

10. 平成 30 年 7 月豪雨の斜面崩壊と微地形－岩国地区を例に－

Landslides induced by the heavy rain in July 2018 and micro-landform: Case study of Iwakuni area

○黒木貴一(関西大学)・太田岳洋(山口大学)・木山拓海(山口大学)

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨の斜面崩壊に関し、降雨特性、地質・地盤、土石流、土地利用等に関し調査が行われ、それぞれ被害特徴が網羅的に報告された^{1),2)}。斜面崩壊の発生は、地形・地質条件のほかに地下水条件³⁾や植生⁴⁾などの環境条件も関与する。しかし報告では、崩壊源に関しパイピングの報告はあるものの、そこに至る環境条件までは追究されていない。ところで Troll による地生態学は生物と環境要素との間の総合的・複合的相互関係の科学だが、その分野での研究は航空機撮影の空中写真を活用して積み重ねられてきた⁵⁾。そして今日、地表を対象に持つ多くの分野で、空中写真に代わり UAV による空中写真やレーザ計測データの活用が模索されている。斜面崩壊に関わる課題でも、地域の自然環境を一連の系として把握する地生態学的な見方で、レーザ計測データを活用して検討する必要があることを意味する。そこで本発表では、レーザドローンの取得データでの効率的な微地形判読方法及び微地形と斜面崩壊との関係を中心に報告する。

2. 研究方法

1) 調査対象地域

平成 30 年 7 月豪雨で斜面崩壊等が多数発生した山口県岩国市周辺の約 0.86km²(東西 900m, 南北 950m)の範囲 1 及び約 0.1km²(東西 250m, 南北 365m)の範囲 2 に対し地形量分析を行った(図 1)。地質は花崗岩類が卓越し、一部は中生代の付加体堆積物である。

2) 5mDEM の地形量分析

範囲 1 に対し、基盤地図情報 5mDEM により標高(20m 毎)、傾斜(5 度毎)、傾斜方位(8 方位毎)図を作成し、全体及び崩壊地の地形量割合を集計した。また生物多様性センターHP の植生調査(1/2.5 万)都道府県別一覧から植生分布図を作成し、同様の集計を行った。集計では 5m 間隔に置いた解析点における各属性を用いた。

3) 10cmDEM による地形判読

範囲 2 に対し、レーザドローン計測によるオルソ空中写真と 10cmDEM による陰影図と等高線図を用いて斜面地形判読を行った。地形判読では、陰影図を主に観察し、それを等高線図やオルソ空中写真と重ね合わせた。

3. 地形から見た斜面崩壊

1) 5mDEM による斜面崩壊の地形条件

範囲 1 は南西-北東方向軸を持つ谷に

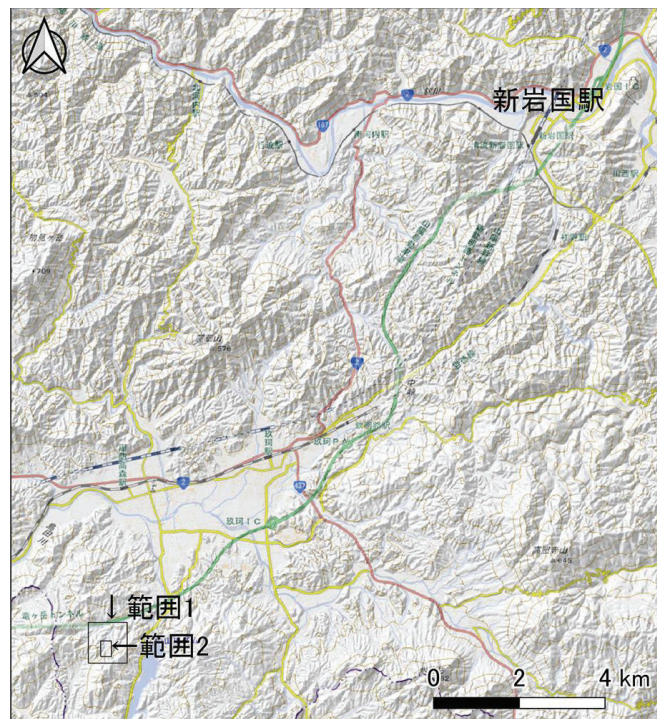


図 1. 調査対象地域
背景は地理院地図

刻まれた丘陵であり、針葉樹と広葉樹が混在する。国土地理院の正射画像(平成 30 年 7 月豪雨>岩国地区(7/19 撮影))では、そこに 138 箇所の斜面崩壊を判別できた(図 2)。

斜面崩壊の地形条件(標高、傾斜、方位)(図 3)と植生条件(図 4)について、全体と崩壊地の面積割合を併記した。標高(1)は 120-180m 間で、傾斜(2)は 30-40 度間で、方位(3)は西~北向きの傾斜方向で、崩壊地面積の割合が全体に対して特に多い。また植生(4)では、崩壊地は、伐採跡地群落で比較的生じやすく、スギ・ヒノキ・サワラ植林では生じにくかった。

このように、斜面崩壊地は 5mDEM による地形量と植生で見ると特定の場所に偏在していることが分かった。

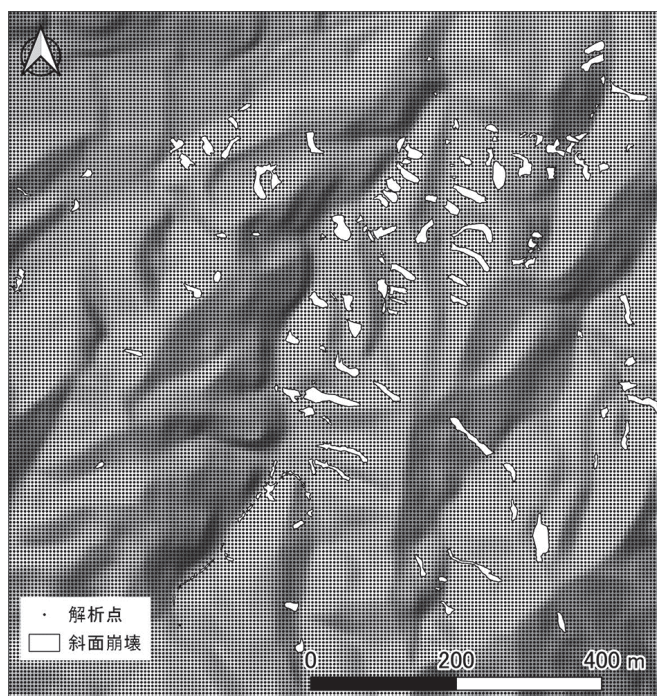


図 2. 斜面崩壊と 5m 間隔解析点

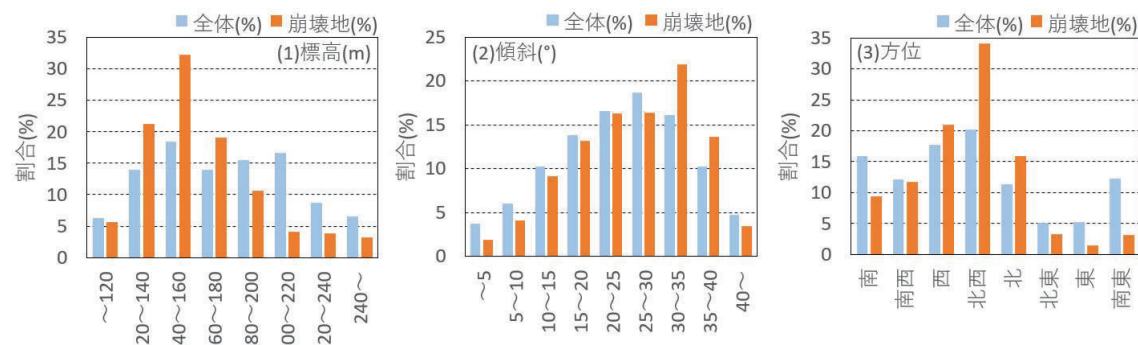


図 3. 斜面崩壊の地形条件

2) 地形判読の効率化と詳細地形分布の特徴

範囲 2 の地形判読は、はじめに崩壊地、崩落堆、次に頂稜、河道、低地、道路、最後に旧崩壊地、旧崩落堆、崖錐の順序で進めた。図 5 はその結果である。数字 2-12 は地形・植生の調査地点、A-C はセンサー設置点であり調査地点に重なる。地形は、頂稜、上部谷壁、下部谷壁、低地に大区分できる。また下部谷壁の範囲では、旧崩壊地、旧崩落堆、崖錐を区分できる。さらに今回の豪雨による斜面崩壊地及び土砂が滑走した場所の崩壊地と、移動したブロックや土砂が堆積した場所の崩落堆を区分した。その他、河道と道路を区分した。

今回の豪雨では、大規模な斜面崩壊は上部谷壁に達したが、中小規模の斜面崩壊は主に下部谷壁斜面に生じた。いずれの崩落堆も低地にまで達した。その崩壊地は、谷頭や側壁に開始点を持つ表層崩壊で生じ、延長の長い崩壊型と、地すべりによる短い崩壊型を区分できる。一

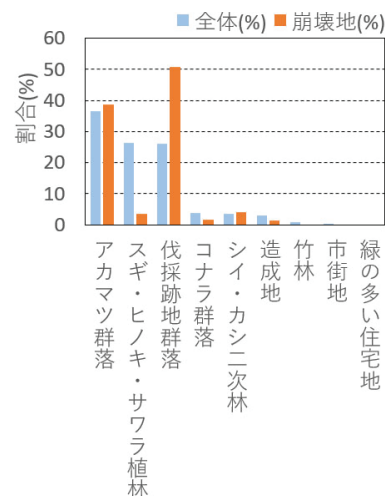


図 4. 斜面崩壊の植生条件

方旧崩壊地は、長い深い谷を形成する型と、短い浅い凹地が階段状に配列する型を区分できるため、地形形成過程には、今回同様の豪雨による斜面崩壊の蓄積が考えられる。

上部谷壁と下部谷壁の地形境界は、斜面崩壊の開始される後氷期開析前線⁶⁾と考えられているが、今回の10cmDEMによる微地形区分では崖錐、旧崩落堆、旧崩壊地は下部谷壁の範囲に多く判読されており、当該前線を特定しにくい。また今回の崩落堆と崩壊地は、上部と下部谷壁の広範囲に及ぶことも、当該前線を一意に定めにくくする。したがって斜面崩壊の開始は、幅をもった後氷期開析前線領域にあると見る方が理解しやすい。

さらに低地に関

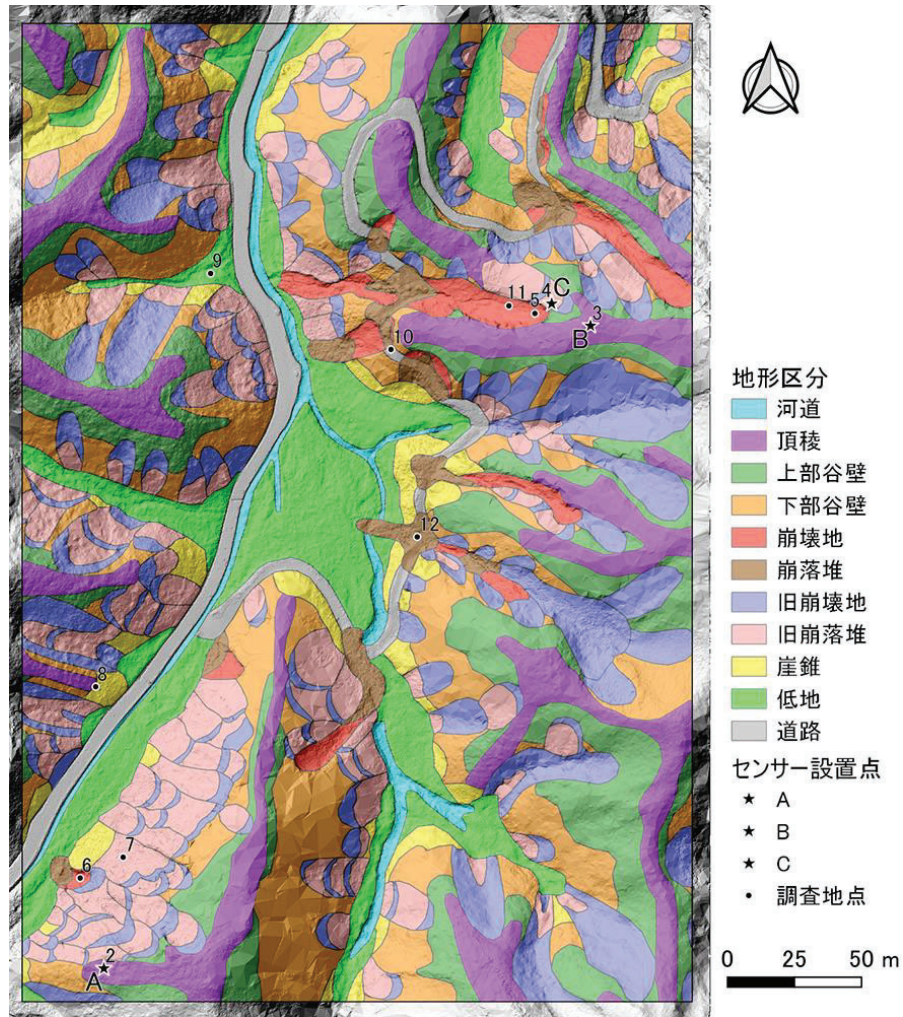


図5 斜面地形区分

し判読を試みた。その結果、崖錐・土塊などが低地と接する場にある急傾斜の斜面及び開析谷の急崖、低地に近い開析谷出口付近のガリで下刻され一段高い平坦面を持つ段丘、50cm程度周囲より高く谷の延長方向に長く伸びる凸型の微高地、周囲の地形を約1m線状に下刻する浅いガリ、段丘より低く浅いガリよりは高い平坦地、を区分できた。この地形分布からは、豪雨時の斜面崩壊に続く土石流に伴う土砂運搬、侵食、堆積による微地形の形成過程が推定できる。

このようにレーザドローン計測により、詳細な地形判読が可能となった結果、斜面崩壊や土石流に伴う様々な微地形が区分でき地形発達史を検討しやすくなった。また斜面崩壊の開始は、前線ではなく、幅を持つ後氷期開析前線領域と見なせることも分かった。なお隣接する崖錐と頂稜と判読された地点8は、現地で境界部にクラックと段差が確認され、実際は旧崩落堆と旧崩壊地と考えられる。また頂稜の設置点A(地点2)において、そこに旧崩壊地を示す急崖、旧崩落堆を示すガリや平坦地が確認されたように、レーザドローン計測からの地形判読にも限界はある。

4. 根系層考察への微地形の媒介

1) 斜面崩壊の位置と地質

範囲1全域で斜面崩壊の位置と地質を確認した。

写真1(1)は崩壊aの景観である。植生は、アカマツ群落とされるが、ここは日当たりの良い低木

の雑木林である。地層は、花崗岩の基盤上に、マトリクスは褐色ロームで最大径約 10cm の角礫による崖錐・角礫層が約 50cm 厚で見られる。原岩構造は殆どない地層のため、土層区分では C 層 7) にあたる。崖錐・角礫層上は約 10cm 厚の表土になる。根系は崖錐・角礫層に達し、基盤岩にはほとんど侵入がない。

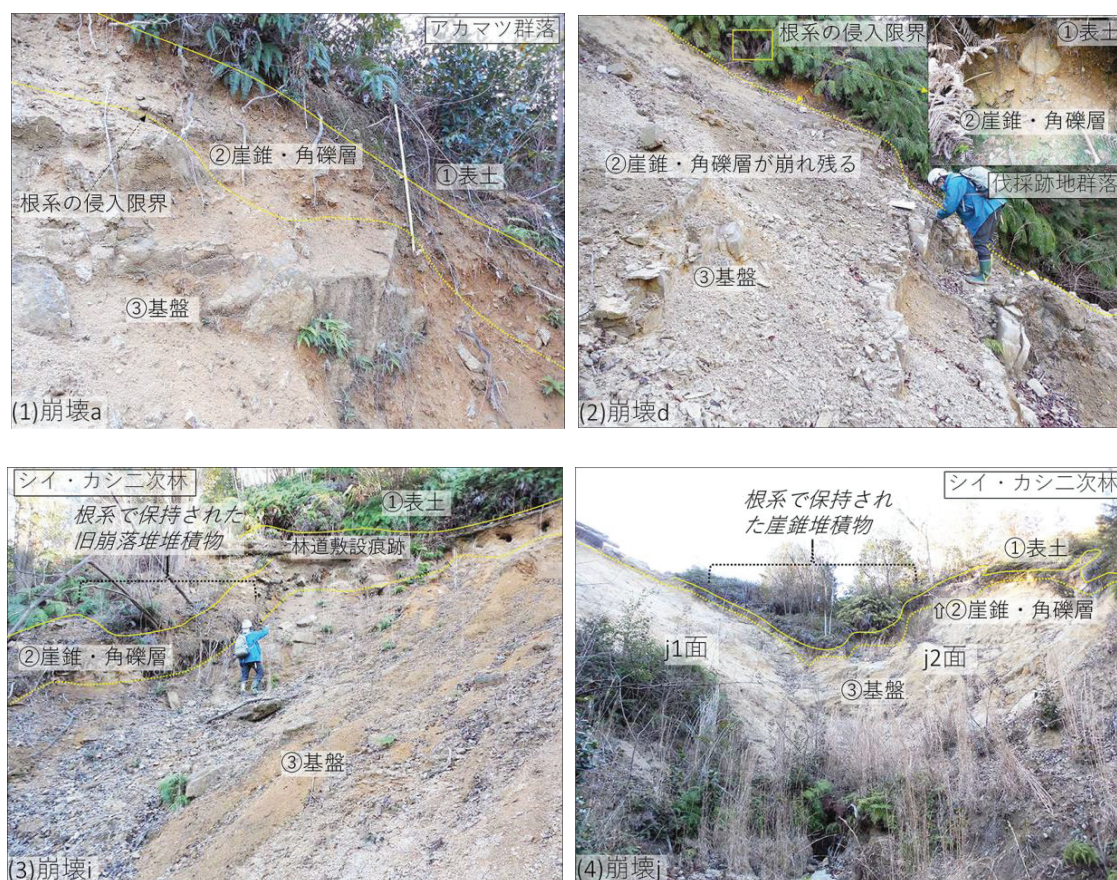


写真 1. 斜面崩壊の地質と植生

写真 1(2)は崩壊 d の景観である。植生は、伐採跡地群落とされるが、ここではシダに覆われている。地層は、花崗岩の基盤上に、約 1m の崖錐・角礫層、薄い表土がある。崖錐・角礫層には径 10cm 以上の角礫が多数含まれ、また礫間は密着せず空隙が生じ緩んでいる。崩壊地は基盤の節理に規制されて階段状を呈し、崖錐・角礫層の残土がそのステップに残される。根系は崖錐・角礫層に達し、基盤岩にはほとんど侵入がない。

写真 1(3)は旧崩落堆に生じた崩壊 i の景観である。植生は、シイ・カシ二次林とされ、アカマツは少し混じるものの、広葉樹林が中心となっている。直径 30cm 以上の樹幹を持つ巨木も見られる。林床全体にシダが繁茂する。崩壊地に見られる基盤は、褐色に風化しコアストーンが点在する花崗岩である。その基盤上は、約 50cm 厚の崖錐・角礫層、そして薄い表土である。掘削の容易な崖錐・角礫層を使った林道敷設の痕跡が残る。巨木の根系で崖錐・角礫層までが保持された旧崩落堆が、斜面崩壊を免れている。根系は基盤岩にはほとんど侵入が認められないため、崩壊を免れた理由の検討が必要である。

写真 1(4)は崩壊 j の景観である。植生は、シイ・カシ二次林とされるが、ここではシダ植物が中心で雑木が散在する。地層は、風化の進んだ花崗岩の基盤上に、約 50cm の崖錐・角礫層、薄い表土が見られる。根系は崖錐・角礫層に達し、基盤岩にはほとんど侵入がない。傾斜方位の異なる j1 面と j2 面の境界領域の高位にある崖錐が崩壊を免れている。雨水の集中しやすい地形と思

しき場所で崩壊を免れた理由の検討が必要である。

このように、根系は崩壊下限の基盤岩直上に蓄積した崖錐・角礫層にまで達しており基盤岩には侵入していない。また崩壊では崖錐・角礫層(C 層)上が失われたが、一部場所が崩壊を免れている。そこは根系により崖錐・角礫層が拘束されているが、ある程度斜面安定性が高められている可能性がある。その理由を根系に加えて地質・水文条件等から今後検討する必要がある。なお各崩壊は図5と対照すると、後氷期開析前線付近で生じていると思われる。

2) 斜面崩壊前の樹木の応答

地点6では今回の豪雨により斜面崩壊が生じた(写真2(1))。そこでは直上の旧崩落堆にある樹木が後方に倒伏しており、この樹幹傾動は土層の動きに抗していることを示す。地点7は旧崩落堆にある樹木が前方に倒伏する状況にあり(写真2(2))、樹木は土層の動きに従っていることを示す。また地点7では、旧崩落堆での根曲りが多く見られた(写真3(1))。また地点8では崖錐での根曲り(写真3(2))に加え樹幹屈曲(写真3(3))も確認した。このため、根系が侵入する基盤上の崖錐・角礫層は緩やかに移動しつつ、時には方向の変化もあった。

したがって樹木の樹幹傾動や根曲りなどは、崖錐・角礫層の動きの程度や型に特徴があり、それが地形区分に対応していることを伺わせる。



写真2. 樹幹傾動の状況

写真3. 根曲りと樹幹屈曲

5. まとめ

平成30年7月豪雨の斜面崩壊多発域を対象に、レーザドローン取得データから地形区分を試み、斜面崩壊との関連性を検討した結果以下の結論を得た。

- 1) 斜面崩壊の発生は、特定の標高帯、傾斜域、方位に偏りがあり、加えて植生別に多寡の特徴がある。
- 2) レーザドローン計測により、詳細な微地形区分が可能となった。地形は、頂稜、上部谷壁、下部谷壁、低地に大区分でき、斜面崩壊に関わる旧崩壊地、旧崩落堆、崖錐、平成30年7月豪雨で生じた崩壊地と崩落堆を区分できた。さらに低地では、土石流に関わる急崖、段丘、微高地、平坦地、浅いガリを区分できた。
- 3) 崖錐、旧崩落堆、旧崩壊地は下部谷壁の範囲に集中し、崩落堆と崩壊地は上部谷壁と下部谷壁の広範囲に及ぶため、後氷期開析前線を一意に定められず、幅を持つ前線領域と見なせる。
- 4) 根系は、崩壊下限にある基盤岩直上の崖錐・角礫層にまで達しており、基盤岩には侵入していない。崖錐・角礫層は根系により拘束されているが、何らかの理由で斜面安定性が高められ、崩壊を免れた場所が一部にみられる。
- 5) 樹木の樹幹傾動や根曲りなどは、斜面地形の発達に関与する崖錐・角礫層の移動の存在を示す。

今後は花崗岩地域の崖錐・角礫層(C層)以上の土層が、後氷期開析前線領域で生まれ、移動し、最後に崩壊するまでの地形対応を整理し、そこに植物根系がどう関与するかに関し、岩盤風化や間隙水の動きとを対応付けて明らかにする必要がある。

謝辞

本研究は日本国土開発未来研究財団の支援による「定量化地生態学的手法による斜面災害危険度評価手法の開発」の一環で実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 森脇武夫・土田孝・橋本涼太・中井真司・加納誠二・海堀正博(2019)：2018年7月豪雨による広島県の土砂災害の特徴(1999年6.29災害と2014年8.20災害との比較)．土木学会論文集B1(水工学)，75(1)，244-259.
- 2) 山本晴彦・川元絵里佳・渡邊祐香・那須万理・坂本京子・岩谷潔(2019)：2018年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害の特徴と土地利用の変遷．自然災害科学，38(2)，185-205.
- 3) 松四雄騎(2016)：自然地理学の知と応用地質学の技を援用する新世代の斜面崩壊予測とハザードマッピング．日本地理学会発表要旨集，89，p20.
- 4) 浅田寛喜・皆川朋子・小山彰彦・一柳英隆(2020)：平成29年7月九州北部豪雨による斜面における表層崩壊の要因分析．応用生態工学，23(1)，185-196.
- 5) 目代邦康(2012)：日本における地生態学の誕生と発展．地学雑誌，121(2)，367-383.
- 6) 羽田野誠一(1986)：山地の地形分類の考え方と可能性．東北地理，38，87-89.
- 7) 松井健(1988)：土壤地理学序説．築地書館，316p.