

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：32511

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350477

研究課題名(和文) 富士山の落石と雪代災害の危険度評価と社会周知の研究

研究課題名(英文) Risk evaluation of rock fall and Yukishiro (Slush avalanche and lahar) disaster in Mount Fuji and its public awareness activity

研究代表者

小森 次郎 (KOMORI, Jiro)

帝京平成大学・現代ライフ学部・講師

研究者番号：10572422

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究によって以下のことが明らかになった。

雪代に関連する事象は湿雪表層雪崩、スラッシュ雪崩・スラッシュフロー、スラッシュラハール、および雪崩関与のない土石流がある。2014以前より雪代の発生は発生は少なく、2014年豪雪でも顕著な事象はなかった。積雪構造が発生条件の鍵を握ると考えられる。地中レーダーによって雪代堆積物/降下碎屑物/溶岩の見分けは可能である。2018年3月にハザードマップにない規模の雪代が発生。御殿場岩屑なだれの側方崖に位置する可能性あり。落石は塊状な岩盤の剥離、露頭内の岩礫の抜け落ち、過去の転石の再移動、人為落石の4タイプ。富士宮ルート9.5号目のルート変更が喫緊の課題である。

研究成果の概要(英文)：This study shows following results, Related phenomena of Yukishiro consist 1) wet-snow surface-layer avalanche, 2) slush avalanche, 3) slush flow, 4) slush lahar and 5) debris flow without avalanche. In this study period, Yukishiro event was less frequent than before 2014. Even the spring in 2014 after record snowfall, remarkable event had never occurred. Snow structure may holds the key of the outbreak condition. Underground surveying radar detects the boundary of Yukishiro sediment, air-fall deposit and lava. Unexperienced and tragic Yukishiro event occurred from shallow valley in March 2018. There is the possibility that the valley is located on the northern scarp of Gotenba debris avalanche. Rock falls can be divided into 4 types; failures of massive rock wall, detachment of rock from agglutinated outcrops, rework of fallen rock and man-made rock fall. For safety of mountain tourist, change the ascending route at the 9.5 station of the Fujinomiya trail is urgently required.

研究分野：自然災害科学，地学教育

キーワード：非噴火時 斜面災害 スラッシュ雪崩 登山道 発生予測

1. 研究開始当初の背景

(1) 富士山の噴火静穏時の災害

富士山における山岳災害は「噴火時の事象」すなわち溶岩流や火砕流、降灰といった事象と、「噴火静穏時の事象」すなわち現在も発生している斜面崩壊や土石流、雪崩といった事象に分けて考えることができる。このうち「噴火時の事象」による災害については、長年の研究と対策、更には書籍やテレビも含めた周知が進んでおり、国民の関心と理解は深い。一方、「噴火静穏時の事象」のうち剣ヶ峰大沢（大沢崩れ）などの谷沿底での土砂流出を除くと、人的・経済的被害が頻繁に出ているにも関わらず、学術的検討は立ち遅れており、また国民の関心と理解は浅い。

(2) 富士山の雪代

富士山では、急激な降雨と融雪によって流動性の高い極度の湿雪雪崩「スラッシュ雪崩」が発生し、さらに下流で土石流・泥流に変化する。この一連の現象を「雪代」という。この雪氷・土砂移動現象は、主に11月～12月と2月～4月に発生し、表層の火山灰やスコリアを巻き込み大規模化しやすい(図1)。発生にともなう斜面の状況の変化は遠方からでも認識が可能であり、富士山特有の雪崩現象でもあることから、その発生機構や発生要因については1940年代から研究は行われている(例えば安間,2007.富士火山など)。

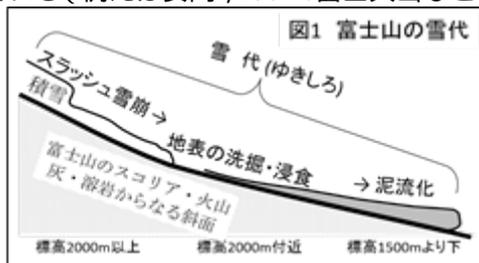


図1. 富士山南東斜面の雪代の模式図

(3) 富士山の落石

落石は山体の傾斜が増す5合目付近より上で多く、発生箇所は多岐にわたる。中でも1980年の吉田大沢や2009年の富士宮新五合目の事象は特筆すべき落石事故で、1980年～2012年の間では死者16名重軽傷者36名の人的被害が発生している。北アルプスの白馬大雪渓に次ぐ国内2番目となるこの数字は、富士山の落石の恐ろしさを示している。このうち、2009年の事故については後に関係機関により「想定外」とされたが、実際には2008年6月にも同じ駐車場の大型バス用の駐車スペースで同規模の落石が確認されている。これは、登山者だけでなく一般の観光客であっても重大事故に遭遇する可能性があること、およびその危険性が一般にも理解されていないこと、を示す。

(4) 斜面災害リスクの増大と複雑化

近年の登山者数が30万人前後を推移する富士山は、世界で最も人の集まる高山の一つ

である(図2)。2013年には世界遺産にも登録され、さらに2015年頃からの訪日外国人旅行客の急増もあり、登山目的以外の利用者も含めて、訪れる人の年齢や国籍、自然災害に対する知識や意識の差異は大きくなりつつある。また、高い標高、厳しい気象条件、活火山の不安定な斜面等の条件が加わるため、富士山での斜面災害リスクは世界的に見ても特に大きく、多様といえる。したがって、様々な見地からの研究と対策が急務である。

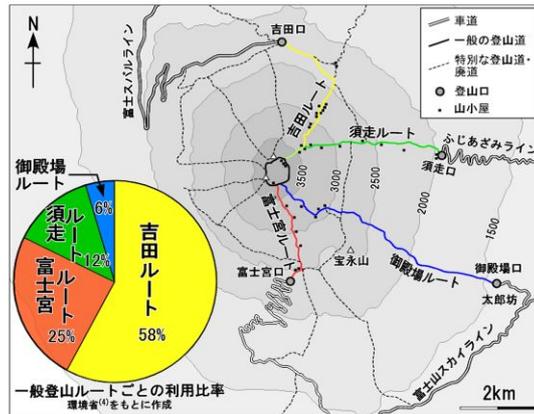


図2 富士山の登山道と利用率

2. 研究の目的

(1) 雪代研究

上述したように、富士山の雪代研究は既に発展した段階ではあるが、喫緊に解決すべき課題が現在でも残されている。本研究では、雪代の頻発斜面(南東斜面)において、できるだけ細かい発生事例の収集と、素因となる積雪条件(積雪深度と積雪構造(氷板の有無等))を調べる。

(2) 落石研究

上述したように、富士山の落石研究は未発達な段階で、かつ喫緊の課題である。そこで本研究では、富士山の落石の発生場所、発生時間の傾向を解明し、特に危険な落石発生源について、登山道と落石箇所との関係の「見える化」を行う。

3. 研究の方法

(1) 雪代

南東斜面において雪代の発生を直前/直後の現地調査から明らかにし、素因・誘因と発生規模との関係をさぐる。これらの結果から、雪代の発生とその規模の事前予測を行う。

(2) 落石

落石の危険性がある岩壁を対象に、発生の記載・測量・定点観測をもとに落石発生個所の分類、および危険度評価を行う。

4. 研究成果

(1) 雪代現象の詳細

本助成期間中に確認できた雪代に関連する事象は次の5つに大きく分類できる(カッコ内にその事例の発生年月と地点を示す。発

生日時は助成期間外の事象も含める)。

湿雪表層雪崩：点発生・面発生のどちらもある。2014年3月18日富士吉田側斜面，2007年12月29日御殿場側，2009年3月13日須走側。

スラッシュ雪崩：水を大量に含んだ雪崩。2015年2月23日太郎坊駐車場上，2015年3月19日宝永火口西側上部。

スラッシュフロー：上述のスラッシュ雪崩が流下中にスコリアを取り込み雪泥流化したもの。2017年4月17日太郎坊。2018年3月5日。

スラッシュ雪崩，スラッシュフローから変化した土石流：安間(2007)のスラッシュラハール。2018年3月5日須走口海苔川。

雪崩は関与せずに発生する土石流：2014年3月13日御殿場側砂沢。2017年4月17日のスラッシュ雪崩の後続流。

いわゆる「雪代」はこのうちの ~ の一連の現象と の現象を含む。一方，上記が に変化する事例は2014年3月18日があるが，東側斜面では確認されなかった。助成期間中に乾雪雪崩の発生は確認できなかった。

### (2) 南東側斜面での発生傾向

雪代の発生につながる「大量の降水」と「温暖な気温」については，それをもたらす気圧配置(日本海低気圧)は，伊豆大島と輪島の気圧差(気圧傾度)でも示され，1978年から2017年のデータに基づくと，その値がおおよそ3 hPa を超えると発生事例が増えることがわかった。

本研究で主な調査対象とした富士山東斜面においては，本助成期間中(2014年春~2018年春)は2005年~2009年と比較して雪代の発生頻度は低く，発生規模も比較的小さかった。特に2014年の2月の豪雪の後の春は規模の大きなスラッシュ雪崩の発生が危惧されたが，前述の気圧差「3 hPa」を超える天候であっても顕著な事象の発生はなかった。これは積雪層内に雪崩発生につながる不透水層面(氷板)が形成されないことが考えられる。

### (3) 地中レーダーによる堆積物調査

富士山の中でも特に雪代の堆積が盛んな太郎坊周辺で，雪代堆積物/降下碎屑物/溶岩の分布状況を確認することを目的に地中レーダーによる探査を行った(図3)。その結果，降下碎屑物とその基盤をなす溶岩との境界

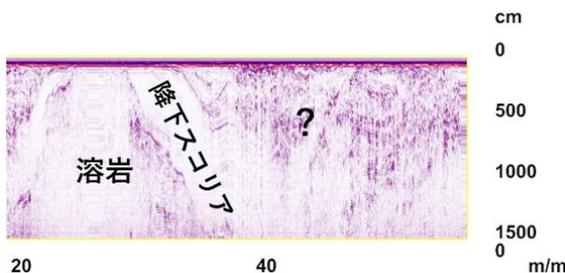


図3 探査断面の例 (横幅は約40m)

は明瞭に把握することができた。さらに，溶岩に乗る碎屑物の層厚は最大で15 m程度で，太郎坊駐車場南側の地形の狭窄部で基盤が急激に浅くなっていることがわかった。降下碎屑物とその二時堆積である雪代堆積物の境界は不明瞭であるが，上位の厚さ数mの塊状部分が雪代堆積物の可能性がある(図3左の?記号部分)。本助成の期間外となるが今後は範囲を広げ確認を進めたい。

### (4) 2018年3月5日の東斜面の雪代

本研究期間中に発生した雪代のうち，最も特筆すべき事象は2018年3月5日に須走側斜面で発生し二人の犠牲者を出したものである。当初これは，通称グランドキャニオン(標高1800 m付近)から発生した土石流として報告されたが，実際には須走口登山道の標高2400m付近から発生したスラッシュ雪崩が原因であることが本研究により確認された。これは標高2200 m付近からスコリア交じりのスラッシュフローとなり，さらにグランドキャニオン周辺で土石流に変化して発生点から約10kmを流下した。この事象による振動は防災科学技術研究所の地震計(富士宮口5合目)の16:28~16:30分の約2分間の波形に相当すると考えられる。標高930 m付近で北へ分流した土石流は，東富士五湖道路の須走料金所，および国道138号線の道の駅の直近まで流下した。周辺では過去にこのような雪代災害の記録はなく，現行の富士山ハザードマップにもここまでの災害履歴は記されていない。

周辺の地形，地質の状況，および既存研究(金子ほか，2004。科学技術振興調整費 成果報告書)から発生域は御殿場岩屑なだれ(BC.920年)の崩壊地形の左岸側方崖の下部に相当する可能性がある。その場合，こういった現象は過去2900年間続いていたと考えられる(図4)。



図4. 2018年3月5日のスラッシュ雪崩の発生地点と想定される御殿場岩屑なだれの左岸側方崖の位置

### (5) 落石

富士山の登山道沿いで見られる落石の発生地点は次の4つのタイプに分類される(図5, 6)。

#### 【タイプ1】塊状部の剥離

脚部の碎屑部の浸食に伴う，溶岩や溶結し

たスコリア層からのトッピングで規模が大きくなりやすい。例：1980年吉田大沢落石事故、2008-09年富士宮5合目駐車場の事象、富士宮ルート9.5合目で懸念される落石、宝永第一火口北壁から頻発する落石。

【タイプ2】露頭面からのブロック状の抜け落ち

弱溶結のスコリア層に混在する火山礫・岩塊が抜け落ちる。例：富士宮ルート7合目で懸念される落石。

【タイプ3】転石の再移動

斜面上に堆積した転石が、登山道脇の斜面から再度転落する。例：富士宮口5.5合目付近。

【タイプ4】人為落石

上方の登山者によって誘発された落石。ブル道等、つづら折れになっている箇所でも頻発する。タイプ1の剥離型の落石を誘発する場合も考えられる。例：2015年9月13日の事故。



**タイプ1 塊状部の剥離**  
脚部の碎屑部の浸食に伴う、溶岩や溶結原層のトッピング、規模が大きくなりやすい。  
・1980年吉田大沢落石事故。  
・2008、09年富士宮5合目駐車場。  
・富士宮ルート9.5合目で懸念される落石。  
・宝永第一火口北壁から頻発する落石。

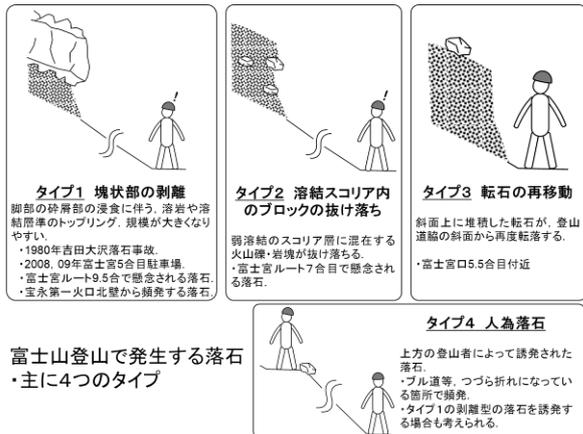
**タイプ2 溶結スコリア内のブロックの抜け落ち**  
弱溶結のスコリア層に混在する火山礫・岩塊が抜け落ちる。  
・富士宮ルート7合目で懸念される落石。

**タイプ3 転石の再移動**  
斜面上に堆積した転石が、登山道脇の斜面から再度転落する。  
・富士宮口5.5合目付近

富士山登山で発生する落石  
・主に4つのタイプ

**タイプ4 人為落石**  
上方の登山者によって誘発された落石。  
・ブル道等、つづら折れになっている箇所でも頻発。  
・タイプ1の剥離型の落石を誘発する場合も考えられる。

図5. 富士山で見られる落石発生個所のタイプ分け



**タイプ1 塊状部の剥離**  
脚部の碎屑部の浸食に伴う、溶岩や溶結原層のトッピング、規模が大きくなりやすい。  
・1980年吉田大沢落石事故。  
・2008、09年富士宮5合目駐車場。  
・富士宮ルート9.5合目で懸念される落石。  
・宝永第一火口北壁から頻発する落石。

**タイプ2 溶結スコリア内のブロックの抜け落ち**  
弱溶結のスコリア層に混在する火山礫・岩塊が抜け落ちる。  
・富士宮ルート7合目で懸念される落石。

**タイプ3 転石の再移動**  
斜面上に堆積した転石が、登山道脇の斜面から再度転落する。  
・富士宮口5.5合目付近

富士山登山で発生する落石  
・主に4つのタイプ

**タイプ4 人為落石**  
上方の登山者によって誘発された落石。  
・ブル道等、つづら折れになっている箇所でも頻発。  
・タイプ1の剥離型の落石を誘発する場合も考えられる。

図6. 落石発生個所4タイプのイメージ

現在使われている登山道の周辺でもっとも落石の危険性が高いと考えられる場所は富士宮口登山道の標高 3620m ~ 3680m の区間である(図7)。助成期間中には顕著な地形変化は見られなかったが、この区間は登山道に不適である。代替策として西側のブルドーザー道を登山/下山道として使うことが考えられる。このほか、宝永火口の北側カルデラ壁でも落石が頻発している。

**本研究における落石調査の縮小について:** 本

研究の期間中に右足小指を怪我したことで、登山を伴う山頂周辺の調査が十分にできず、当初目標としていた岩盤の詳細な状況把握、観測ができなかった。これに伴い、申請時に挙げた雪崩・落石発生の実績図と目録、および一般向けの地図の作成・配布を含めた現地への成果の還元についても助成期間中に実施が完了できなかった。今後完了を急ぐ。また、落石危険性のある岩盤斜面に直接取りついて観測する必要があるが、安全のためにこれには開山前、または後に登山道を封鎖し作業を行うことが望まれる。



図7. 富士宮ルート上部の落石危険箇所

(6) 成果のアウトリーチ

2015年1月、かわさき市民アカデミーにおいて「スバルライン分断! 富士山巨大スラッシュ雪崩(雪代)に見る自然の力と山地災害」と題し、富士山の雪崩、落石災害の概要と対策に関する市民向け講演を行った。さらに、2016年10月に日本火山学会2016年秋季大会の現地討論会の案内者として火山学会関係者34名を対象に、富士山東斜面のスラッシュ雪崩頻発斜面の解説を行った。今後は、山麓周辺の博物館等での成果の公開を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

佐藤 剛, 小森次郎 他, 2015, 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, 52, 255-260. (査読あり)

小森次郎, 2014, 富士山の登山環境と御殿場ルートの魅力. 地理, 708, 12-17. (査読無し)

[学会発表](計5件)

小森次郎・奈良間千之, 2018, 富士山南東斜面のスラッシュ雪崩堆積物の地中レーダー探査による解釈. 日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ).

小森次郎, 2017, 富士山で発生する融雪泥流・雪崩の発生の特性. 日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ).

小森次郎, 2015, 富士山登山道周辺の落石の特徴と事故防止案. 自然災害学会学術講演会(山口大学).

小森次郎, 2015, 富士山東斜面の雪代現象の特徴と雪崩発生の素因. 日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ).

小森次郎, 2015, 富士山における落石と登山者事故の特徴. 日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

#### テレビ出演

・2018年3月8日TBS「ひるおび」「Nスタ」, 須走口ルート, スラッシュ雪崩 - 土石流災害についての現地解説.

・2018年3月6日NHK「ニュースウォッチ9」 須走口ルート, スラッシュ雪崩 - 土石流災害についての現地解説.

・2014年4月10日BS朝日「ボクらの地球」 積雪とスラッシュ雪崩の関係についての現地解説.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

小森次郎 (KOMORI, Jiro)

帝京平成大学・現代ライフ学部・講師

研究者番号: 10572422

##### (2) 研究分担者

佐藤 剛 (SATO, Go)

帝京平成大学・現代ライフ学部・教授

研究者番号: 00468406

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

( )