

2020年7月豪雨災害による熊本県南部の深層崩壊について

Deep-seated Landslides Induced by the Heavy Rain Event of July 2020 in South Kumamoto

山崎 新太郎

Shintaro YAMASAKI

Synopsis

This report shows the characteristics of deep-seated landslides induced by the heavy rain event of July 2020 in south Kumamoto, from geological and geomorphological viewpoints. The author investigated on-site and analyzed pre-topography of 5 landslide areas with high resolution 1 m-digital elevation models (DEM) acquired by airborne LiDAR technology. Faults and fracture zones in the slope of accretionary prism area, penetrating water focusing in the slope of cap rock structure of volcanic rock area, and stream erosion or road construction at the lower sides of slope with gravitational deformation provided formative condition of deep-seated landslides. The high resolution 1 m-DEM topographic maps showed some pre-deformation of unstable slopes.

キーワード: 熊本県南部豪雨, 斜面災害, 深層崩壊, 付加体, キャップロック構造

Keywords: The July 2020 south Kumamoto heavy rain event, Slope disaster, Deep-seated landslide, Accretionary prism, Cap rock

1. はじめに

2020年7月3日から4日午前中にかけて熊本県南部を中心に発生した豪雨によって斜面災害が発生した。この期間の気象庁・水俣観測点では7月3日と4日の2日間の合計の降雨量は513 mmであるが、沿岸部の芦北町や津奈木町付近では解析雨量において2日間で650 mmの降雨量を超える地域もあった。また、降雨強度も著しく2020年7月5日に公開された熊本地方気象台・災害時気象資料（文献欄にURLを記載）によれば4日未明に同地域周辺で時間110 mm程度から時間120 mm超の降雨も記録されていた。本報告では、この降雨によって複数回発生した深層崩壊について報告する。

なお、以下では具体例を挙げて「深層崩壊」を紹介する。深層崩壊とは千木良（2018）が記述しているように「内部の構造に起因した崩壊」である。後述するように、分離面やすべり面、破碎による岩盤の脆弱化帯をもたらす断層、節理、および断層破碎

帯が斜面内部に存在し、それらが素因となっている崩壊。または、「キャップロック構造」が存在し、それに起因する地下水の集中が崩壊のメカニズムとなる崩壊。斜面深部までのゆるみをもたらす「重力斜面変形」の存在が素因となる崩壊が、この深層崩壊という用語には含まれている。

本報告は、防災研究所徳島地すべり観測所の荒井紀之氏、徳島大学社会産業理工学研究部の西山賢一氏との共同調査の成果が含まれる。また降雨データの解析結果は、九州大学工学研究院の丸谷靖幸氏、矢野真一郎氏から提供を頂いたものである。本報告は日本応用地質学会が2021年に発行した「令和2年7月九州北部豪雨災害調査団報告書」内の山崎ほか（2021）の報告からまとめたものである。

2. 研究方法および使用データ

本報告は2020年7月から合計4回にわたって実施された現地調査に基づく。現地調査は地質踏査によっ

て行い、調査箇所を選定に関しては災害直後の航空写真を公開していた、国土地理院、アジア航測株式会社、国際航業株式会社、株式会社パスコ、他報道で公開されている情報を参考にした。

崩壊箇所の分析には計測密度が1 mである航空レーザー地形データを用いた。このデータは、国土交通省川辺川ダム砂防事務所によって2010年および2013年に取得されていたものであり、これを用いると、崩壊前の地形が分析可能であった。筆者は地形データから作成した傾斜量図を作成し、各崩壊の崩壊以前の地形を検討した。傾斜量図は微地形を表現するために利用される表現手法であり、ここでは傾斜量の大小を明暗で表現している。なお、視覚的に理解しやすいため明るいほど傾斜量が小さくなるように処理した。今回作成した傾斜量図は地形上に存在する植生や人工物の被覆を取り除いたGROUNDデータを元としているが、この処理で除去しきれなかった樹林が点紋として傾斜量図に表現されたり、また、急斜面上では傾斜量図に不自然な線などのアーティファクトが出現したりした。本研究では慎重にこれらの地形ではないものを峻別し地形判読を行った。なお、データ処理および、傾斜量図の作成にはQGIS ver. 3.5を使用した。

3. 用語

本章では以下で用いられる用語を解説する。「付加体」とは、海溝やトラフにおいて海洋プレートが沈み込む時に、海洋底にたまっていた堆積物がはぎとられて陸側へ押しつけられる付加作用で形成された堆積体である(地学団体研究会, 1996)。付加体は巨視的には、逆断層で積み重なったプリズム状の断面を持っており、その形成過程のために、地下の高圧下でのせん断変形を受けている。九州地方も含めて日本列島にはこの付加体が広く分布する。

後述する「メランジュ」および「整然相」とは付加体を構成する地質の分類である。メランジュは2万5千分の1より小さな縮尺で図示可能な規模(ほぼ10 m以上のスケール)で細粒の破断した基質の中にいろいろな種類や大きさからなる礫・岩塊を含むような構造(block-in-matrix)を持つ「混在岩」からなる地質体を指す(地学団体研究会, 1996; 小川・久田, 2005)。メランジュは成因によらない語であり、成因としては付加作用時の応力による変形、大規模な海底地すべりや海底土石流(オリストストローム)、泥ダイアピルの貫入、地震時の液状化があるが、付加作用時の応力による変形で形成されたものが広く分布する。メランジュの中には、砂岩、泥岩の他、チャートや玄武岩などの海洋プレート層序

に特徴的な岩石も岩塊として含まれ、また、著しいせん断変形による鱗片状劈開(スケーリークリベッジ)が認められる場合もある。もともとあった砂泥互層が変形で引きちぎられてレンズ状になったものは、かつてはメランジュとしていたが、現在ではブローケン・フォーメーション(破断層)として区別されているようである(小川・久田, 2005)。一方で、整然相(層)は付加体地質の中ではメランジュとして比較して構造が乱されていない部分について述べる場合に用いられる(地学団体研究会, 1996)。

「キャップロック構造」についても、ここで説明する。地学団体研究会(1996)によると、キャップロックとは石油鉱床、地熱鉱床、金属等の鉱床を扱う資源研究分野においても使用される用語であるが、その資源分野では(1)難透水性の岩石などで上方への浸透や鉱化作用を規制する上盤側に位置する岩石層について用いられている。一方で、地すべり地の場合では、(2)火山岩・溶結凝灰岩などの節理や空隙に多量の地下水を貯留する地層との解説が記載されている。また、千木良(2018)では、キャップロック構造を(3)泥岩などの軟質岩石が風化抵抗のある岩石、たとえば溶岩や塊状の砂岩などによって覆われているような構造とある。ここでは、キャップロック構造について(2)および(3)に基づいて記述する。

本報告における「重力斜面変形」とは「連続的なすべり面をもたずに斜面が重力によって徐々に変形する現象(千木良, 2018)」であり、連続的なすべり面を持つ地すべりや、物質が塊の状態からバラバラに分解しながら地表面を急速に移動する崩壊とは異なる現象である。片理や劈開など片状構造を持つ岩石で発生しやすい。崩壊の前兆地形とされる場合もあり、表面には小崖や溝、小段、膨出地形(斜面の縦断形状が顕著な凸型の地形)を伴う。

4. 降雨状況と地形・地質概要

遠望観察を含む調査を行った崩壊深が3 m程度以上あると思われる崩壊の分布をFig. 1に示す。筆者らが現地調査で発見したこれらのやや深い崩壊は10カ所であるが、筆者は災害後の衛星写真等を現時点では分析できておらず、交通障害も継続していたためにすべての崩壊を抽出できていない。そのために、この分布図はすべてを網羅したものではない。しかし、発見された崩壊は芦北町と津奈木町の沿岸部に集中しており、内陸部の球磨川流域およびその支流の川辺川の流域にもあるもののその数は少ないと思われる。災害発生地周辺の地形は、沿岸部では標高300 m以下の山地であり、リアス式海岸に接する地域

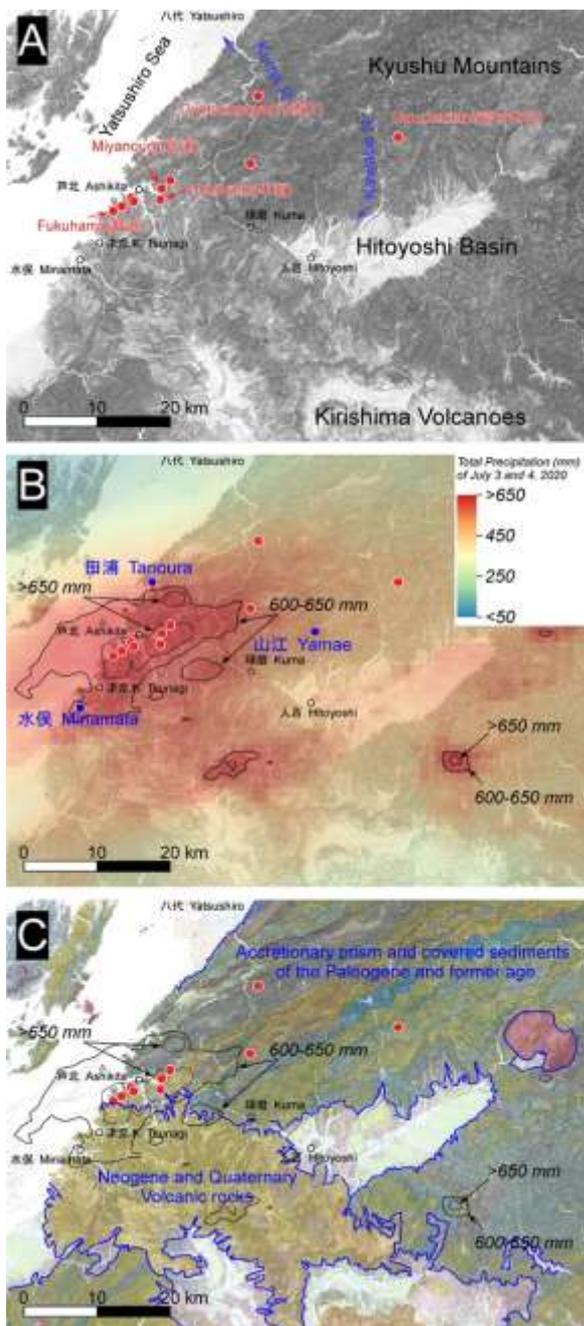


Fig. 1 Distribution of deep landslides (deeper than 3 m) induced by the 2020 rain event around the south Kumamoto area, subfigure A is with slope map (darker indicates steeper), subfigure B is A with amount of rainfall for 2 days (July 3 to 4), and subfigure C is A with the seamless digital geologic map of Japan (Version 2) by AIST.

である。一方で球磨川流域など内陸部は九州山地の一部であり最大比高が1000 m程度に達する急峻な山地である。

斜面災害が多発した2020年7月3日と4日の気象庁解析雨量(1km メッシュ)の総計では各地に650 mm

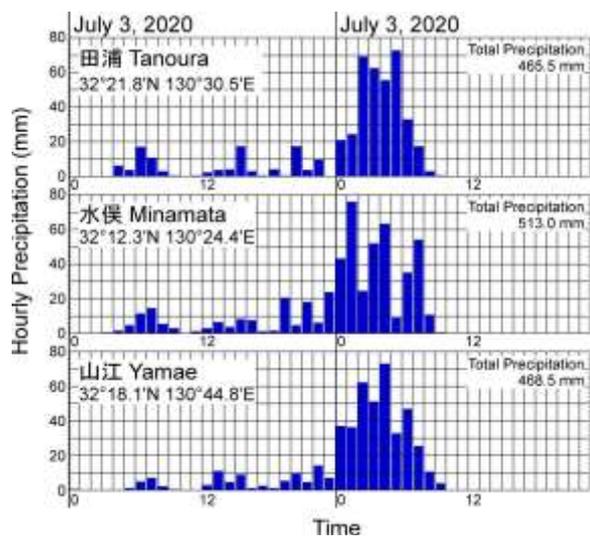


Fig. 2 Hourly rainfalls of the three meteorological station on July 3 and 4 around south Kumamoto.

を超える降雨があったとされる (Fig. 1B) が、これらの地域は特に沿岸部の芦北町と津奈木町付近にあった。筆者が分布を示した沿岸部の岩盤崩壊は沿岸域の降雨量総計650 mm以上の地域に集中する。

豪雨は7月3日午前中から4日の午前中にかけて断続的に強い降雨をもたらした。気象庁アメダスのデータを参考にすれば、芦北町田浦、水俣市、山江村で特に3日深夜から4日未明に降雨が集中していた (Fig. 2)。下記に記述する斜面災害をもたらした降雨も、大部分が4日の未明からの雨と考えられる。

地質は、斎藤ほか (2010) の20万分の1地質図幅「八代及び野母崎の一部」および、それを元にしたシームレス地質図v2 (地質調査総合センター) によると、ジュラ紀に成立した付加体 (秩父帯)、または古第三紀以前に成立した付加体 (四万十帯) が広く分布している。また、地域南側にはそれを覆って新第三紀～第四紀の火山岩類 (肥薩火山岩類) がある。Fig. 1Cに示すように上記地質図上で岩盤崩壊は付加体地域にのみ分布していることになっているが、後述する津奈木町福浜の崩壊のように一部、肥薩火山岩類に所属すると思われる岩石が崩壊した箇所もあった。

5. 深層崩壊の事例

以下では調査を行った深層崩壊を5例示す。以下の芦北町・宮浦 (みやのうら)、芦北町・牛淵、津奈木町・福浜の3カ所は7月3日から4日の解析雨量で650 mmを超える沿岸部の地域で発生したものである (Fig. 1)。一方で、八代市坂本町・行徳川、五木村・宮目木 (ぐうめき) 谷の2カ所の周辺の総降水

量は450 mm程度であったと思われる。各崩壊の最大幅，最大崩壊深に関しては，現地取得のUAV画像航空写真からの推定，歩測から推定したものであり，今後修正される可能性がある。

5.1 芦北町・宮浦

同崩壊は崩壊源の最大幅が約50 m，崩壊源の最大長が約100 mで，最大の崩壊深さは10 m程度である。斎藤ほか（2010）の20万分1地質図幅に記載のジュラ紀付加体「秩父帯」の整然相の分布地に位置してい

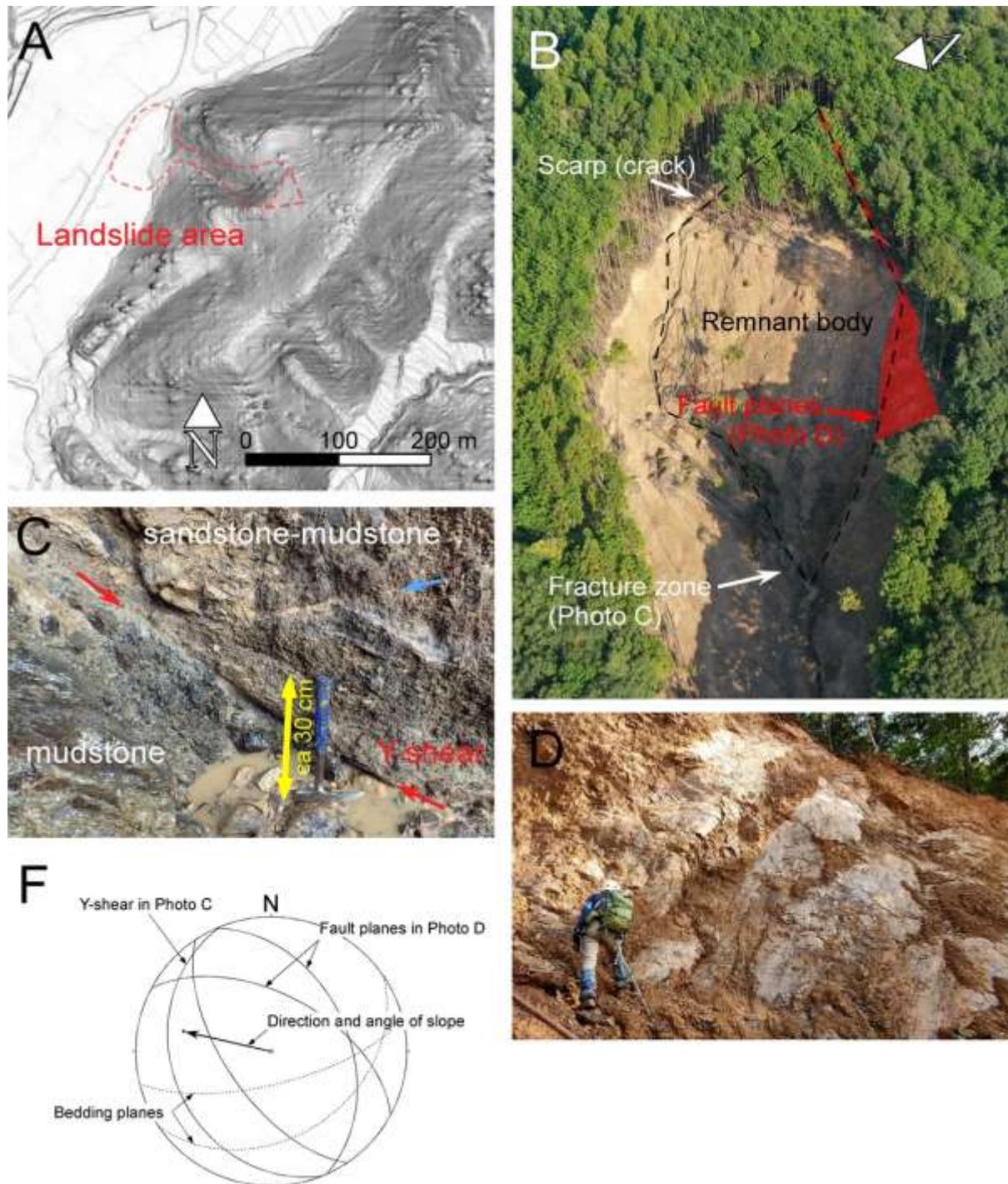


Fig. 3 Geological and Geomorphological characteristics of Miyanoura landslide site. Subfigure A shows high-resolution 1-m DEM slope map. Photo B shows the source area of landslide and remnant block after the landslide. Photo C shows the large fracture zone bounded slope. Photo D shows the fault planes worked as detachment planes of the landslide block. Subfigure E shows stereo projection of exposed fault planes and Y-shear planes in the fracture zone (lower hemisphere projection).

る。この図幅では泥岩および砂岩泥岩互層を伴う砂岩が分布する地域となっており、現地の崩壊源にも砂岩と泥岩が露出していた。また、本地域の北に約100 m離れた場所に整然相地域とメランジュ地域を区分する断層があるとされる。

崩壊前に取得された航空レーザー地形データによる傾斜量図 (Fig. 3A) では、特に急斜面上において地形モデル作成時のアーティファクトと思われる筋や植生に起因すると思われる突出部が出現しているが、低地ではあぜ道なども観察でき、高さ1 m以下の段差などが緩斜面上では観察できるとされる。あらためてこの傾斜量図を観察すると、崩壊前には小谷があり、今回の崩壊はこの小谷の谷頭部を拡大させるように発生したと思われる。また、崩壊地の上方には緩斜面があり、今回の崩壊はこの緩斜面を含んだ斜面が崩壊しているが、傾斜量図の観察では緩斜面上に、線状凹地や連動的な小崖などの重力斜面変形の進行によって生じるような微地形を発見することはできない。崩壊は前述した小谷の谷頭部で発生しているが、発生直後には、崩壊の背部尾根側に三角形の連続する小段 (崖) が残された。この小段は1~2m程度の段差があり、斜面変動は、前面の崩壊だけでなく、さらに広い範囲で発生した (Fig. 3B)。

現地で崩壊後に露出した地質の状況としては、崩壊物質によって削剥されて露出した谷の北側には泥岩、谷の南側や崩壊源には砂岩が主体の砂岩泥岩互層が認められた。この風化砂岩は亀裂が多く風化の程度の大きい。また、表面の崩壊物質を観察する限り、崩壊物質は風化砂岩がほとんどであった。

重要な斜面内部構造としては、谷に沿って最大幅1 mの破砕帯 (Fig. 3B, C) があり、この断層破砕帯は断層運動によって破砕された物質 (断層ガウジ) を含んでおり、複合面構造も発達していた。断層破砕帯は、岩盤の強度と風化の境界でもあり、断層破砕帯より下位の泥岩は風化の程度が上位の砂岩よりも小さく堅硬であった。もう一つ、重要な構造として、崩壊頭部の南側の砂岩には複数枚の平滑な面が露出していた (Fig. 3B, D)。この面は波を打つように大小の波長を持って湾曲しており、せん断作用によって形成されたと考えられる断層面である。断層面は、前述した三角形の小崖の南側の1辺に連続しており (Fig. 3B)、この面が分離面となっている。さらにこの面の姿勢と、前述した断層破砕帯は崩壊源の下方で交差しており (Fig. 3E)、断層によって分離していたくさび型の岩盤が今回崩壊したともと思われる。

強度境界でもあり風化の境界であった断層破砕帯は、おそらく岩石の透水性が大きく上下で異なる境

界でもあり、断層破砕帯上方の岩石は断層破砕の影響を受けて破砕されたために強く風化していた。そして、浸透水が断層破砕帯で遮水され、上方のくさび形の岩盤が水圧で駆動されたことが崩壊につながった可能性がある。

5.2 芦北町・牛淵

同崩壊は崩壊源の最大幅が約50 m、崩壊源の最大長が約100 mで、最大の崩壊深さは10 m程度であると思われる。斎藤ほか (2010) に記載のジュラ紀付加体で砂岩を主体とする層と層状チャートの整然相の分布地域に位置している。また、その整然相の領域を切断する断層が同地質図には記載されており、同崩壊はその断層の付近に位置する (Fig. 3)。この崩壊では、崩壊堆積物が民家を押し流し、死傷者が発生した。

崩壊前に取得された航空レーザー地形データによる傾斜量図 (Fig. 4A) では、先の傾斜量図と同じく、特に急斜面上において地形モデル作成時のアーティファクトと思われる筋や植生に起因すると思われる突出部が出現しているが、アーティファクトと微地形は急傾斜上でなければ峻別できる。崩壊は比較的平滑で浅い谷が形成されている場所の上部で発生しているが、線状凹地や小崖などの重力斜面変形の進行に伴って生じるような微地形はこの傾斜量図からは判別できなかった。

現地で崩壊後に露出した地質の状況として、目立ったのは、断層破砕帯である。この断層破砕帯の全体の姿勢と一致して、せん断面と見られる平滑な面が少なくとも2枚以上同じ姿勢 (Y面と考えられる) で存在し、それに合流する別の断層面も認められた (Fig. 4C)。これらの断層面の一部には、岩石片と粘土・シルト分を多量に含み、葉状構造を持つ顕著な断層ガウジが露出していた (Fig. 4D)。また、チャートを含んだ角礫岩、同じく砂岩の角礫岩 (宮縁・鳥居, 2020によれば、カタクレイサイトとの指摘もある) も断層の上盤に露出していた。一方で、下盤の岩石は堅硬な砂岩であり断層面は岩盤の強度境界である。

崩壊物質は、黄色系の砂岩の風化物が多く、やや粘土質の赤色系の土砂も認められた。砂岩の風化物は既に土砂化しているものが多いために、崩壊発生前に既に厚く谷中に土砂が堆積していたものと思われる。一方で、赤色系のやや粘土質の土砂は崩壊の滑落崖上部 (Fig. 4C) に認められるもののその起源は不明である。

崩壊地では、砂質の土砂の透水性が比較的大きかったために、緩やかな谷が形成されていたことが考えられる。しかし、断層ガウジや亀裂の少ない岩石

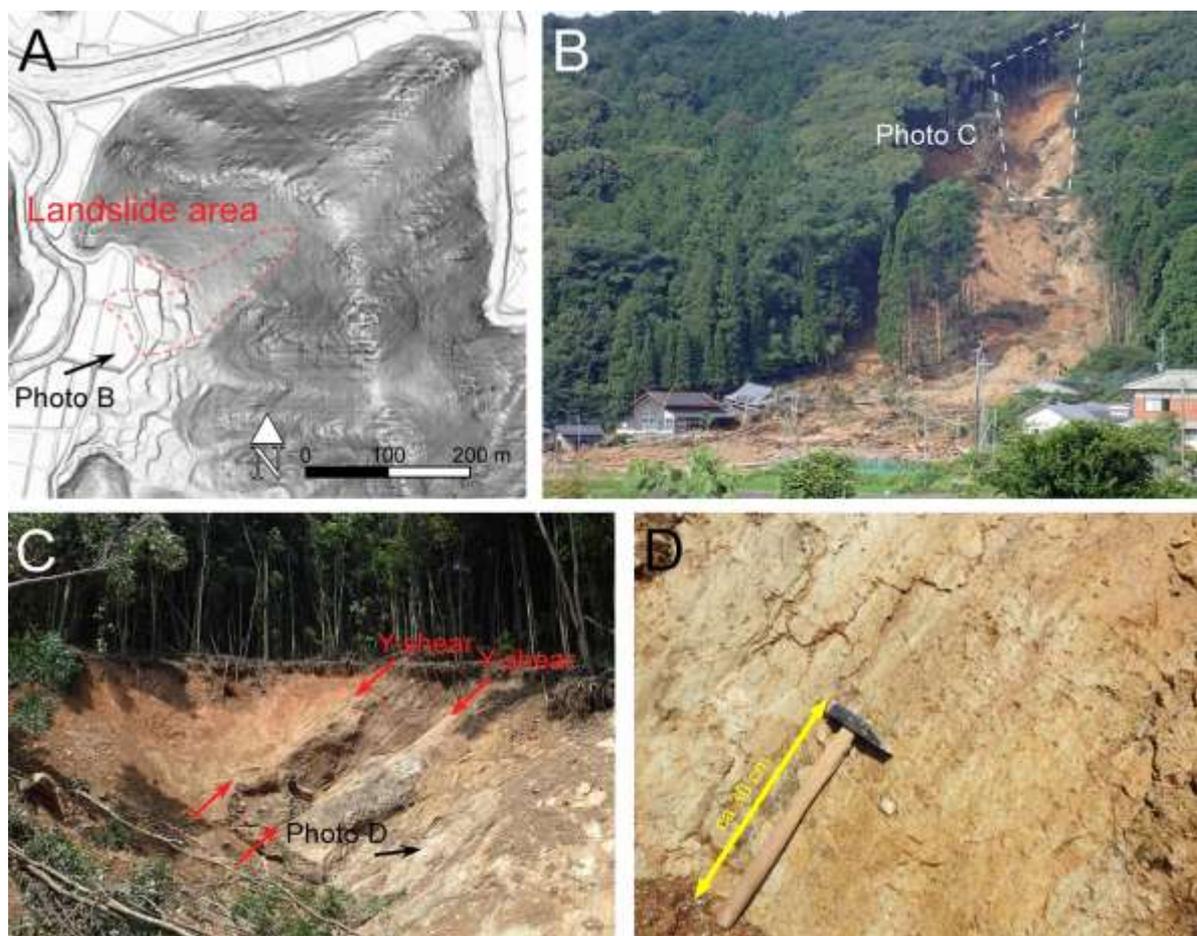


Fig. 4 Geological and Geomorphological characteristics of Ushibuchi landslide site. Subfigure A shows high-resolution 1-m DEM slope map. Photo B shows overview of the landslide and the location of the photo C. Photo C shows the top of landslide and exposed large fracture zone bounded slope. Photo D shows the fault planes and its foliated fault gouge

で構成される断層面は不透水であり、断層面の直上
が浸透水で飽和し、その結果今回の崩壊につなが
った可能性がある。

5.3 津奈木町・福浜

同崩壊は崩壊源の最大幅が約45 m、崩壊源の最大
長が約90 mで、最大の崩壊深さは6 m程度である。斎
藤ほか (2010) ではジュラ紀付加体でメランジュを
主体とする地域に位置しているが、後述するように
崩壊した場所に露岩する岩石および、滑落崖付近に
残留した崩壊物質は付加体のものではなく、同場所
の南側に広く分布する肥薩火山岩類に属する岩石で
ある。ここでも崩壊堆積物は民家を押し流し、死傷
者が発生した。

崩壊の発生前に取得された航空レーザー地形デー
タによる傾斜量図 (Fig. 5A) では、今回の崩壊地には
周囲に比べて顕著な谷が形成されており、崩壊は
この谷の谷頭をさらに拡大するように発生していた。
谷は山側に深く食い込むように発達しており、侵食

が周囲に比べて顕著に進行してきた状況が推定でき
る。

傾斜量図および現地での地形観察からは明瞭な遷急
線も読み取れる (Fig. 5B)。遷急線は後述する火山
岩と下方の礫岩・泥岩の堆積岩との地質境界より数
メートル高い位置にあるものの、地質の透水性の差
や強度の差を反映した地形である可能性がある。

現地で崩壊後に露出した地質の状況としては、灰
白色の火山岩が礫岩、泥岩からなる堆積岩の上に堆
積している状況が確認できた。火山岩は板状の斜長
石斑晶に富んだ岩石であり、顕微鏡下でも目立った
変成・変形作用は確認できない。また、この火山岩
は顕著な球状風化していた。火山岩の下方に観察で
きた堆積岩は他の付加体の砂岩に比べて強度が小さ
く、変形・変成も受けていないか、その程度は非常
に弱いように思われる。

崩壊発生後の2020年7月17日の調査時には、火山岩
と前述の礫岩・泥岩からなる堆積岩の境界付近に湧
水が認められた。また、火山岩の直下に黄白色の軟

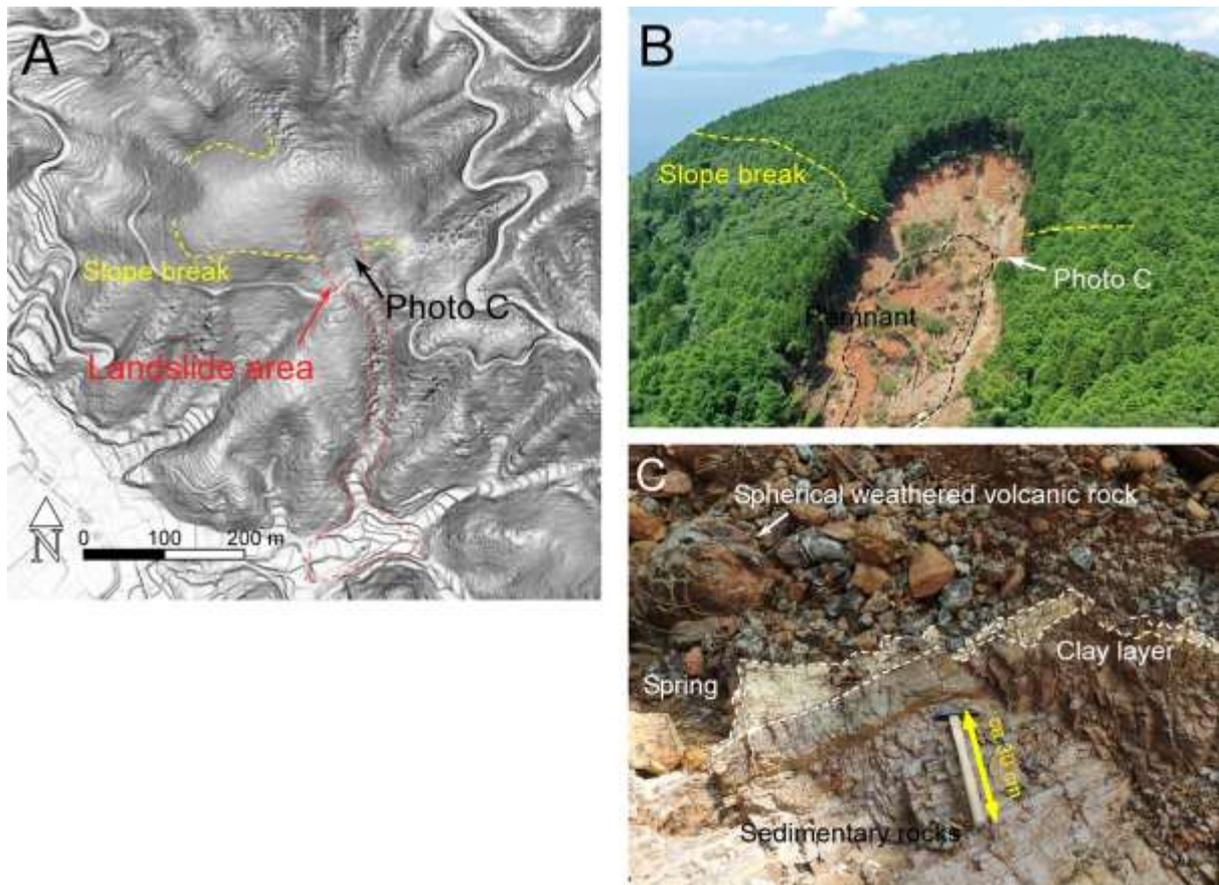


Fig. 5 Geological and Geomorphological characteristics of Fukuhama landslide site. Subfigure A shows high-resolution 1-m DEM slope map. Photo B shows overview of the landslide and the location of the photo C. Photo C shows the boundary between volcanic rock and sedimentary rock.

弱な粘土層があり、この粘土層が湧水で侵食されていた (Fig. 5C)。この粘土をX線分析したところスメクタイトとカオリナイトを含んでいた (荒井紀之氏の分析による)。しかし、粘土層は山側に傾斜しており、崩壊と関連する連続的な弱面となったかどうかは不明である。

この福浜で発生した崩壊は、堆積岩の上に一般に亀裂が多く透水性の大きな火山岩が位置するキャップブロック構造で発生した深層崩壊であり、火山岩を浸透した水が火山岩底面に集中し崩壊に至った可能性が高いと思われる。前述した傾斜量図で観察できる顕著な谷は、この場所において侵食が集中してきたことを示しており、おそらく、この場所には上方の火山岩の堆積前の地形に起因した埋没谷が存在していた可能性がある。また湧水が崩壊地に認められていたことも埋没谷の存在を裏付けるものである。

同様の深層崩壊は肥薩火山岩の分布域で頻繁に発生しており、これまでも1997年7月豪雨による鹿児島県出水市針原や、2003年7月豪雨によって熊本県水俣市宝川内集、菱刈町前目大山口において死傷者を発生させる甚大な被害が発生している (例えば、産業技術総合研究所, 2003)。肥薩火山岩類の分布地

域では大量の水とともに土石流化して長距離移動する例が多いため危険性が大きく、地域にとって最も危険な土砂災害のタイプである。

5.4 八代市坂本町・行徳川

同崩壊は崩壊源の最大幅が約80 m、崩壊源の最大長が約120 mで、崩壊深さは最大で3 m程度である。同崩壊は斎藤ほか (2010) ではジュラ紀付加体でメランジュを主体とする地域に位置する。

崩壊地は北東—南西方向に伸びる尾根を構成する斜面上にあり、その尾根に沿って道路がある (Fig. 6)。過去の国土地理院の空中写真データベースを分析したところこの道路は1988年から2003年頃に建設されたと考えられる。また、周囲にも斜面对策工事がされており、道路建設中または建設後に崩壊が頻発していた可能性がある。

崩壊の発生前に取得された航空レーザー地形データによる傾斜量図 (Fig. 6) を観察すると、尾根の南東側には、小崖と地形的な膨らみ (凸型縦断面形の斜面) といった重力斜面変形によると考えられる地形があり、今回崩壊した場所もその地形的な膨らみの一部であった。道路は、重力斜面変形による斜面の

下端部を切断していたものと思われる。

崩壊地に露出した岩石は黄色、褐色、白色に著しく風化しているチャート、砂岩、泥岩からなる混在岩である。さらに、崩壊の流下方向に傾斜する断層面、同じく断層面か節理の可能性がある崩壊範囲とその外側を区分する平滑な不連続面、そして、斜面を概ね水平に切断する破砕帯が認められた。

今回の崩壊の素因は重力斜面変形が発生していた斜面の下端部の切断があったことが大きな理由と思われる。また、付加体地域に頻出する断層面や断層破砕帯がすべり面や分離面、そしておそらく透水性の境界として働いた。強い風化で岩石が強度を失っていたことも崩壊の素因であった。

5.5 五木村・宮目木（ぐうめき）谷

同崩壊は、南北2つの部分からなり（Fig. 7, 8）、十分に接近できていないが、目測では崩壊源の最大幅が合わせて約100 m、崩壊源の最大長が約150 mで、最大の崩壊深さは10 m程度であると思われる。谷には2020年10月の時点でも多量の崩壊物質が残存していた。

同崩壊は、斎藤ほか（2010）では白亜紀付加体で泥岩および砂岩・泥岩互層の地域に位置する。現地の地質も同じであり、劈開が発達した泥岩や、せん

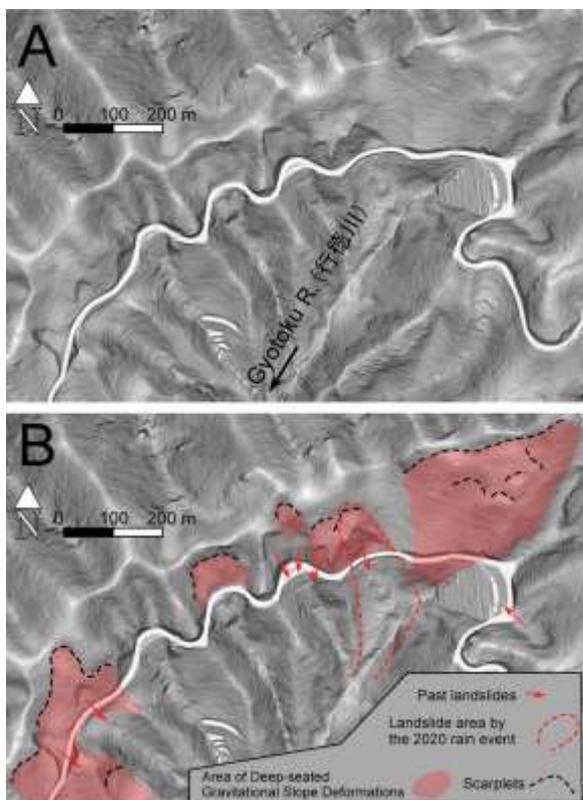


Fig. 6 The high-resolution 1-m DEM slope map (A) and its geomorphological explanations (B) for Gyotoku River landslide.

断変形を受けた砂岩が認められ、重力斜面変形が発生しやすい地質条件であったと思われる。

崩壊発生前に取得された航空レーザー地形データによる傾斜量図（Fig. 7）を観察すると、現地には顕著な遷急線が宮目木谷の南側（左岸側）や支谷にあり、これらの遷急線を変形させるように、小崖や断面形が凸型の斜面形状を持つ重力斜面変形が発生しているのが観察できる。遷急線周辺は長期的には不

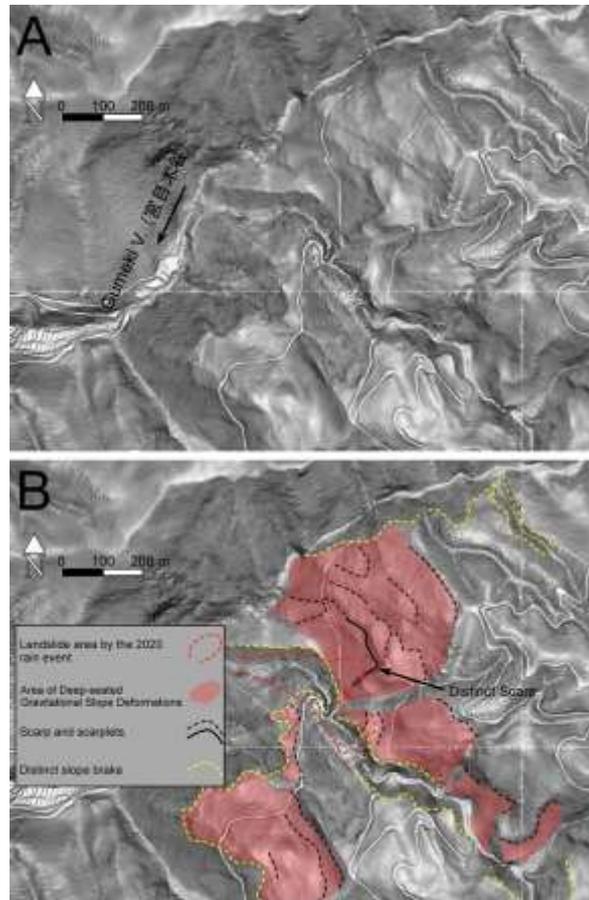


Fig. 7 The high-resolution 1-m DEM slope map (A) and its geomorphological explanations (B) for Gumeki Valley landslide.



Fig. 8 The overview of Gumeki Valley landslide and geomorphological explanations.

安定であり、重力斜面変形や崩壊が発生しやすかったと思われる。今回の北側の崩壊部分には比較的明瞭な崖地形がその上方にあり、崩壊発生前に既に崖を境界として岩盤の分離が開始していた可能性がある。また、南側の崩壊もその形態から考えて、崩壊時に河川遷急点の上流側への後退をもたらしている。遷急点は河川による侵食量が大きく、その周辺は不安定になりやすかったと考えられる。

斜面下方にある溪流は、地形図では河川との記載がないために常時流水は無いと思われるが、そこに流入する集水面積は図上計測で1.8 km³と大きく、豪雨時には大量の降水が流下したと思われる。おそらく、この溪流による斜面下方の侵食が崩壊の大きな誘因である。

6. おわりに

本報告では、2020年7月豪雨で発生した深層崩壊の地形・地質学的特徴を報告し、そして近年整備されつつある高密度の航空レーザー地形データから作成した傾斜量図を用いて崩壊発生前の地形観察の結果を述べてきた。その調査の中で、付加体地域に高頻度で出現する断層が崩壊源に頻繁に認められたこと、そして、それらが崩壊の分離面またはすべり面となっていることを述べた。断層面を分離面として岩盤崩壊が発生した事例はこれまでも付加体地域で報告されている。

津奈木町福浜で発生した崩壊は、堆積岩の上に透水性の大きな火山岩が位置するキャップロック構造で発生した深層崩壊であった。前述したように、航空レーザー地形データによる精密な地形図を分析すると、崩壊が谷頭の再拡大であることを示している。このような谷は、おそらく浸透水が集中する地下水系（埋没谷）の出口であり、これまでも侵食が集中してきたことを示しているものと思われる。あらためて他事例の調査もすべきであろう。

調査した5つの深層崩壊地のうち、行徳川、宮目木谷の2例に関しては高密度航空レーザー地形図から顕著な重力斜面変形を認めることができ、崩壊発生の可能性を読み取れる可能性があったと思われる。一方で、他の事例では、重力斜面変形と関係する微

地形を抽出することは困難であった。これは崩壊した場所の地質は表面侵食がされやすい風化岩であったことや、岩盤を覆う土砂が崩壊物質の大部分であったことも理由であると考えられる。

謝 辞

本研究では、航空レーザー地形データを国土交通省川辺川ダム砂防事務所、国土地理院から提供を受けた。前述の荒井氏、西山氏はじめ日本応用地質学会九州災害調査団とは共同で調査を実施した。気象関係に関しては、前述の丸谷氏、矢野氏と議論し、データの提供を受けた。以上の方々に深く感謝する。調査においては、防災研究所突発災害調査予算および科学研究費・特別研究促進費（20K21916、代表：熊本大学・大本照憲氏）を使用した。

参考文献

- 山崎新太郎・荒井紀之・西山賢一・矢野真一郎・丸谷靖幸（2020）：2020年熊本県南部豪雨災害による岩盤崩壊の特徴について、日本応用地質学会、令和2年7月九州北部豪雨災害調査団報告書
- 熊本地方気象台（2020）：災害時気象資料（2020年7月8日）（https://www.jma-net.go.jp/kumamoto/shosai/kakusyusiryou/20200708_kumamoto.pdf）, 2021,8,31閲覧。
- 千木良雅弘（2018）：災害地質学ノート，近未来社，248pp.
- 新版地学事典編集委員会（1996）：新版地学事典，平凡社，1840 pp.
- 小川勇二郎・久田 健一郎・日本地質学会フィールドジオロジー刊行委員会（編）（2005）：付加体地質学（フィールドジオロジー 5），共立出版，174pp.
- 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・濱崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章（2010）：20万分の1地質図幅，八代及び野母崎の一部，地質調査総合センター。

（論文受理日：2021年8月31日）