災害が発生した際、次に何がその地域で起こり得るかということと一緒に考えられる体制を平時から整えておくことが重要ではないでしょうか。

今回の熊本地震が土砂災害まで引き起こしたように、次に何が起き得るのか、災害連鎖の全体像をいち早く予測し対応できるようにしていくことが大切だと思います。

【木村】 私は災害間比較の研究をしていくことが必要だと考えています。同じ内陸型の地震でも、被害や影響という現象からすれ

ば、熊本地震は余震の多さなどから阪神・淡路大震災とは違いますし、余震が多くても地域特性（素因）の違いから新潟県中越地震とは違うわけです。災害それぞれにどんな特徴があって、その原因が何なのかということと比較することで、被害・影響発生要因の解明、災害科学の一般化について、分野間が協力しながら描き出していく必要があると思います。



熊本地震被害の連携調査（阿蘇大橋付近）。左から加藤、大倉敬宏、森田、田村（撮影：木村）（敬称略）

大学間連携で次に活かせるデータを取る

“自分たちが何をすべきかをずっと考えていた”

熊本地震では、多くの研究機関が被災する中、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所の地震研究者らが「2016 年熊本地震合同地震観測グループ」をつくり、緊急地震観測を開始した。長崎県島原市にある九州大学地震火山観測研究センター島原観測所の松本聡氏に、観測を開始するまでの対応とその後直面した課題などを聞いた。

1 泊4日の緊急事態

前震とされる地震が起きた日、僕は東京にいました。翌日、ヨーロッパで開かれる学会に向け出発する予定だったので東京に泊まっていたのです。地震の後、夜10時ぐらいに地震研（東京大学地震研究所）に行き、同研究所の方と朝方までかけて何をするかを決めました。

こういうイベントが起きた時にどう振る舞うかは、大学の中では概ね合意されています。基本は、震源に近い地域の大学が全部面倒を見る。つまり観測活動の準備をする。もし駄目だった時は、地震研が防災研（京都大学防災研究所）が面倒を見るということになっています。研究者は観測をしたい人がたくさんいるので、混乱しないようコントロールしようということで、どのぐらいの観測が必要だという議論を行いました。翌日は予定通り学会が行われるウィーンに向け出発しました。

ウィーンには夕方に着き、時差ぼけでしたが就寝し、夜中にふと目が覚めて熊本で再び地震があったことを知りました。気象庁のホームページを見たら、震源分布が九州を横断して真っ赤になっ



島原観測所のボードで各大学の予定や、地震計を設置した位置を地図上に整理（写真提供：九州大学地震火山観測研究センター）

ているのです。学会発表を諦め、すぐに飛行機を手配し、翌日帰国しました。1泊4日の旅です。

M6.5に続く余震なら、震源域周辺や九州の内陸に40カ所ぐらいの地震計を臨時で置いていたので、Hi-netに比べて倍ぐらいの密度があるし、特に震源域は重点的にやっていたので、精度などやデータの量については大丈夫だと思っていたのですが、まさかのM7.3でした。

17日の昼には成田に着き、そこから飛行機を乗り換え九州に帰りました。九州に到着したのが夕方です。

センターに必要な危機管理体制

結果的に、16日未明に起きたM7.3の地震についても観測に実質的な支障はなかったのですが、今振り返って「やばかった」と思うのは、危機管理の問題です。つまり、スタッフの安全に対しての十分な配慮ができていなかった。幸い、何もありませんでしたが、スタッフが少ない状態だったので、何かトラブルがあったら、とても対応ができなかったと思います。

現地センターは、教員3人、研究員1人、そして技術員が2人います。あとは



震源域に地震前から設置していたオフライン観測点。本震発生前にメンテナンスを行ってデータを取得できている（写真提供：九州大学地震火山観測研究センター）

パートの方と学生です。でも、学生も含めて現地に観測に行った人はみんな本震を体験しているわけです。もちろん、誰がどこに泊まっているかは把握していますが、被災したら連絡がつかないし、何か起こった時に判断・対応できる状態ではなかったと思います。

いずれにせよ、17日の夕方にセンターにたどり着いて、それから3日ぐらい寝られませんでした。まず、現場にいる人を集めて、方針を伝えました。第一に現状の確認と観測点の配置の見直しを指示しました。M6.5が起きた時とM7.3は違いますので、再度仕切り直した形です。

次の時代に役立つデータを取る

地震が起きた瞬間から、現状で自分たちが何をすべきかをずっと考えていました。具体的には、長期的な次の時代にも役立つようなデータを取ることと、今現在のモニタリングに資するようなことをすることです。

我々の観測には、電波を飛ばしてリアルタイムで取るデータと、現地に設置して時々計測するデータの2種類がありますが、リアルタイムのものをどこに置いてモニターすれば一番いいのかを考えていました。簡単に余震の予知ができるわけではないのですが、観測器を置かなければ絶対わからないし、確実に変なことが起きているのであれば傾向が見えるかもしれないと思ったのです。

最終的にモニタリングできたのは断層周辺の10カ所ぐらいでしたが、断層周辺といっても、どこにウエートを置く

かというのがあって、震源が南に伸びることが心配でした。

じっくり考える時間がない

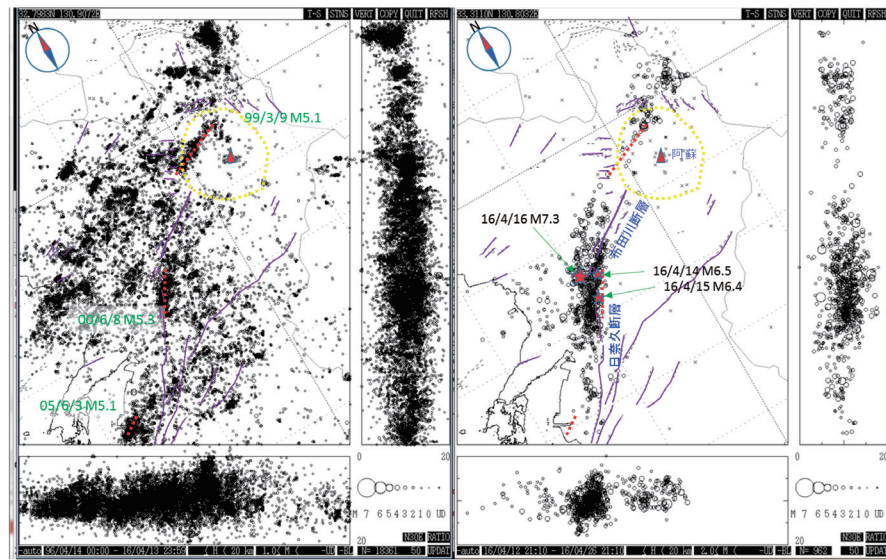
送られてきたデータは、センターで分析しました。ただし、最初の1週間ぐらいは、整理して考えるようなことはできません。しんどかったのは、何で連続的に地震が起こったとか、次にどうすればいいのか、サイエンスとして次に何が起こり得るのかということ、じっくり考える時間がないことです。もちろん、地震調査委員会などでいろいろ議論されるでしょうが、少なくとも僕はそういうアカデミックな議論が全然できない状態で判断しなければいけなかった。例えば、震源分布が次から次へと出てくるのですが、それを、いろいろな視点からスライスをして分析することができれば、どういう滑りがあったとか、どのように余震が広がっていくかを常に見ていくことができ、先々起こることが推測できるかもしれない。でも、データを取ってからビジュアル化するまでのところが完成されているわけではありません。そもそもじっくり見る時間がないわけです。

ただし、21日に、京大、東大、東北大の先生方が来てくれて、22日に観測会議というのをやることができ、頭の中が整理できました。

今回の一連の地震がなぜ起きたのかというのは、これから解明していくことになるのでしょけれど、ダイナミックリガーという、本震の地震の波で違う地域に大きい地震が起きってしまうというのは、なかなか目の当たりにすることはなく、びっくりしたことを覚えています。

マスコミ対策が必要

地震後に一番大変だったのが電話対



2016年4月14日M6.5前20年間の活動と発生後4月26日までの地震活動。震源分布の平面図と鉛直断面図を示す。図中の△、赤線、紫線は火山、20年以内のM5以上の震源、活断層を示す。黄色線は阿蘇カルデラのおおむねの位置。発生前、後の震源は九州大学、2016年熊本地震合同地震観測グループによる。

応です。本当に多くの電話がかかってきました。ほとんどがマスコミです。マスコミ対応については、相手に察しにくい電話番号を用意して東京で対応するとか、何か方法を考えておく必要があると思います。

もう1つ、反省点としては、情報のパイプ役を置いていなかったことです。連絡を取りたい先生からメールは時々来るけれども、その情報を関係者で共有するということ、あまり上手にできませんでした。それから、こちらは現場の対応で精一杯なので、こちらの状況を理解してくれて、私の状況の説明の仕方などについて、「それではわからないでしょう」と客観的に指摘してくれる人、整理してくれる人が必要だと思いました。

既定の分析が役に立たない

今回、改めて勉強になったのは、何回も大きな地震が発生すると、既定の分析が役に立たないということです。刻一刻と変化する状況に対応して分析を進めると同時に的確な情報を発信していくことは、とても難しいことですが、大事であるということが認識できました。設置した観測点はリアルタイムで10点ですが、オフラインも入れたら全部およそ80点にのぼりました。すべて維持するには経費が掛かりますので、余震

活動の状況から判断して、12月ぐらいにはオフラインの点の多くは撤収しました。

支援側との約束事

支援を送り込む側との約束や体制についても考えておく必要があります。今回は多くの機関の助けによって観測ができたけれども、観測だけでなく、いつまでにどんな人を送るか、何をしてもらうか約束をちゃんとしていないといけないと思います。研究者以外の事務の人を電話番に送ってもらうことなども考えた方がいいかもしれません。宿を取ったり、電話を受けたり、リストを作ってくれたり。例えば、電話がかかってきたマスコミのリストをつくってくれるだけでもありがたい。特に記録係や写真係は絶対必要です。現場研究者では手が回りません。ですから、そういう約束、あるいは応援協定を大学間でしておいた方がいいと思うのです。



松本 聡氏
九州大学大学院
理学研究院附属
地震火山観測研究センター
島原観測所 准教授

研究センター被災の中、観測を継続

“ 火山への影響をすぐに調べる必要があった ”

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター教授の大倉敬宏氏は、4月16日未明のいわゆる本震とされる揺れを阿蘇山の麓にある火山研究センターの中で経験した。天井や壁が崩落し、さらに研究センターの周辺で多数の土砂滑りが発生。アクセス道や通信インフラが途絶える中、被災した地域住民を支援しながらも、現地で観測活動にあたった。大倉氏に、当時の状況や観測活動継続に向けた取り組みを聞いた。

吹っ飛ばされるような強い揺れ

14日午後9時半頃の前震と呼ばれる揺れが起きた時は、阿蘇山の麓にある火山研究センターで、霧島の観測データの整理をやっていました。緊急地震速報は鳴らず、突然、大きな揺れを感じました。ただ、研究センターがあった地域は震度5弱の揺れで、机の上の物が少し落ちたり本棚の本が数冊落ちる程度で大した被害は出ておらず、電話も電気も普通に使えました。揺れが収まってから九州大学に電話をして、余震観測をするのかすぐに話し合いました。これまでも九大と共同で地震観測をしていましたし、より詳細なデータを取るために、観測点の1つをオフライン観測からリアルタイムに切り替えられないかと考えていました。

一旦家に帰りましたが、すぐに研究センターに戻り、結局その日はそこに泊まりました。



(写真1：被災した研究センター 大倉氏撮影)

翌日も、もう1泊研究センターに泊まることにしました。朝からリアルタイムの観測点のメンテ作業や御嶽山での水準測量の準備をしようと思ったからです。センターにいたのは私だけで、4階に1人で寝ていていたのですが、ちょうど眠りについた頃、本震が起き、ドカーンと吹っ飛ばされたという感じで目が覚めました。

ひどい光景に絶句

寝ていた部屋は、普段、学生を泊められるよう本棚などを置かないようにしていたので、幸い大きなものが倒れてくるような被害もなく、ケガもしませんでした。枕元に置いていた懐中電灯と携帯電話を持って1階に下りようとしたのですが、非常用発電機がすぐに動いたようで、電気はついていました。ただし、非常ベルがずっと鳴り響いていて、どこかで火事が起こっていたら嫌だなと思いながらゆっくり下りていきました。ひどい物の散らかりようで、2階にはコンクリートの破片まで落ちていたので「うわー」と思って1階まで行ったら、さらにひどい光景で絶句しました(写真1)。天井を通っていた水道管が破裂して水浸しで、床も変形していました。とりえず外に出ようと思ったら、正面のドアが開かない。建物が倒壊するかもしれないという不安もありましたし、すぐに裏口から外へ出ました。

コーヒーを飲んで冷静に

外にはガレージがあって、そこでは電源も使えるので、電気をつけて一息ついて、まず家に電話して無事だということ

を伝え、九大にも電話をしました。「震源断層が日奈久から布田川断層までいったかな」というような話をしていたかと思っています。

幸い、非常用のアルファ米とか、水などが配給されていましたし、電気ポットがすぐ取り出せたので、ガレージでお湯を沸かしてコーヒーを飲んで「ああ、これでちょっと冷静になれる」と思ったのを覚えています。

所員の状況については、助教の横尾亮彦さんが大津町に住んでいたので、電話をして「そっちを中心にしてくれ」と依頼し、結果、朝方の4時までに全員の無事が確認できました。

建物の明かりに人が集まる

そんな中で、2時50分頃には、近所の方とお会いしました。もしものために、棟の電気とか廊下の電気を全部つけていたのですが、その明かりを見て、下の住民の方が上がってきたのです。65歳ぐらいの方でした。自宅が倒壊して挟まれ動けなかったが、余震で隙間ができたので脱出し、建物の明かりを見て、斜面をそのまま上がって来たというのです。後から知ったことですが、センターの周辺で地滑りが多数発生していて、アクセス道は完全に閉ざされていました。その時点で、携帯メールや電話で、阿蘇大橋が落ちたという情報も入っていました。

その方は、犬を連れて上がってきたのですが、もう1匹の飼い犬は死んでしまっていて、さらに「90歳のお母さんがまだ家の中に閉じ込められたままだ」とおっしゃったので、すぐに横尾さんに救急要請をしてくれと連絡をしました。その方

には、落ち着いてくださいということで毛布をあげたり、ガレージで暖まってもらい、犬にも餌をあげたりしました。その後も、別の2人の方に出会いました。家が地滑りにより65m流されてしまったものの幸いつぶれなかった(写真2)のですが、ご主人が持病を持っておられるということで、再び横尾さんに救急要請の追加のお願いで連絡をしました。

倒壊家屋から人を救出

明るくなってから、最初にお会いした方の家まで行くことができたのですが、その方が「もう母のことはあきらめる」とおっしゃって、これが最後と倒壊した家に向かって声をかけたら、反応があったんです。倒壊した家の中に足が見えて、なんとか2人で引っ張り出すことができました。その後、お母さんはヘリで救出されました。

そのうち、救急隊員の方も来られて「もうここ(研究センター)は危ないから下りてくれ」と言われ、15時過ぎには山を下りました。その日は南阿蘇村で避難所になっていた長陽体育館に泊まりました。避難所の中は大変なことになっていました。特に大変だと思ったのが、ペットを飼っている人です。ペット同士で喧嘩をすることもあるし、避難所にペットを入れるわけにはいかない。そのため屋外や廊下でペットと一緒に寝ている人もいました。

観測の再開に向け再びセンターへ

この地震が火山活動にどう影響を及ぼすかを一刻も早く調べる必要があったため、横尾さんに連絡をして、翌日、再度、研究センターに集まることを決めました。

16日の昼の時点で、研究センターでは阿蘇山の観測データが受けられないことがわかっていたので、大分県別府の地球熱学研究施設なら受けられるはずだと



(写真2：地滑りにより家や道が65mも流された 大倉氏撮影)

思って連絡を取りました。別府でも震度6弱を観測したということを全く知らなかったのですが、建物は大丈夫で電気も電話も使えるということで、データを受ける準備をしてもらうとともに、メールサーバの切り替えを別府の技術専門員の馬渡秀夫さんに頼みました。

17日の朝には、すぐに研究センターに戻り、助教の宇津木充さんと横尾さんと合流し、前日にできなかった観測点のメンテを行いました。その後、大津の自宅のマンションに戻りました。断水はしていましたが、電気は使えていました。余談ですが、財布が自室に閉じ込められ、取り出すことができませんでしたが、近くのコンビニで携帯電話の電子マネーが使えたので助かりました。ただし、翌日阿蘇に戻ったら、通信網がやられていて、電子マネーは使えませんでした。

地震による噴火への影響

阿蘇山は、16日に小規模噴火をしていますが、私が見た限り有色の噴煙を出している程度で、おそらく気象庁の定義では噴火とせざるを得ない規模の小さい現象だということがわかりました。熊本地震前の3月ぐらいから噴気の活動は活発になってきていたので、地震による噴火ではないと考えられます。

19日には山に登り、観測点や火口の様子を確認し、計画していた阿蘇から別府にデータを転送する作業を行いました。停電していたのでいくつかの観測点

は駄目でしたが、一番火口に近い観測点はバッテリーとソーラーパネルでの運用だったので、地震後もずっと動いていて、設定を変更して別府にデータを送り出すようにしました。

タスクフォースによる調査活動へ

火山研が被災してしまったため、20日には代替の研究施設として事務所を借り、21日から即入居をしました。机を借りてきたり、ブルーシートを敷いたり、ネット回線をひいたり、少しずつ住環境を整えていったのですが、作業を行うには狭すぎ、同年7月から別のスペースも借りました。その後も活動を広げるに伴い事務所が手狭になり、8月からは阿蘇市の坂梨小学校(その年の3月に廃校になったばかり)の校舎を1棟丸ごと借りています。現在では京都大学防災研究所の先生方、研究センターの教員、さらに京大理学部先生方や事務部の方も入ってタスクフォースをつくり、研究センターの地盤調査などを進めています。



大倉敬宏氏

京都大学大学院
理学研究科附属
地球熱学研究施設
火山研究センター教授

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」

2017 年 3 月 6 日・7 日、東京大学武田先端知ビル内・武田ホールで「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」の平成 28 年度成果報告シンポジウムが開催された。熊本地震に関しては 7 人の研究者が演台に立ち、それぞれの研究成果を発表。複雑な断層にどのような力が作用したのか、火山活動への影響はあったのか、地滑りはどのように発生したのか…、発表内容の一部を紹介する。

稠密観測からみた熊本地震 複雑な応力場が誘発

稠密な地震観測から得られた過去 30 年間の九州地域の微小地震活動を見ると、熊本地震の震源は、非常に地震活動が活発であるということがわかる。例えば、2005 年に発生した福岡県西方沖地震は、それまで地震活動がなかったところで突然起きていて、こうした地震と比較すると熊本地震は大きな違いがある。

調査の結果、日奈久断層の北側では、水平方向の最大圧縮と、鉛直方向の圧縮に近い値をとるということがわかっている。複雑な形状の断層面で地震が発生したというのは、複雑な応力場が誘発したのではないかと考えられる。つまり、横ずれも起こるし、正断層も起こりやすい場であったということである。さらに、M6.5 の地震が起こってからは、鉛直断層の深さ 10-15km ぐらいのところでぼつぼつと地震が起こり始めて、布田川断層の方向に拡大し、そして M7.3 の本震が起きたことがはじめてわかった。

内陸地震というのは、その発生メカニズムがまだ十分解明されておらず、災害軽減に資することがなかなか難しい。まずできるのは、地震発生空間的なポテンシャルを求めていくということだが、ポテンシャル評価へのアプローチとして、比抵抗と地震活動の因果関係や多様な地殻の変形について今後研究を進める必要がある。

もう 1 つ、応力場と滑りの関係を究明していくことも活断層評価の高度化を目指す上で重要である。断層形状とその背景の応力場の関係を解き明かしていくことが熊本地震で我々に投げられた課題である。

九州大学理学研究院 附属地震
火山観測研究センター
准教授

松本 聡氏



地殻変動の観測 断層帯を境界にして変動に大きな差

熊本地震では非常に大きな地殻変動が観測された。国土地理院の GNSS 連続観測システム (GEONET: GNSS Earth Observation Network System) により、最も大きく動いた長陽観測点では、1m ほどの南西への変位、20cm ほどの隆起が観測されている。また、熊本地震に関しては、何とんでもない 2 号の干渉 SAR で面的に非常に詳細に地殻変動を明らかにすることができたということが成果として挙げられる。一方、干渉 SAR にも弱点があり、捉えられる変動が衛星と地表との間の距離の変化、1 次元成分に限られるということと、断層近傍のようにあまりに変位量の勾配が大きいところでは変動を把握できないという点がある。

これに対し、ピクセルオフセット法という解析方法がある。これは 2 つの画像を比べて画素のずれを計るというもので、2 次元で変動を捉えることができる技術である。こうした観測技術によって、布田川断層帯や日奈久断層帯に沿って、あるいは断層帯を境界にして変動に大きな差があったことや、布田川断層帯の北側で 2.5m もの沈降があったということなどもわかってきた。

また熊本地震では、震源断層による地殻変動以外の変動も多数見られた。震源断層から離れた阿蘇カルデラ北西部の多数の断層変位と既知の活断層の位置を比べてみると、それぞれよく一致しているが、既知の活断層では必ず変位が生じている。すなわち過去に同様の変位が生じてそれが蓄積したとも考えられ、変動地形として知られているものでも、受動的に動くものがあるのではないかとということが推察される。

国土地理院地殻変動研究室
研究室長

矢来博司氏



産総研の取り組み 現地での緊急調査と情報発信

産業技術総合研究所 (産総研) では、地震発生直後から現地に緊急調査隊を派遣し、地表地震断層の出現箇所とその性状を調べるとともに、調査結果やその他の熊本地震に関連する情報をホームページ上で発信してきた。さらに、「熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」の一環として、今年度は日奈久断層帯の活動履歴調査を実施した。

緊急調査では、M 7.3 の地震が発生した 4 月 16 日から現地調査を開始した。地表地震断層が出ている場所を複数のグループで追跡し、約 3 週間をかけた集中的な調査でほぼ全域において地表地震断層の分布、変位量の計測、変位の特性を調査した。

ホームページでの情報発信については、活断層調査の結果だけでなく、地質や地下水に関する情報や、一連の地震の延長線上にある中央構造線について解説する特設ページも設けた。

今回の地震は、布田川断層帯の布田川区間と日奈久断層帯の北部が動いているが、現在行っている古地震調査では、日奈久断層帯の各区分 (高野-白旗区分、日奈久区分、八代海区分) が近い将来に動きやすい状況にあるのかどうかを地質学的手法で確認したいと考えている。

今年度は、甲佐町の山出地区と宇城市の南部田地区で古地震トレンチ掘削調査を実施した。これまでの調査成果に基づく日奈久断層帯の長期評価では、平均活動間隔や最新活動時期に非常に幅があり、今後断層が活動して大地震が発生する確率が評価しにくい課題があった。そのため、産総研としては、今回のトレンチ調査の結果に基づきさらに細かな解析を進めていくとともに、報道対応やアウトリーチ活動を通じて市民の地震防災にも活かしていきたいと考えている。

産業技術総合研究所
活断層・火山研究部門
主任研究員

吾妻 崇氏



阿蘇火山におよぼした影響 マグマだまりの膨張を注視

阿蘇山では 4 月 16 日の本震後に小規模な噴火が発生した。これは、従来の白色噴煙に若干の固形物が混じっている程度のものであり、地震直後の火山活動への影響は大きくなかった。その後、火山活動活発化の指標となる火山性微動をモニターしていた。2014 年 11 月に発生したマグマ噴火の前には非常に活発な長周期微動 (地震) 活動があり、2015 年 9 月と 10 月の水蒸気噴火の直前にも長周期微動が活発化していたからである。このような長周期微動活発化も本震後の 1 カ月間には見られず、火口直下の火道内の状態が熊本地震により大きく変化した様子は捉えられていなかった。

一方、本震の断層運動により阿蘇のマグマだまりが若干膨張し、その上部からのマグマ上昇を容易にしたという研究結果も発表されている。しかし、我々はこれまでの観測から、マグマだまり上部からのマグマ上昇ではなく、地殻深部からのマグマのインプットが噴火をコントロールしているということをつかんでいたので、マグマだまりの膨張を示す地殻変動を注視していくことにした。

マグマだまりの膨張による地殻変動と地震の余効変動との区別が困難であったが、7 月の中旬から観測されていた火口方向下がりの傾斜変化を、9 月末の時点で噴火の前兆現象として認識し気象庁とも情報共有していた。その後 10 月 8 日に噴火が起きたが、直前の地殻変動の評価などが当時はうまくできず、噴火規模の事前推定はできなかった。これについては今後の検討課題になる。2016 年 10 月噴火に熊本地震の影響があったかどうかを判断するのは難しいが、この噴火規模は過去 40 年間に発生したものと同程度であり、特別大きいものではない。

京都大学大学院
理学研究科附属
地球熱学研究施設
火山研究センター教授

大倉敬宏氏



斜面崩壊の特徴 今後の地震災害軽減に向けて

熊本地震による斜面崩壊の大部分は、4月16日の本震で発生した。斜面崩壊はいくつかのタイプに分類される。代表的なものは、カルデラ壁頂部付近からの崩壊、溶岩等の急勾配谷壁の崩壊、降下火砕物の流動的な地滑りである。特に、降下火砕物の流動的な地滑りは、緩傾斜斜面で発生した非常に特徴的なものであった。

このうち、カルデラ壁頂部付近の崩壊では、阿蘇大橋西側の斜面が大きく崩れたが、これは主に輝石安山岩からなる斜面で、発生前後の詳細地形データから、事前に重力によって変形していたところが崩れたということがわかった。今後、わずかな変形を鍵としてこのような大規模な崩壊危険箇所の特定が可能であろうと考えている。溶岩などの急勾配谷壁の小規模な崩壊は、震度5強以上の地震では起こり得る。

降下火砕物の流動的な地滑りについては、軽石に起因して粘土化が進んだ層に滑り面が形成されたものと、粘土化した黒土に滑り面が形成されたものとがあった。前者のような事例は従来でも多数発生しており、滑り面形成層の特定が可能になりつつあるが、黒土に滑り面が形成された事例は今まで知られていない。今後どういった地層が滑り面になるのかさらなる研究が必要だ。滑り面の形成された軽石については、せん断変位に伴って間隙水圧が上昇してせん断抵抗が急激に減少するという特徴が見られ、また、地震の終了後もこの現象が継続して、非常に緩い斜面が滑ったということがわかった。降下火砕物の似たような崩壊は今までも起こっており、熊本地震の経験も踏まえて、全国的に滑り面の形成され得る層の特定と、そのカタログづくりが必要だと考えている。

京都大学防災研究所教授
千木良雅弘氏



先行現象の可能性のある地震活動 3つのフェーズからb値・p値を解析

熊本地震の先行現象の可能性のある地震活動に関する調査を総括して報告する。本調査では、マグニチュードM6.5の地震以前の地震活動、M6.5の地震からM7.3の地震までの地震活動、そしてM7.3の地震以降の地震活動の3つのフェーズに区切って解析した。

第1フェーズでは、グーテンベルグ・リヒター則のb値（地震のMとその発生回数の常用対数が形成する直線の勾配の絶対値）について注目した。室内実験から、岩石にかかる力（差応力）が大きくなり最終的な岩石破壊に近づくにつれて、b値は減少することがしばしば報告されているが、M6.5の地震以前について、日奈久断層、布田川断層の交わった辺りのb値が、他の地域に比べて小さかったことがわかった。実際そこは、M6.5の地震以降の地震活動が活発であり、またM7.3の地震の破壊が開始した地点でもあった。

第2フェーズについてみると、M6.5の地震が日奈久断層で発生したことで、M7.3の地震が起きた布田川断層に滑りが促進する方向へ力がかかったことがわかった。さらに、M6.5の地震以降の地震活動は、M7.3の地震の震源に向かって徐々に移動したこともわかった。また、b値と大森-宇津公式のp値（余震の発生回数が時間とともに冪乗で減少する時の冪指数）の時空間の変化を調べると、布田川断層にかかる力が有意に変化したことがわかった。

第3フェーズでは、M7.3の地震付近で活動が活発だった一方、M7.3の地震により生じた地震波により広域で地震が誘発され、日本全国、遠いところでは北海道でも誘発地震を確認した。幾つかの火山地域では顕著で、火山直下のマグマ流体が地震波で揺さぶられたことを示唆している。

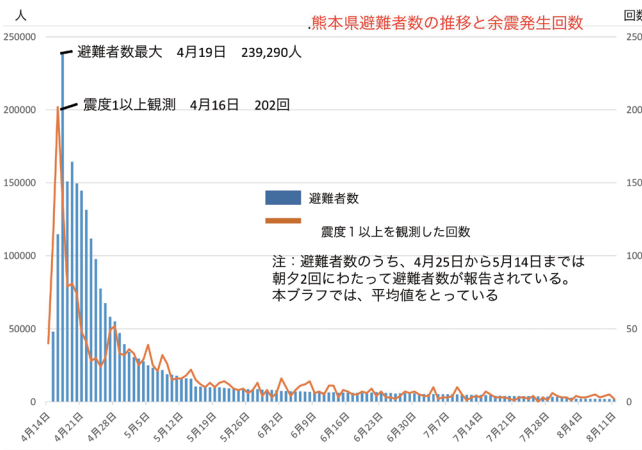
静岡県立大学
グローバル地域センター
地震予知部門
特任准教授
楠城一嘉氏



被災者の生活に与えた影響と対策 余震と避難行動、建物被害と生活再建の関係

余震が起こるたびに避難者の数が増えていくことは過去の被災地でも知られていたことだが、今回の熊本地震はどうだったのか。阪神・淡路大震災では、あまり余震が発生しなかったためか自宅での避難が6割弱で、避難所に行った方は3割弱だった。一方、中越地震は、非常に余震が多くて、市民の8割が避難したと言われている。自宅にいたのは10%で、避難所に行きたくても避難所自体が手狭で、車中や車庫、駐車場での避難が増えた。

熊本地震については、現時点での調査結果から言えることは、一旦は自宅で避難していたが、2回目の大きな地震が起きたので、車中などでの避難行動が続いたということ。こうした調査の積み上げにより、今後地震が起きたら、一体どのぐ



感想

熊本地震の研究成果発表について、参加者からの感想を聞いた。

●発表者として登壇もした産業技術総合研究所活断層・火山研究部門の吾妻崇氏は、新潟大学の田村教授の発表について、「余震数と避難者数については季節といったほかの要因もあるのではないかとさらなる因果関係の調査を期待したい」と語った。また、調査手法についても、「人数をかけた調査をするのはいいことで、紙でなくタブレットで行うなど、もっと効率化することも可能だ。アプリの導入も含めたデジタル化を推進する余地があるのではないか」とコメントした。

らいの方が避難所や車の中で過ごすのかシミュレーションが可能になる。

もう1つ、建物被害調査と生活再建の関係についても調査をしているが、被害認定結果に基づく支援というのが現状の支援制度の根幹になっている。今回は2ケタを超える自治体が行われていることもあり、防災科研をヘッドにして、新潟大、静岡大、官、民間企業にも入ってもらい、15の自治体に対して私どもが推奨する標準的な調査手法を採用してもらうことで、比較的迅速に災照明の発行ができた。マスコミから「遅い」という指摘も受けたが、少なくとも過去の被災地に比べて遅いという事実はない。また、当時は、被害が甚大な方たちよりも、生活に困っている方が避難所に滞留しているのではないと言われていたが、やはり被害程度が重い方が多いこともわかった。結局は仮住まい、再建のめどが立たなければ避難所からはいつまでも移動してもらえないということだ。

新潟大学危機管理室教授
田村圭子氏



●名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター教授の山岡耕春氏は「地殻変動を捉える技術の著しい進歩が印象に残った。人工衛星だいち2号の合成開口レーダによって、断層の動きだけで地震に伴う様々な地変が可視化できるようになってきて、地震の際に地下で何が起きたかを知る重要な手がかりが得られるようになった」と評価した。

●産業技術総合研究所地質調査総合センター活断層・火山研究部門地震地下水研究グループ長の松本則夫氏は「理学的・工学的に新しいこと、様々なことを研究していると感じた。現象の正確な把握と分析に今後も期待したい」と語った。

全国地震動予測地図 2014 年版

■熊本地震の発生確率は高まっていた

地震調査推進本部が2013年に発表した「九州地域の活断層の地域評価」によると、九州中部でM6.8以上の地震が30年以内に起きる確率は「18～27%」、九州全体では「30～42%」と算出されており、地震学的には高い確率と認識されていた。全国地震予測地図2014年版でも、熊本では震度6弱以上の強い揺れに見舞われる確率が他の地域に比べ高くなっていた。

■地元の認識は必ずしも高まっていたはいなかった

2016年4月の熊本地震の発生は、被災者や被災自治体の多くにとって、大きな驚きであった。「熊本には大きな地震は起こらないと思っていた」…、そんな声も多く聞かれた。



J-SHIS 地震ハザードステーション 2014 年版

今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図より

発行年月：平成29年5月 初版発行

発行者：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/index.html>

編集協力：(株)新建新聞社