

河川砂防技術研究開発
【成果概要】

		氏名 (ふりがな)	所属		役職
①研究代表者		ごとう さとし 後藤 聡	山梨大学大学院総合研究 部工学域土木環境工学系		准教授
②研究 テーマ	名称	局地的大雨による大規模表層崩壊発生機構の解明と危険地抽出技術の開発			
	政策 領域	[分野] 砂防技術分野	融合 技術	(リモートセンシング、非破壊検 査、認知行動学 等)	
		[公募課題] 火山地域における大規模土砂 災害への対応に関する技術開発研究			
③研究経費 (単位:万円)	平成26年度	平成27年度	平成28年度	総 合 計	
※端数切り捨て。	1,898	1,986	922	4,806	
④研究者氏名					
氏 名		所属・役職 (※平成29年3月31日現在)			
檜垣 大助		弘前大学・教授			
林 信太郎		秋田大学・教授			
若井 明彦		群馬大学・教授			
佐藤 剛		帝京平成大学・准教授			
酒井 直樹		(国研) 防災科学技術研究所・主任研究員			
福岡 浩		新潟大学・教授			
落合 博貴		(公社) 日本地すべり学会・会長			
⑤研究の目的・目標					
(目的) 降下火山碎屑物からなる急斜面において、今後予想される局地的大雨によって発生する大規模表層崩壊の危険地を把握するため、伊豆大島および阿蘇山における大規模崩壊発生事例と、これまでに当学会が収集したものを含めた過去の崩壊発生事例を用いて、局地的大雨に相当する豪雨による降下火山碎屑物斜面の崩壊発生および大規模化の機構の解明と大規模表層崩壊の素因である降下火山碎屑物斜面を地質・地形・地盤要因から抽出し豪雨による大規模崩壊発生危険度を評価し、危険箇所を推定する手法の開発を行う。					
(目標)					
① 伊豆大島および阿蘇山における大規模表層崩壊発生斜面の地形・地質・地盤要因の評価					
② 降下火山碎屑物斜面における崩壊発生要因の抽出					
③ 実規模斜面崩壊実験等による降下火山碎屑物の大規模表層崩壊発生機構の解明					
④ 高精度地形図を用いた地形解析による危険地抽出手法の開発					
⑤ 大規模表層崩壊危険箇所抽出手法の開発					

⑥研究成果

1. 研究の背景・目的

(研究開始当初の背景・動機、目標 等)

(研究開始当初の背景・動機) 近年、ゲリラ豪雨と通称されるような局地的な大雨による土砂災害の発生が注目されるようになってきている。平成21年7月の広島県庄原市においては極めて狭い範囲に降った豪雨によって1000箇所余りの表層崩壊が多発し、それに起因する土石流が下流に大きな被害をもたらした。それに先立つ平成20年の山口県豪雨も含め、今後気候変動により局地化すると推測される豪雨によって特に西日本に多く分布するマサ土地域の表層崩壊が増幅する可能性が懸念されていた。しかしながら、平成25年10月16日、伊豆大島元町地区の降下火山砕屑物の堆積した30度以上の急傾斜地において、時間雨量100mmの降雨が3時間連続することにより表層崩壊が多発して大規模な土石流を形成し下流に甚大な被害を与えたのは記憶に新しい。直後に関係する学会等が行った現地調査の結果、崩壊した斜面は火山灰とスコリアが互層をなしておりその中にすべり面が形成され崩壊していること、また、土層内に形成されたパイピング孔の存在が指摘されているものの、これらが豪雨中に果たした役割は明らかではない。

また、大規模な表層崩壊の発生範囲が1338年の噴火時に流出した溶岩の分布域に一致しており、地形への影響を含め溶岩流と崩壊規模の間に何らかの影響を及ぼしていた可能性が指摘されているが、現時点で明快な回答は見いだされていない。火山国であるわが国に多く分布する降下火山砕屑物の堆積域において、今後、増加すると推定される局地的な豪雨を考慮すると、こうした大規模な表層崩壊現象が発生する危険性を予め予想して対策を講じておくことが極めて重要な課題であると考えられる。

以上のような社会的科学的背景から、今後の斜面防災対策のため、さらには国土の健康診断に資するため、想定される局地的な大雨による斜面災害発生危険箇所の抽出手法を構築し脆弱性評価に資することが求められている。

(目標) 降下火山砕屑物からなる急斜面において、今後予想される局地的な大雨によって発生する大規模な表層崩壊の危険地を把握するため、伊豆大島および阿蘇山における大規模崩壊発生事例と、これまでに当学会が収集したものを含めた過去の崩壊発生事例を用いて、局地的な大雨に相当する豪雨による降下火山砕屑物斜面の崩壊発生および大規模化の機構の解明と大規模表層崩壊の素因である降下火山砕屑物斜面を地質・地形・地盤要因から抽出し豪雨による大規模崩壊発生危険度を評価し、危険箇所を推定する手法の開発を行う。

2. 3カ年の研究内容

(研究の方法・項目等)

本研究の方法・項目は以下の通りである。

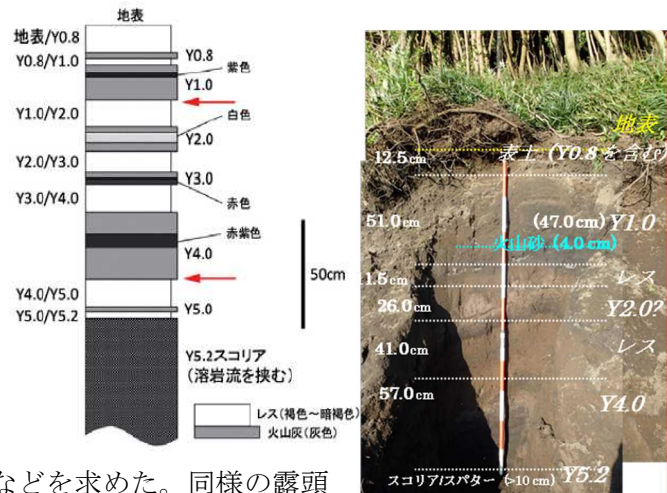
- (1) 伊豆大島および阿蘇山における大規模表層崩壊発生斜面の地形・地質・地盤要因の評価
 - (1-1) 現場調査による斜面微地形条件、発生斜面及び崩壊土塊の火山灰土層構成(露頭・貫入試験)、降雨浸透特性(火山灰の不飽和透水特性)の把握(H26)
 - (1-2) 伊豆大島での崩壊機構の定性的な仮説構築(H27)
- (2) 降下火山砕屑物斜面における崩壊発生要因の抽出
 - (2-1) 火山砕屑物崩壊要因整理(H26)
 - (2-2) 地形開析度と表層地質要因の検討(H26-27)
- (3) 実規模斜面崩壊実験等による降下火山砕屑物の大規模表層崩壊発生機構の解明
 - (3-1) 要素試験による降下火山砕屑物のせん断強度・流動特性の評価(H26-27)
 - (3-2) 降下火山砕屑物斜面の安定度評価による崩壊発生機構の推定(H26-27)
 - (3-3) 実規模降下火山砕屑物モデル斜面実験による崩壊発生機構の解明(H26-27)
- (4) 高精度地形図を用いた地形解析による危険地抽出手法の開発
 - (4-1) 過去の事例での立体地形図作成、地形分類(H26)、
 - (4-2) 表層地質調査(H26-27)
 - (4-3) 地形開析度・地形分類・表層地質の組合せによる危険斜面抽出手法検討(H27)
- (5) 大規模表層崩壊危険箇所抽出手法の開発
 - (5-1) 火山砕屑物堆積斜面での崩壊事例による手法の検証(H28)
 - (5-2) 大規模表層崩壊危険箇所抽出手法の提案(H28)

⑥研究成果 (つづき)

3. 研究成果

表層崩壊発生箇所における露頭調査・試料採取

崩壊後の斜面における地層について、火山灰とレスの層序・層厚を調査した。試料は、すべり面と思われる層の上に堆積した Y1.0 火山灰層とその下に堆積するレス層、Y4.0 火山灰層とその下に堆積するレス層から採取した。参考として崩壊現場における地層の堆積環境の模式図を右図に示す。図中の赤色の矢印は今回の災害において、すべり面の多い境界を示している。採取した試料を用いて、乾燥密度、含水比、飽和度、土粒子の密度等の物理特性、一面せん断試験より強度定数、透水試験より飽和透水係数などを求めた。同様の露頭調査および土質試験を阿蘇山においても実施した。



大型降雨実験施設による実規斜面崩壊実験

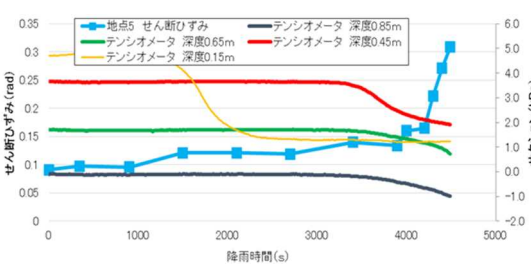
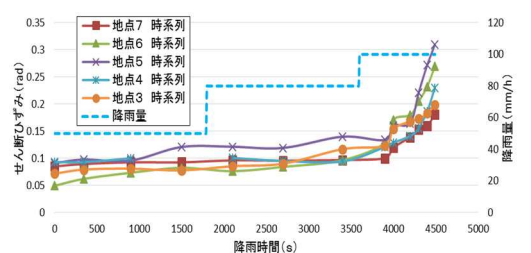
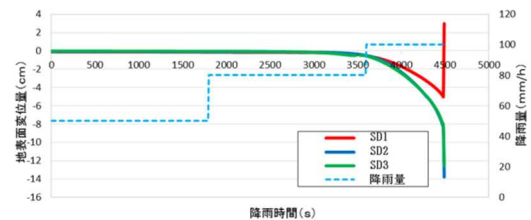
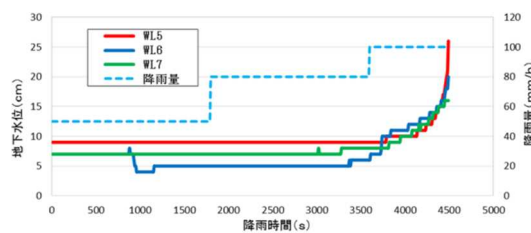
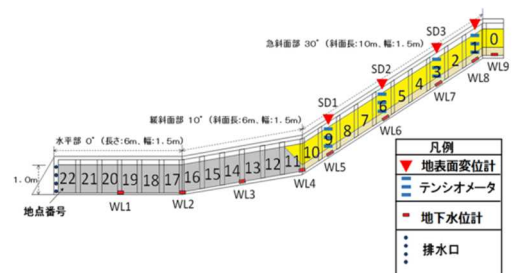
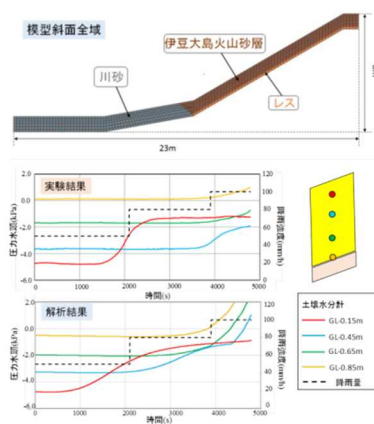
平成 27 年度において、伊豆大島の現地から火山灰およびレスを採取・運搬し、実規模の斜面崩壊実験を実施した。各種計測器の設置位置および時刻歴を右図に示す。

散水開始から 4000 秒後では、散水開始からの降雨が斜面内に浸透したことや、降雨量が 100 mm/h に増えたことで、モデル斜面内の地下水位および地表面変位量が急増した。しかし、サクションに関しては、同様の挙動を示さなかった。表層崩壊が発生した地点より下部にあるテンシオメータ 7, 11, 15 の計測値は、緩やかに低下した後、崩壊に至っていることが確認された。つまり表層崩壊発生直前の特徴として、崩壊発生地点および、その下部では、斜面内のサクションが低下した後、表層崩壊に至ることが明らかになった。

地点 3 から地点 7 までのせん断ひずみを散水開始を 0 秒とした時刻歴で示す。この図より、4000 秒までのせん断ひずみの変化は、あまり見られなかった。散水開始から 4000 秒を過ぎたあたり (降雨量: 100 mm/h) で、せん断ひずみの緩やかな増加が見られ、4200 秒後から 4490 秒後にかけてせん断ひずみが急増し表層崩壊発生に至ったことが確認できた。

斜面崩壊実験の数値シミュレーション

模型実験に用いた砂の物性を考慮した有限要素法に基づく飽和・不飽和浸透流解析による数値シミュレーションを行った。降雨実験中に観測された土中の間隙水圧の時刻歴を再現するとともに、解析結果はおおむね実験結果を精度よく再現するものであり、こうした豪雨時の斜面崩壊の機構解析に同解析が有効であることが確認された。



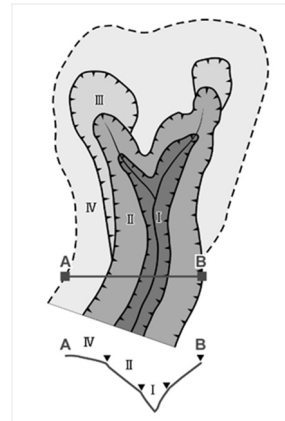
⑥研究成果 (つづき)

高精度地形図を用いた詳細地形分類

赤色立体地図による地形判読と現地踏査を行い、遷急線に注目して斜面をタイプⅠ～Ⅳに分類した。各斜面タイプの特徴および模式図にしたものを表および図に示す。各斜面のタイプの境界の遷急線(タイプⅠの斜面と谷底との境界は遷緩線)を赤色立体地図から判読し、その結果を直接ペンで書き込んだ。赤色立体地図は、尾根と谷を明暗で区別し、傾斜の緩急を彩度(赤色)で表現されることから、傾斜の急なタイプⅠの斜面は暗赤色となっている。この斜面を連続的に判読していくことで斜面の地形分類図が作成される。その結果は、地理情報システム(GIS)で管理し、判読結果は、各タイプの斜面と降下テフラの残存率を推定することに用いられる。

表 各斜面タイプの地形特徴

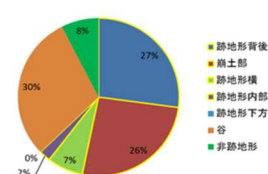
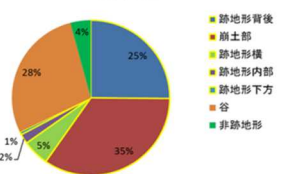
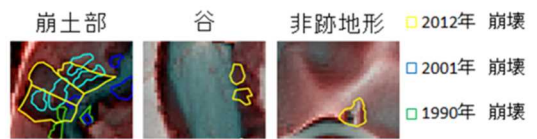
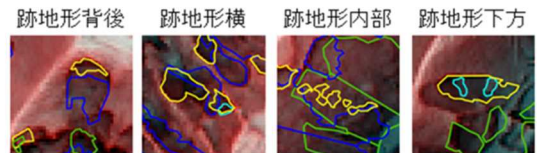
タイプⅠ	上方をタイプⅡの斜面と遷急線とで区切られ、急傾斜を呈す斜面である。下方は谷底面と遷緩線をもって接する。堆積物が斜面上を被覆することなく、基盤岩が露出していることもある。表層崩壊跡の集合体で構成されるともいえる。
タイプⅡ	上方をタイプⅣもしくはⅢの斜面と遷急線をもって接し、下方はタイプⅠの遷急線をもって接する斜面である。縦断面形は直線状で、凹型斜面になっていることもある。谷頭部に位置する場合は、水平・縦断面形ともに凹型となり、小さ谷がそれを開析する。そのほとんどは、火山灰とレスの互層に覆われている。表層崩壊が発生している箇所もあり、4.1で記載したように阿蘇では、このタイプの斜面内で発生した崩壊の堆積物が斜面内にとどまる事例もある。
タイプⅢ	上方をタイプⅣの斜面と遷急線をもって接し、下方はタイプⅡの遷急線をもって接する斜面である。縦断面形は凹型もしくは直線状をなし、その傾斜はタイプⅡの斜面よりも緩い。火山灰とレスの互層に覆われる。谷頭に位置する場合は三方をタイプⅣに囲まれる。水平断面形・横断面形ともに凹型を呈す。タイプⅡの谷頭と同様の地形となるが、小谷による開析が進んでいない点で差異がある。
タイプⅣ	下方をタイプⅢもしくはⅣの斜面と遷急線をもって接する斜面で、タイプⅢおよびⅣの斜面に比べ緩傾斜～平坦な地形を呈す。他の斜面と比べてテフラおよびレスの互層がもっとも厚く認められる。



阿蘇山での高精度地形図による微地形分類にもとづく崩壊発生場の分類

2012年崩壊地は、崩壊跡地形(以下:跡地形)との位置関係から、右図に示すように、1)跡地形に接して背後で発生、2)跡地形に接して横で発生、3)跡地形内部で発生(5を除く)、4)跡地形の下方で発生、5)跡地内部の崩土部を含めて発生、6)跡地形と無関係な谷壁斜面で発生、7)非跡地形(跡地形に接せず谷壁にも位置しない)で発生、の7つに類型化された。

両地区での2012年崩壊の、発生場別の箇所数・発生割合を図に示す。両地区での発生場別の割合は概ね同様の傾向を示し、崩壊跡地内部または隣接斜面で約6割の崩壊が生じている。両地区は、中央火口丘山麓部、外輪山谷壁部と地形的な位置や山体形成以降の斜面形成期間の長さは異なるが、発生場ごとの崩壊発生箇所数が同じような割合を示すことは、火山灰被覆斜面で共通した崩壊のしかたがあって同じような地形変化過程を辿っていることを意味している。

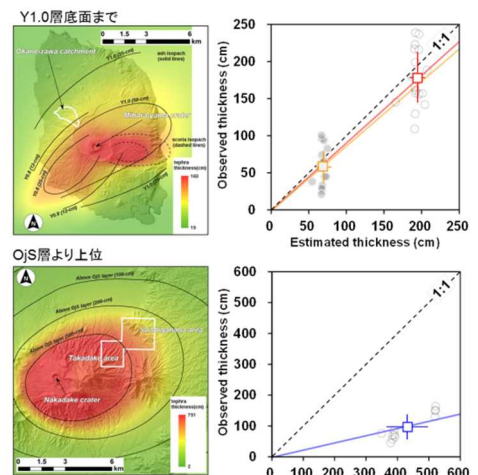


降下火山碎屑物の推定層厚と実測層厚の比較

火山噴火史研究に示されたアイソバックマップの情報をもとにスプライン法による空間補間を施すことで、火山周辺の急傾斜地における火山碎屑物の層厚分布を推定した。現地での露頭観察によって急傾斜地に堆積した火山碎屑物の層厚を実測し、推定結果との比較を行った。

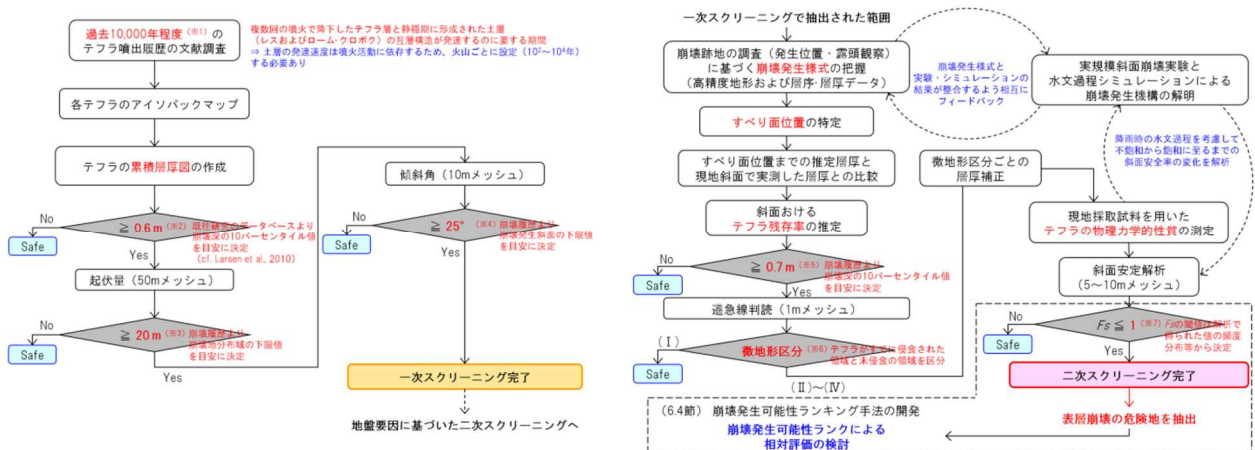
伊豆大島および阿蘇山において地表から表層崩壊のすべり面となった火山灰層までの累積層厚の推定値と実測値を比較した結果を右図に示す。伊豆大島では、実測値が推定値とほぼ同じ値であったが、阿蘇山では、実測値が推定値と比べて明らかに小さくなるのがわかった。

アイソバックマップから得た推定層厚を、ある期間にその地点に降下したテフラの総量と見なすと、テフラが降下した際に、一部が堆積することなく斜面下方に流されるか、その後の表面侵食や斜面崩壊によって削剥されることで、実測層厚が推定層厚より小さくなると考えられる。そこで両者の比を「テフラの残存率」と定義し、斜面安定解析における層厚の設定に用いた。



⑥研究成果 (つづき)

危険地抽出のための崩壊危険度評価アルゴリズムの開発



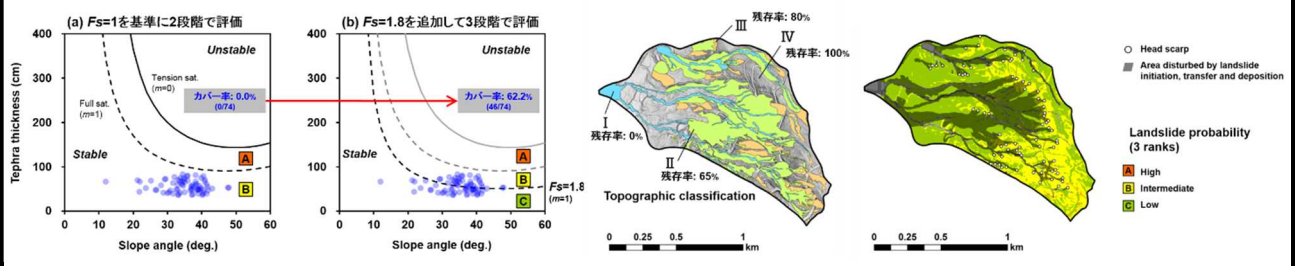
上左図に地形・地質要因に基づいた一次スクリーニングのアルゴリズムを示す。活火山の周辺では、過去の噴火活動に伴い降下・堆積したテフラ（降下火山砕屑物）に覆われた斜面が広く分布する。これらはほとんどの場合、一回の噴火で降下したテフラの単層ではなく、複数の層が成層したテフラ累層であり、累層中の層境界にすべり面をもつ表層崩壊の発生が想定される。そこで一次スクリーニングとして、テフラの供給源となる活火山の噴火史や火山地質図などの既存文献を収集・整理し、テフラの累積層厚図を作成するとともに、基盤地図情報を用いて計算した起伏量および傾斜角の分布に基づいて崩壊危険性のある斜面範囲を抽出する。

上右図に地盤要因に基づいた二次スクリーニングのアルゴリズムを示す。二次スクリーニングでは、一次スクリーニングによって抽出された範囲を対象に、斜面の表層地盤の（不）安定性に基づいた危険地抽出を行う。一次スクリーニングで作成したテフラ累積層厚図を用いてすべり面位置までの推定層厚を現地の実測層厚と比較し、斜面におけるテフラの残存率を算出する。テフラの残存率と斜面地形との対応関係の解析結果より、テフラの残存率の大小関係がいくつかの遷急線で境される斜面上の位置に対応することが示された。そこで次の段階では、崩壊等のテフラの侵食によってできたと思われる遷急線を判読し、遷急線を境にテフラがすでに侵食された領域と未侵食の領域を区分してそれおれに対応した残存率を与える。最後に、斜面安定解析による安全率計算を行う。現地採取試料の土質試験により、せん断強度定数など解析に必要なテフラの物理力学的性質を測定する。なお、この段階において、斜面における水文過程やテフラ累層の崩壊過程を実験・解析的手法で再現できるようになれば、降雨浸透過程とカップリングされた崩壊危険度評価も可能である。

崩壊発生可能性ランキング手法の開発

二次スクリーニングの斜面安定解析で得られた安全率の分布より、安全率の値を3段階に区分（ランク化）し、各ランクの分布を図化した。ランク化のために、実際の崩壊発生箇所を教師データとして、より多くの崩壊発生箇所が捕捉できるような安全率の閾値設定を検討した。

伊豆大島において危険ランクA, B, Cの3段階で評価した結果を下図に示す。崩壊発生箇所の7割程度を捕捉（カバー率 $C_v=0.7$ ）することを目安に安全率 F_s の閾値を下げたところ、 $F_s=1.8$ の段階で約6割（47箇所、 $C_v=0.635$ ）が捕捉できた。下左図に示す通り、この臨界層厚曲線を追加することで $F_s=1$ を閾値とする不安定領域（ランクA）、 $F_s=1.8$ を閾値とする不安定領域（ランクB）、安定領域（ランクC）の3段階で崩壊発生可能性の高さを評価することができた。下右図には、層厚設定に用いた地形区分ごとのテフラの残存率と各ランクに該当する斜面領域の分布を図示した。



⑦研究成果の発表状況

(平成 28 年度)

1. 佐藤剛, 後藤聡, 木村諒, 林信太郎, MegaLia Istiyanti, 小森次郎: 阿蘇カルデラ内で発見されたテフラ被覆斜面堆積物の重力変形, *日本地すべり学会誌*, 印刷中 (受理日: 2017年5月25日).
2. 木村諒, 後藤聡, 若井明彦: 阿蘇火山周辺地域におけるテフラ層厚分布を考慮した斜面安定性と土砂生産ポテンシャルの定量評価, *第55回日本地すべり学会研究発表会*, 2-40, pp.140-141, 2016年8月.
3. 木村諒, 林信太郎, 後藤聡, 佐藤剛, 若井明彦, 土志田正二, 檜垣大助: 阿蘇山周辺の急傾斜地におけるテフラ層厚分布の特徴とその成因, *日本地球惑星科学連合2016年大会*, HDS17-05, 日本地球惑星科学連合2016年大会予稿集: <https://confit.atlas.jp/guide/event-img/jpgu2016/HDS17-05/public/pdf?type=in> (Online), 2016年5月.
4. 木村諒, 林信太郎, 後藤聡, 佐藤剛, 若井明彦, 土志田正二, 檜垣大助: 活火山周辺の急傾斜地におけるテフラ層厚の分布推定, *平成28年度砂防学会研究発表会*, R3-03, 平成28年度砂防学会研究発表会概要集: B100-101, 2016年5月.
5. 木村諒, 後藤聡, 佐藤剛, 若井明彦, 土志田正二: 伊豆大島のカルデラ外縁斜面における降下火山碎屑物の層厚分布推定, *日本地すべり学会誌*53(2), pp.13-19, 2016年3月.
6. 李学強, 檜垣大助: 阿蘇山における豪雨による火山灰被覆斜面の表層崩壊の地形的特徴, *第55回日本地すべり学会研究発表会概要集*, pp.138-139, 8月, 2016.
7. 亀山ひろみ, 横内啓隆, 若井明彦, 蔡飛, 後藤聡: 2013年伊豆大島台風災害で崩壊した斜面の水みちを考慮した降雨浸透解析, *第51回地盤工学研究発表会講演集*, pp.1967-1968, 2016年9月.
8. 堀匡佑, 亀山ひろみ, 小谷健太, 若井明彦, 蔡飛, 酒井直樹, 後藤聡: 豪雨を想定した斜面崩壊実験における地下水挙動の有限要素シミュレーション, *第13回地盤工学会関東支部発表会 (Geo-Kanto 2016)講演集*, pp.272-273, 2016年10月.
9. 後藤聡, 木村諒, 佐藤剛, 土志田正二, 若井明彦, 林信太郎: 伊豆大島火山における降下火山碎屑物の層厚分布・力学特性, *日本火山学会2016年度秋季大会*, 平成28年度砂防学会研究発表会, R3-03, B-100-101, 2016.
10. 若井明彦, 後藤聡, 櫻井正明: 降下火砕物の成層構造を有する斜面の豪雨時崩壊の特徴—平成 25 年台風26号, 平成27年9月関東・東北豪雨など, *第51回地盤工学研究発表会(岡山)*, 0077, pp.153-154, 2016.
11. 後藤聡, 佐藤聖太, 正岡翔, 山口敏之, 木村諒, 若井明彦: 伊豆大島における火山灰層およびレス層の飽和透水特性に関する研究, *第51回地盤工学研究発表会(岡山)*, 0372, pp.743-744, 2016.
12. 正岡翔, 後藤聡, 木村諒, 若井明彦, 佐藤剛, 土志田正二: 平成25年10月伊豆大島豪雨で発生した大規模表層崩壊の発生機構に関する地盤工学的研究, *第51回地盤工学研究発表会(岡山)*, 0940, pp.1879-1880, 2016.
13. 亀山ひろみ, 横内啓隆, 若井明彦, 蔡飛, 後藤聡: 2013年伊豆大島台風災害で崩壊した斜面の水みちを考慮した降雨浸透解析, *第51回地盤工学研究発表会(岡山)*, 0984, pp.1967-1968, 2016.
14. 呂佩哲, 後藤聡, 木村諒, 山口敏之, 若井明彦, 檜垣大助: 平成24年7月九州北部豪雨による阿蘇山地域で発生した表層崩壊の安定解析, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp.269-271, 2016.
15. 堀匡佑, 亀山ひろみ, 小谷健太, 若井明彦, 蔡飛, 酒井直樹, 後藤聡: 豪雨を想定した斜面崩壊実験における地下水挙動の有限要素シミュレーション, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp.272-273, 2016.
16. MaiXuan Dung, 後藤聡, 正岡翔: 伊豆大島の斜面崩壊現場から採取した乱れの少ない試料および再構成試料の一面せん断試験結果の考察, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp.130-132, 2016.

17. 若林巧, 後藤聡, 呂佩哲, 若井明彦, 酒井直樹, 落合博貴: 火山地域における豪雨時の表層崩壊発生機構に関する研究—実規模の斜面崩壊実験による考察—, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp. 276-278, 2016.
18. 徳永翔, 後藤聡: 山中式土壌硬度計を用いた火山灰土の強度特性に関する研究, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp. 395-398, 2016.
19. 仲祐亮, 本明将来, 住田啓輔, 若井明彦, 後藤聡: 遠心場での二種類の給水条件による火山灰斜面の崩壊機構の相違, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp. 281-283, 2016.
20. 小谷健太, 若井明彦, 酒井直樹, 後藤聡: 斜面表層内の地下水位上昇と連動した変位速度増加の有限要素シミュレーション, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp. 274-275, 2016.
21. MegaLia Istiyanti, Satoshi Goto, Sho Tokunaga: CHARACTERISTICS OF CLAY MINERALS IN KUROBOKU ON SHALLOW LANDSLIDES, *the 13th Annual Meeting of Kanto Branch of Japanese Geotechnical Society*, pp. 399-402, 2016.
22. 正岡翔, 後藤聡, 木村誇, 若井明彦, 佐藤剛, 土志田正二: 平成26年10月に伊豆大島豪雨によって発生した大規模表層崩壊に関する研究—火山灰の飽和度による強度定数の変化—, *第13回地盤工学会関東支部発表会講演集*, pp. 284-285, 2016.

(平成 27 年度)

1. 佐藤剛, 小森次郎, 千葉達朗, 後藤聡, 岸本博志, 林一成: 2013年台風26号により伊豆大島大宮沢で発生した土砂移動プロセス, *日本地すべり学会誌*, 第52巻, 第5号, pp. 23-28, 2015年7月.
2. 若井明彦, 深津貴之, 蔡飛, 横内啓隆, 後藤聡: 2013年伊豆大島台風災害の土石流の源頭部斜面の降雨浸透解析, *平成27年度砂防学会研究発表会概要集*, pp. B204-B205, 5月(2015).
3. 木村誇, 後藤聡: 伊豆大島の斜面崩壊形態から推測された2つの崩壊発生機構の検討: 等層厚線図とLiDARデータを用いた崩壊深度の解析, *(公社)日本地すべり学会第54回研究発表会*, 1-16, p. 30-31, 2015.
4. 後藤聡, 檜垣大助, 若井明彦, 福岡浩, 林信太郎, 佐藤剛, 酒井直樹, 落合博貴, 阿部和時, 木村誇: 局地的大雨による大規模表層崩壊発生機構の解明と危険地抽出技術の開発, *(公社)日本地すべり学会第54回研究発表会*, 3-13, pp. 137-138, 2015年8月.
5. 横内啓隆, 若井明彦, 蔡飛, 深津貴之, 後藤聡: 伊豆大島土砂災害の発端となった源頭部斜面の降雨浸透解析, *(公社)日本地すべり学会第54回研究発表会*, P-2, pp. 181-182, 2015年8月.
6. 本明将来, 横内啓隆, 若井明彦, 後藤聡: 2013年伊豆大島台風災害における表層崩壊機構に関する実験的検討, *(公社)日本地すべり学会第54回研究発表会*, P-29, pp. 226-227, 2015年8月.
7. 若井明彦, 蔡飛, 深津貴之, 横内啓隆, 後藤聡: 2013年伊豆大島台風災害で崩壊した源頭部斜面の降雨浸透シミュレーション, *第50回地盤工学研究発表会*, 1038, pp. 2075-2076, 2015年8月.
8. 木村誇, 後藤聡: 大雨時の土砂災害ポテンシャル評価に向けた火山噴火史データの活用, *日本災害情報学会第17回学会大会*, C3-3, pp. 104-105, 2015年10月.
9. 正岡翔, 後藤聡, 木村誇, 佐藤剛, 土志田正二: 平成25年伊豆大島豪雨災害における大規模表層崩壊を引き起こした火山灰層に関する研究, *第12回地盤工学会関東支部発表会講演集*, 材料5-4, pp. 214-217, 2015年10月.
10. 佐藤茎太, 後藤聡, 山口敏之, 若井明彦, 佐藤剛, 林信太郎, 檜垣大助, 木村誇: 阿蘇山および伊豆大島で発生した豪雨による斜面崩壊における火山灰層の透水特性に関する研究, *第12回地盤工学会関東支部発表会講演集*, 環境3-4, pp. 438-441, 2015年10月.
11. 山口敏之, 後藤聡, 若井明彦, 佐藤茎太, 佐藤剛, 檜垣大助, 木村誇, 林信太郎: 平成24年7月九州北部豪雨で発生した阿蘇地域の斜面崩壊における火山灰層の物理特性および力学特性に関する研究, *第12回地盤工学会関東支部発表会講演集*, 防災5-8, pp. 353-356, 2015年10月.
12. 檜垣大助, 李学強, 岸本博志: 阿蘇山における火山灰被覆斜面の崩壊の地形的特徴, *平成28年日*

本地理学会春季学術大会, 2016年3月.

(平成 26 年度)

1. 川合美奈, 後藤聡, 荒木功平, 青野圭佑, 藤森弘晃, 若井明彦: 平成25年伊豆大島豪雨災害の原位置調査による表層崩壊機構の検討, (公社)地盤工学会関東支部GeoKanto2014発表講演集CD-ROM, No. 防災4-4, pp. 305-308, 2014.
2. 青野圭佑, 後藤聡, 荒木功平, 川合美奈, 藤森弘晃, 若井明彦: 平成25年伊豆大島豪雨災害の原位置物理特性に関する検討及び模型実験の提案, (公社)地盤工学会関東支部GeoKanto2014発表講演集CD-ROM, No. 材料4-1, pp. 180-183, 2014.
3. 亀山ひろみ, 深津貴之, 本明将来, 横内啓隆, 住田啓輔, 若井明彦, 後藤聡: 2013年伊豆大島豪雨災害の表層崩壊の検討(その1: 土質特性), (公社)地盤工学会関東支部GeoKanto2014発表講演集CD-ROM, No. 防災4-5, pp. 309-311, 2014.
4. 住田啓輔, 本明将来, 横内啓隆, 亀山ひろみ, 若井明彦, 後藤聡: 2013年伊豆大島豪雨災害の表層崩壊の検討(その2: 崩壊機構), (公社)地盤工学会関東支部GeoKanto2014発表講演集CD-ROM, No. 防災4-6, pp. 312-314, 2014.
5. 檜垣大助・八木浩司: 斜面形状とテフラ層堆積の面からみた斜面変動の発生, 第53回日本地すべり学会研究発表大会講演集, pp. 122

⑧研究成果の社会への情報発信

平成27年12月11日, 国立研究開発法人防災科学技術研究所(つくば市)の大型降雨実験施設で実規模斜面崩壊実験を実施した。この実験成果について, 以下5件の情報発信を行った。

- ・日本テレビ NEWS EVERY TV (平成27年12月11日放送)
- ・日本テレビ NEWS24 WEB (平成27年12月11日放送: <http://www.news24.jp/articles/2015/12/12/07317187.html>)
- ・TBS Nスタ Newsまるわかり TV (平成27年12月11日放送)
- ・フジテレビ FNNニュース WEB (平成27年12月12日放送)
- ・フジテレビ ホウドウキョク StartUp!180 WEB (平成28年1月6日放送: http://www.houdoukyoku.jp/pc/archive_play/00032016010601/9)

⑨表彰、受領歴

- ・第6回サイエンス・インカレ 文部科学大臣表彰（平成29年3月5日），徳永翔（山梨大学工学部土木環境工学科3年生（受賞当時）），「土壌硬度計の高精度化による斜面崩壊発生機構解明に関する研究」
- ・日本地すべり学会第54回研究発表会若手ポスター賞：2013年伊豆大島台風災害における表層崩壊機構に関する実験的検討，本明将来，横内啓隆，若井明彦，後藤聡，（公社）日本地すべり学会第54回研究発表会，山形市，2015年8月。
- ・地盤工学会第51回地盤工学研究発表会優秀論文発表者賞：平成25年伊豆大島豪雨で発生した大規模表層崩壊の発生機構に関する地盤工学的研究，正岡翔，後藤聡，木村誇，若井明彦，佐藤剛，土志田正二，地盤工学研究発表会，岡山市，2016年9月。

⑩研究の今後の課題・展望等

(1) 大規模表層崩壊発生機構の解明に向けた課題：大規模斜面崩壊実験では，地下水位が到達した深度より浅い位置がせん断破壊されて崩壊が発生したため，間隙水圧上昇に伴う有効応力低下とは異なる崩壊発生機構であった。また，飽和－不飽和浸透流解析においては，降雨の鉛直浸透だけでは正水圧が発生せず，斜面上方からの側方流の流入を加えない限り，間隙水圧上昇に伴う有効応力低下が生じないことが示された。一方で，崩壊地調査でモデル化された崩壊発生様式と二次スクリーニングにおける斜面安定解析では，間隙水圧上昇に伴う有効応力低下を仮定した安全率計算を行っている。このような機構の違いは，危険地抽出手法の精度に大きく影響するため，降下火山砕屑物斜面における崩壊発生機構はさらに崩壊実験，降雨浸透，現地現象の総合化により機構を明確にする必要がある。

(2) 危険地抽出手法の開発に向けた課題：地形・地質要因に基づく1次抽出と地盤要因に基づく2次抽出のアルゴリズムを構築することで，危険地抽出のための調査・解析手順を明確化できた。さらに，危険ランクA,B,Cの3段階で評価する新たな手法を提案して，崩壊発生可能性をランク化することができた。ただし，アルゴリズム中にある各項目の入力条件は，火山ごとに異なることが予想されるため，本研究で調査対象としている伊豆大島や阿蘇山以外の火山地域を含めて，より適用性のある危険地抽出アルゴリズムへと発展させるために，継続して検討していく必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

降下火山砕屑物が覆う斜面では，豪雨のみならず地震時にも表層崩壊が多発している。我が国では，火山体の近傍だけでなく，第四紀火山帯に広く分布する丘陵地や台地を刻む斜面にも降下火山砕屑物斜面が広く分布しており，現在，開発が進行するか，将来の開発可能性が高い地域であることが多い。しかも，伊豆大島や阿蘇山での豪雨災害で示されたように，崩土となった火山灰層は流動化しやすく，下流への泥流流下による激甚災害に結びつきやすい。このように，降下火山砕屑物が覆う山地・丘陵地は，今後の豪雨頻度の増大によって大規模な土砂災害が発生する危険性がきわめて高い地域と言える。したがって，本研究の研究成果により，開発（予定）地域の崩壊危険箇所や危険流域の特定し，その地域における降雨特性やリアルタイム降雨予測と結びつけることができれば，土砂災害警戒情報にもとづく迅速な避難行動や，砂防施設建設の優先流域選定などが可能になるため，河川砂防行政の進展に大きく貢献できる。より具体的には，本研究で開発する豪雨時における降下火山砕屑物斜面の崩壊危険地抽出手法は，以下の3点で砂防行政に貢献できる。

- (1) 近年増加傾向にある局地的大雨による土砂災害発生件数の軽減に貢献できる。
- (2) 降下火山砕屑物斜面に特徴的な崩壊発生機構を解明し，危険地抽出手法に反映させるため，既往の急傾斜地崩壊危険箇所把握手法では予測が困難な危険地の把握が可能になる。
- (3) 国土地理院DEMや全国的な整備が進むLPデータを基図に用いて，簡易な手順で降下火山砕屑物層厚を推定し，斜面安全率計算を行う手法を提案するため，全国の火山地域を対象とした広域かつ迅速な危険地抽出と危険度評価が可能になる。

