

平成 19 年 3 月 25 日に発生したスラッシュ雪崩の映像解析

国土交通省富士砂防事務所 石井靖雄, 石原慶一, 荒木孝宏, 中川達也
アジア航測株式会社 ○松原わかな, 小川紀一郎, 千葉達朗, 佐野寿聡

1. はじめに

富士山では、頻繁にスラッシュ雪崩が発生していることが知られている（安間,2007）が、その現象を平成 19 年 3 月 25 日にわが国で初めて映像として捉えることができた。
本検討では、これら映像を解析することにより、スラッシュ雪崩の流速や流下状況、規模等を把握することを目的とした。

2. 映像データの概要

解析対象とした映像データは、大沢流域に設置された CCTV のうち、大沢源頭部調査工事現場（標高：2,095m）のものである。
大沢源頭部調査工事現場の CCTV が捉えたスラッシュ雪崩を捉えた映像とその時刻を図 1 に示す。

3. 解析方法

本検討は、撮影された 6 回のイベント（第 1～6 波）に対して、表 1 に示したとおり、解析の適応性等を考慮したうえで、定性・定量的な解析を実施した。特に、流速については PIV（Particle Image Velocimetry）解析（粒子画像流速測定法）を実施した。各波に対して実施した解析項目を表 1 に示す。
定量的解析の適応性の評価は、対象イベントごとに CCTV カメラの撮影方向と流下方向の関係を考慮し、算出結果に対する誤差の大きさを考慮した結果、撮影方向が流下方向とほぼ直行しているイベント（第 1 波から第 3 波）に対してのみ、実施した。

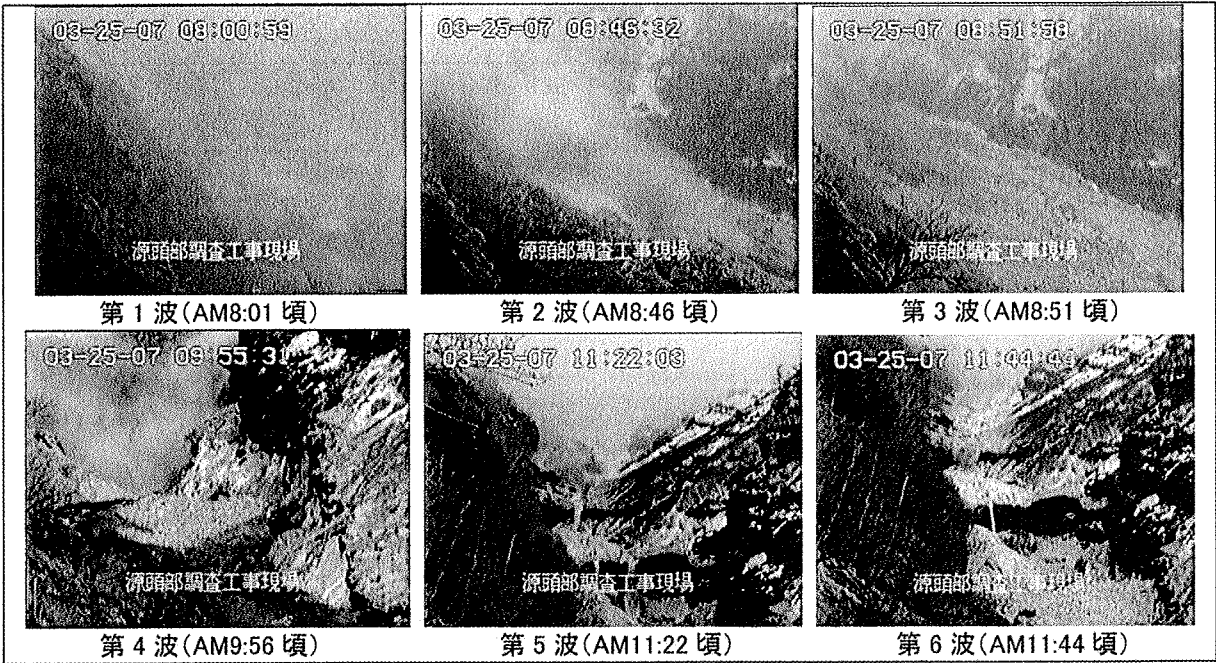


図 1 源頭部調査工事箇所 CCTV で捉えたスラッシュ雪崩の映像と時刻

表 1 映像解析項目

	定性的解析		定量的解析			備 考
	運動 形態	流下物 の内容	PIV 解析	画像解析		
				流下速度 の算出	通過体積量 の算出	
第 1 波	○	○	○	○	○	
第 2 波	○	○	○	○	○	
第 3 波	○	○	○	○	—	一部分のみの流下であることから、通過 体積の算出は困難である。 カメラが堰堤方向に向いていることから、 算出される流下速度に大きな誤差を 含む可能性があるため、算出は困難で ある。
第 4 波	○	○	—	—	—	
第 5 波	○	○	—	—	—	
第 6 波	○	○	—	—	—	

4. 解析結果

4.1 定性的解析の概要

スラッシュ雪崩の CCTV 映像に基づき、流下物の色やしぶきの状況等の定性的な事項を整理し、スラッシュ雪崩の流動形態等を把握した。

CCTV 映像より、対象イベントは流下形態の明らかな違いにより、「スラッシュ雪崩」と「流動現象」の 2 つに区分した。スラッシュ雪崩に区分されたイベントのうち、もやがかかっている第 1 波以外の 3 波（第 2、4、5 波）については、スラッシュ雪崩の本体が流下する前に水が流れていることを映像から確認できた。

スラッシュ雪崩と流動現象の区分ごとに、運動形態や流下物の内容について、その特徴を表 2 に示す。

表 2 流下形態の区分

	スラッシュ雪崩	流動現象
対象	第 1 波 第 2 波 第 4 波 第 5 波	第 3 波 第 6 波
流下速度	とくに、先頭部の流速が早く、しぶきを伴い流下する	先頭部分にしぶきを伴うような流れが見えず、河床を這うように流下する
流下物の色	全体的に白い	全体的に黒い
流下形態	先頭付近で白い煙状のしぶきの後、河道全体に土砂が流下し、次第にプラグフロー的な流れに移行 第 1 波以外は、スラッシュ雪崩の発生前に流水が認められる	スコリアを多く含み黒く粘性が高く、しぶきはほとんどない 含水率が高い場合は、河道を這うように進み、高い場合は、河道を流れる

4.2 定量的解析の概要

(1) PIV 解析

本調査では、実河川にも適用できるように改良した手法である LSPIV 法 (Large Scale Particle Image Velocimetry) によりスラッシュ雪崩の速度解析を実施した。LSPIV と PIV の最大の違いは、LSPIV が斜め撮影した画像を幾何補正する機能を包括している点である。

本調査では、スラッシュ雪崩発生にともなう先端部の雪の巻揚げやそれに続く雪・土石等の混合流などの動きを可視化トレーサとして計測した。流下形態が「スラッシュ雪崩」に分類された第 1 波と第 2 波の解析結果について表 3 に示す。なお、「流動現象」に分類された第 3 波の結果については、発表で示す。

表 3 LSPIV 解析に基づくスラッシュ雪崩の流速

	時刻 継続時間	平均 最大 最小	備考
第 1 波	8:01:01 98 秒	12.9m/s 39.0m/s 0.2m/s	23.5m/s 以下の速度が全体の約 90% 約 70%が 3~24m/s
第 2 波	8:46:33 50 秒	14.0m/s 34.1m/s 4.3m/s	平均速度を中心とした約 80%が 6~20m/s 約 97%が 4~25m/s

(2) 画像解析による流下速度と通過体積の算出

画像解析による流下速度と通過体積の算出では、CCTV 映像のコマごとの映像を画像として出力し、各コマにおける同一流下物の位置を同定し、その距離を計測することにより、スラッシュ雪崩の流下速度を計測した。その上で、第 1、第 2 波については、画角中心に想定した断面を通過した各スラッシュ雪崩の体積を算出した。

第 1 波の流下速度は先頭部で 20m/s 以上、後続流で 2m/s 程度となり、通過体積は約 39,000m³であった。第 2 波では、先頭部の流速が 18~37m/s、後続流が 1~5m/s 程度、通過体積は約 29,000m³であった。

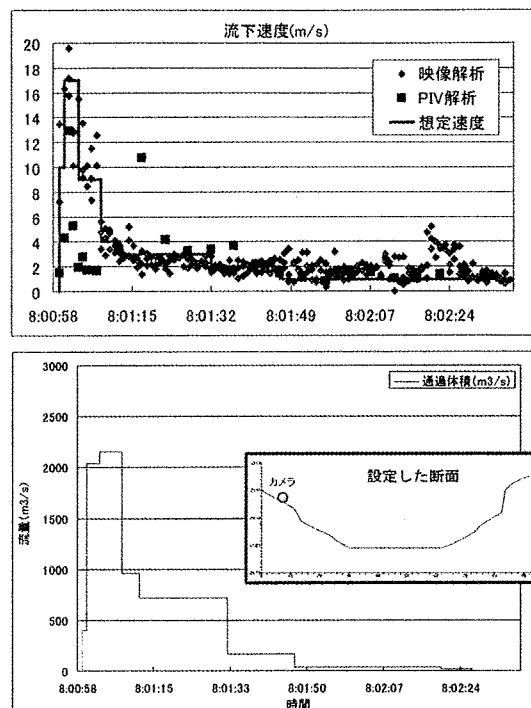


図 2 第 1 波の想定流下速度（上）と通過体積（下）

定量的解析の結果、第 1 波は第 2 波に比べてしぶきの到達高さは低かったが、継続時間が長く、PIV 解析に基づく最大流速および通過体積は最大であることから、CCTV で撮影された 6 つのイベントの中で最大規模であったと考えられる。

5. まとめ

今回のスラッシュ雪崩では 20m/s 以上の速度が生じたと推定され、第 1 波では瞬間的に約 23m/s 以上、第 2 波では約 25m/s 以上の速度が出たと推定された。

第 1 波のスラッシュ雪崩の流下流速は画像解析では最大で 19m/s、PIV 解析では 39m/s であった。これらの流下速度の違いは、画像解析が画角内の 1 物体の移動に着目し算出しているのに対して、PIV 解析では画角内の多数の物体の移動状況から速度を算出するという、算出方法の違いに起因していると考えられる。

本検討に基づき得られたスラッシュ雪崩の諸元等は、ハード・ソフト対策に資する基礎データとなる。

6. 参考文献

安間 荘：富士山で発生するラハールとスラッシュラハール，富士火山，山梨県環境科学研究所，p.285-301，2007