

H2-5

砂利を含む雪崩の長距離流動化に関する分析

The analysis of overlong distance for snow avalanche include grand

○水村秀喜¹, 小田憲一², 小林義和²*Hideki Mizumura¹, Kenichi Oda², Yoshikazu Kobayashi²

Abstract: 2011 年 3 月 12 日に長野県北部を震源とした地震では、土砂災害・雪崩が多数発生した。その際に、新潟県津南町では、通常よりも広範囲に及ぶ雪崩が発生した。当時の被害状況の報告では、周辺に大量の土砂が存在したため、雪崩が長距離化したと考えられている。しかし、長距離化に直接影響する要因は未だわかっていない。そこで本研究では、雪崩の長距離化に土砂の混入がどれだけ影響するかを確認するため、模型斜面を用いて小規模の雪崩を発生させ、雪と土砂を観測している。これまでに、流下中の雪と土砂を分けて観測させるために、画像処理を用いた検出手法を提案している。この手法から雪崩を分析した結果、雪単体の雪崩に対して、砂利の粒径が大きい土砂を含む雪崩は到達距離が長くなることがわかった。本報告では、更に到達距離から速度域と減速域、停止域に定義した分析結果を述べる。

1. はじめに

長距離流動化する雪崩の多くは土砂を伴う現象として知られている¹⁾。しかしながら、土砂が流動中の雪崩にどの程度、影響を及ぼしているかは未だ明確にされていない。本研究では、これまでに小規模な模型斜面を用いた人工雪崩実験を行い、雪のみで流下させた雪崩と砂利を含ませて流下させた雪崩を観察している²⁾。この結果、雪に砂利を含めた供試体を流下させることで、雪のみの流動に比べて到達距離に変化が現れることを確認している。しかしながら、到達距離に変化を及ぼす要因を詳細に把握することはできていない。そこで本研究では、過去に行った実験と同様の斜面を用いて人工雪崩実験を行い、実験で撮影した流下状況の動画から、雪や砂利を明確に区別できるような二値化画像を作成し、人工雪崩の形状変化を時系列で整理することで、雪と砂利の到達距離を算出した。なお、本報告では長距離化する原因を解明すべく到達距離のグラフを参考に速度域、減速域と停止域に着目した分析結果を述べる

2. 模型斜面実験

本実験は、平成 28 年 2 月 26 日から 3 日間かけて防災科学技術研究所雪氷防砂研究センター内の野外観測場にて行った。実験で用いた試料は、自然積雪と玉砂利とした。玉砂利は、おおよそ粒径 1cm のものを用いた。雪崩は、あらかじめ雪や砂利を流動発生装置に敷き詰め、模型斜面上に落下させることで発生させた。実験は 3 ケースで行った。雪のみの実験を Case1、雪と砂利の重量比を変えた実験を Case2, Case3 とし、それぞれのケースにおける実験回数は 4 回である。表 1 に各ケースの雪と砂利の重量を示す。また実験時には

上部に 2 台のアクションカメラと、側部に 1 台のビデオカメラの計 3 台を用いて人工雪崩の流動過程を撮影した。図 2 に模型斜面を示す。

表 1 実験試料の重量

	Case1	Case2	Case3
雪	10.7kg	12.8kg	13.0kg
砂利	9.9kg	4.95kg	

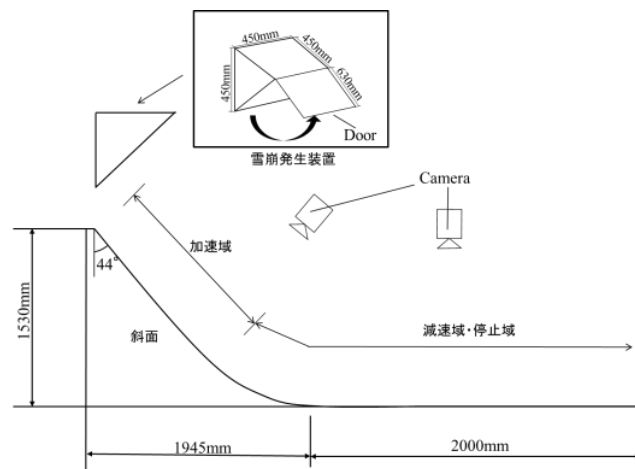


図 2 模型斜面の横断面図

3. 雪崩の到達距離

本研究では、実験で発生させた雪崩を撮影した動画を用い、雪と砂利の到達距離の計測手法を提案して検出を行った³⁾⁴⁾。3 ケースにおける代表した到達距離の時刻歴を図 3 に示す。図より、雪単体の雪崩に対して粒径を含む雪崩は、0.51sec から長距離化することがわかった。そこで本報告では、この現象を解明するため到達距離の時刻歴から加速域、減速域と停止域を直線近似で定義しそれぞれの区間で流れがどのように変化

1: 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 2: 日本大学理工学部土木工学科

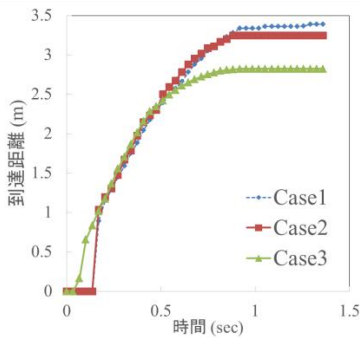


図 3 到達距離の時刻歴

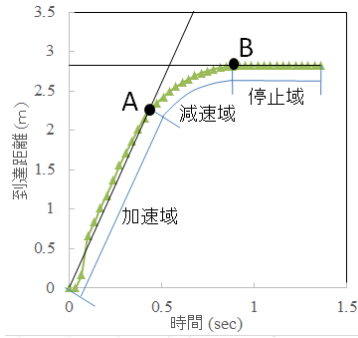


図 4 速度領域の定義

表 2 AB 間における速度領域の時間帯

	最短	最長
Case1	0.44s~0.85s	0.44s~1.08s
Case2	0.47s~0.68s	0.47s~1.02s
Case3	0.47s~0.74s	0.47s~0.98s

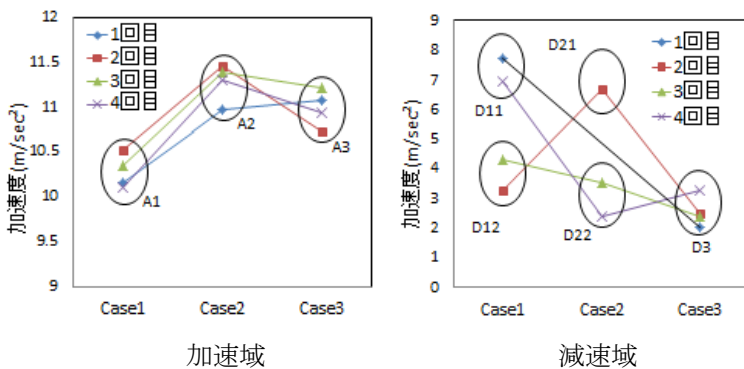


図 5 3 ケースにおける各速度領域の加速度

するのかを分析する。図 4 に各速度領域の定義を示す。各ケースにおける実験回数から各速度領域の時間帯が最短・最長の区間を表 2 に示す。また、図 5 に加速度を示して分析し、長距離化を解明する。ここで、図 5 における Case2 の減速域における実験 2 回目は異常値のため、ここでは排除した。ここで扱う加速度は、定義した各速度域の開始時と終了後の時間幅と到達距離の移動量を割ることで求めた平均加速度を表している。(1)式に各速度域の加速度を求める計算式を示す。こ

$$\alpha = if \begin{cases} \text{加速域} \rightarrow (L_A - 0)/(T_A - 0) \\ \text{減速域} \rightarrow (L_B - L_A)/(T_B - T_A) \end{cases} \quad (1)$$

で、 α は加速度であり L_A, L_B はそれぞれ A,B 点の到達距離である。また T_A, T_B はそれぞれ A,B 点の時間である。

4.1 各速度領域の加速度

加速域の場合、表 2 から時間帯は 3 ケースとも 0.00sec~0.46sec 付近であり、ほぼ一定である。加速度は Case2 が最大であり、Case1 とは平均 1.0m/sec²かつ Case3 とは平均 0.5 m/sec²違いがある。また 3 ケースとも安定していることから、A1,A2,A3 としてグループ化

した。減速域の場合、表 2 のから時間帯は 3 ケースとも非一定であり、Case1 が最も減速時間が長いことがわかる。加速度は全体的に Case1 が最大であり、Case3 とは平均 3.0 m/sec²違いがある。また Case1,Case2 は安定していないことから Case1 は D11,D12, Case2 は D21,D22, Case3 は D3 としてグループ化した。

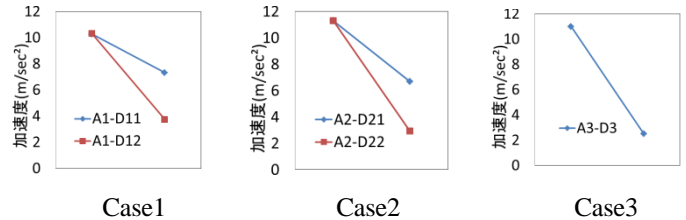


図 6 グループ化した各速度領域の加速度

4.2 加速域と減速域の関係

図 6 に 3 ケースにおける各速度領域の加速度をグループ化し、平均化した結果を示す。その結果、Case1 と Case2 には関係性があることがわかった。また、Case3 は他のケースと比べ加速度に大幅な違いが見られた。以上から、砂利を含む雪崩は、雪と砂利の重量を変えた場合に長距離化は起きるが、加速域と減速域における加速度の変位量は一定であると考えられる。

5. まとめ

本報告では雪崩の長距離化を到達距離の時刻歴から加速域と減速域、停止域に定義し分析した。その結果、図 6 に示した通り、加速域と減速域における加速度の変位量は Case1 と Case2 は関係性があることがわかった。よって雪と砂利の重量を変えると雪崩の長距離化は起きるが、雪崩内部の運動が大きく起因していると考えられる。今後は詳細に分析するため、雪崩を三次元化し内部状況を観測して長距離化の現象を解明する。

参考文献

- [1] 上石 勲, 本吉 弘岐, 石坂 雅: 2011年3月12日に発生した長野県北部地震と大雪の複合災害, 防災科学技術研究所主要災害調査第48号, 2012.
- [2] 山田 将憲, 小田 憲一, 上石 勲: 模型斜面を用いた土砂を含む雪崩の流動挙動に関する研究, 雪氷研究大会 (2015・松本)発表講演集, p. 80, 2015.
- [3] 水村 秀喜, 小田 憲一, 小林 義和: 二値化画像を用いた砂利を含む雪崩の流動解析, 地盤工学会(2017・名古屋)発表講演集, p. 32, 2017.
- [4] Hideki Mizumura, Kenichi Oda, Yoshikazu Kobayash: Study on observation for snow avalanche include landslide using binarized image, 6th International Conference on Civil Engineering (6th ICCE 2017), p.71, 2017.