

雪庇と吹きだまりの形成過程と構造の解明に向けて（その 1）

Towards Elucidating the Formation Processes and Internal Structures of Snow Cornices and Snowdrifts 1

布川 大暉¹, 田邊 章洋², 西村 浩一¹, 齋藤 佳彦¹,
大風 翼³, 安達 聖², 山口 悟², 伊藤 陽一²
Taiki Nunokawa¹, Takahiro Tanabe², Kouichi Nishimura¹, Yoshihiko Saito¹,
Tsubasa Okaze³, Satoru Adachi², Satoru Yamaguchi², Yoichi Ito²

Corresponding author: nunokawa@snow-eaters.com (T. Nunokawa)

¹株式会社雪研スノーイーターズ, ²防災科学技術研究所雪氷防災センター, ³東京科学大学 環境・社会理工学院

¹Yukiken SNOW EATERS CO.,Ltd., ²NIED, ³Institute of Science Tokyo

山地の尾根付近で吹雪によって形成される雪庇と吹きだまりは、雪崩発生要因の一つである。雪崩による事故を防ぐためには、両者の形成に至る気象条件とプロセス、さらには脆弱性を含めた構造の理解が不可欠である。本研究では雪庇や吹きだまりの形成及び脆弱性の定量化に向けて 2026 年 2 月 5 日から 7 日および 3 月 7 日から 8 日にかけてニセコモイワスキー場の山頂付近で集中観測を実施し、風速や吹雪フラックス等の吹雪状況や吹雪前後の雪面形状の変化及び雪庇の成長過程を計測した。

1. はじめに

山地の尾根付近で吹雪によって形成される雪庇や吹きだまりは経験的に雪崩発生要因の 1 つとなることが考えられており、ニセコ地域では長年の経験や蓄積を基に雪庇や吹きだまりの安定性に言及して、雪崩事故防止に向けた注意喚起や立ち入り規制を実施している。雪崩事故を防ぐためには、雪庇や吹きだまりの形成に至る気象条件やプロセス、さらには脆弱性を含めた構造の定量的な把握が重要である。しかし吹きだまりや雪庇が形成されるような猛吹雪での観測が困難であること、吹きだまりの安定化が早いため吹雪後の観測では実態が把握できないなどの理由で、研究事例がほとんど存在せず、定量化に至っていないのが現状である。上記の背景を踏まえ、本研究では雪庇や吹きだまりの形成及び脆弱性の定量化に向けて集中観測を実施した。

2. 観測概要

集中観測は北海道のモイワスキー場の山頂付近にて、2026 年 2 月 5 日から 7 日および 3 月 7 日から 8 日にかけて計 2 回実施した。観測内容は風向風速計、スノーパーティクルカウンター (SPC)、レーザー距離計による風向・風速、吹雪フラックス、積雪深の吹雪状況の連続観測や UAV-LiDAR を用いた吹雪前後の雪面形状の変化の計測を計測した。また吹雪前に積雪端部に高さ

1 m 程度の人工的な鉛直断面を作成し、2D レーザースキャナーを用いて断面上での雪庇の形成のプロセスを連続的に計測 (図 1) した。さらに、積雪内部の微細構造を把握するための定期的な吹きだまりのサンプリングや木下式硬度計、積雪硬度の鉛直分布が計測可能なゾンデ (小型マルチスノーゾンデ) を用いた脆弱性の定期観測も実施した。

図 2 に設置した観測機器、表 1 に観測概要を示す。また 2 月に実施した集中観測では、2D レーザースキャナーの計測方向と主風向が一致せず、雪庇の形成をとらえることができなかったため、3 月の集中観測では、北よりの風を対象としたもの (アンベツ側) と西よりの風を対象としたもの (見返り側) の 2 箇所に観測機器を設置した (図 3)。

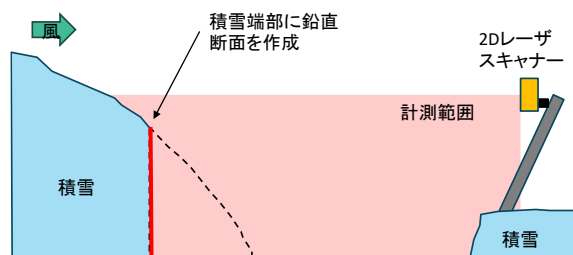


図 1 2D レーザースキャナーによる雪庇形成過程の計測イメージ



図2 設置した観測機器

表1 観測概要

観測項目	使用機材	計測間隔
風向風速	超音波風向風速計	10分
吹雪 フラックス	スノーパーティクルカウンタ (SPC)	1秒
積雪深	レーザー距離計 (自作)	1秒
雪底形成 プロセス	2D レーザースキャナー (SNOW LINE)	10分, 1分
雪面形状の 変化	UAV : DJI Matrice300RTK LiDAR : DJI Zenmuse L1	吹雪前と吹雪 後



図3 観測機器の設置状況
(2026年3月7日—8日)

3. 観測結果

本発表では2026年3月7日から8日にかけて実施した集中観測について、吹雪状況、吹雪前後の雪面形状の変化、雪底の形成プロセスの観測結果を報告する。

3. 1 吹雪状況

計測方向と風向が概ね一致していたアンベツ側の風向風速、飛雪流量、積雪深の変化量の観測結果を図4に示す。風向風速は10分間の平均値、飛雪流量は10分間の積算値、積雪深の変化量は10分間の中央値として整理した。なお、SD2は機器の不調により計測ができなかった。

風向風速をみると、観測時は北風が卓越しており、7日21時ごろから8日12時ごろまで 8 m s^{-1} を超える風が続いていた。特に7日22時頃から8日2時頃までは平均的に 10 m s^{-1} を超える強風で、飛雪流量も増加し、吹雪が発達した。また、積雪深の変化をみると、風下側のSD1では風速が低下し始めた8日2時ごろに20 cm程度急激に増加し、以降は増減を繰り返し観測終了時には開始時から60 cm程度の増加が見られた。観測機器付近に設置したSD3とSD4の間の距離は3 mで積雪変化の波形が類似しているが、位相にはずれが生じており、吹雪や吹きだまりの空間的不均一性を反映している。

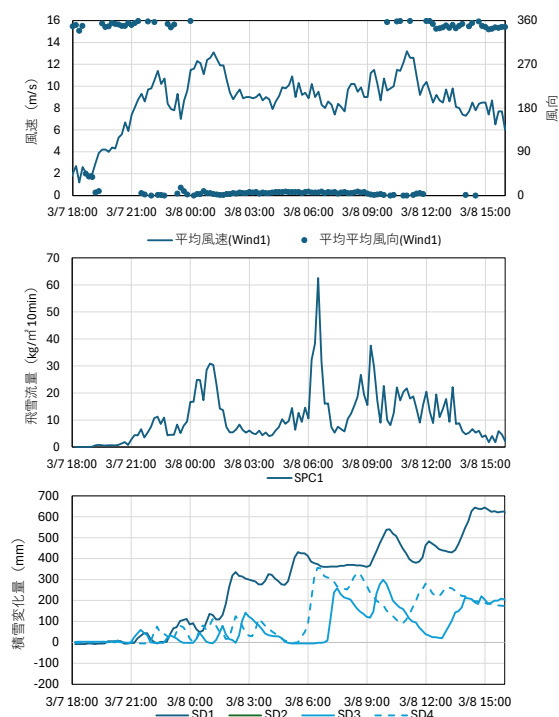


図4 吹雪状況の観測結果
(アンベツ側, 2026年3月7日—8日)

3. 2 吹雪前後の雪面形状の変化

UAV-LiDAR によって計測した 3 次元点群データから 20 cm グリッド毎に平均値を算出し、雪面高さの DSM (Digital Surface Model) を作成した。また観測前後の雪面高さの差分が吹雪による積雪の増減と仮定し、面的な吹きだまり分布を算出した。図 5 に算出した吹きだまり分布を示す。風上側では全体的に 0.3 m 程度の積雪増加が見られた。一方で風下側に当たるアンベツ側では 1 m 以上の吹きだまりが見られ、吹雪によって多量の雪が運ばれたことを示している。

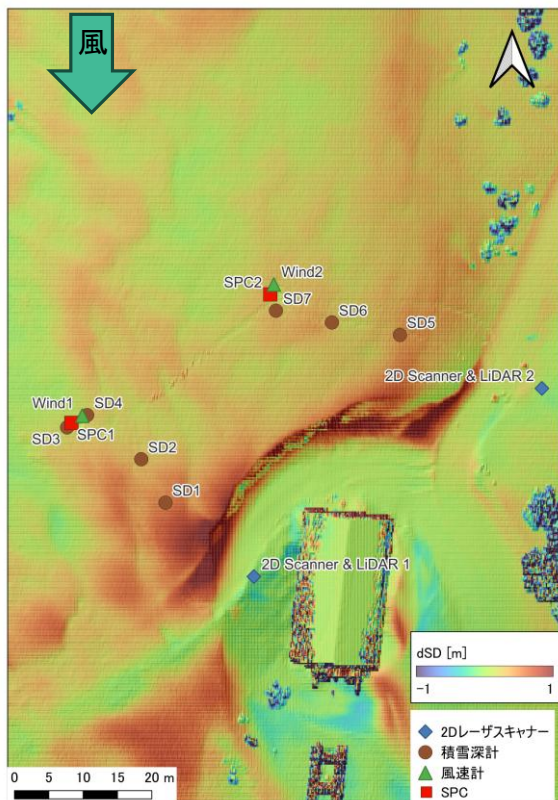


図 5 吹きだまり分布 (2026 年 3 月 7 日-8 日)

3. 3 雪底の形成プロセス

2D レーザースキャナーによって計測した雪底の形成および成長が特徴的であった時刻の結果を図 6 に示す。計測結果には一部吹雪粒子を捉えていると考えられる部分があるものの、風速を 10 m s^{-1} を超えた 7 日 22 時頃から断面上部で雪底が形成されはじめ、徐々に成長するプロセスを捉えることができた。その後、雪底が小さくなり下部の積雪が増加する状況が計測された (3 月 8 日 1 時 10 分ごろ)。このとき上部の積雪も減少しており、吹き払われたまたは雪底が落下したと

考えられる。さらに、8 日 1 時 30 分ごろには下部積雪と雪底が一体化する状況も確認された。

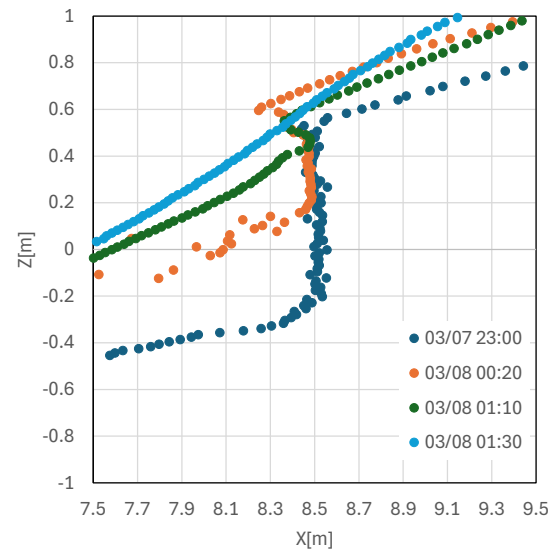


図 6 2D レーザースキャナーによる雪底形成過程の計測結果

(アンベツ側, 2026 年 3 月 7 日-8 日)

4. まとめ

本研究では雪底や吹きだまりの形成及び脆弱性の定量化に向けて集中観測を行い、吹雪状況や吹雪前後の雪面形状の変化、雪底の形成プロセスを計測した。さらに、雪底形成後、雪底の落下や吹き払いによる下部の積雪の増加を経て、最終的には下部積雪と雪底が一体化し吹きだまりを形成する一連のプロセスを捉えることができた。なお、観測後に計測箇所付近の吹きだまりの断面を切り出すと、内部に空洞が確認された。こうした空洞の形成が吹きだまりや雪底の脆弱性の要因の 1 つになるとも考えられる。

今後は計測した雪底や吹きだまりの形成と風速等の気象条件の関係性の定量化および雪底や吹きだまりの内部構造や脆弱性の定量化を行うと共に、面的な雪底・吹きだまり形成箇所の推定に基づいた雪崩発生箇所の予測を進めていきたいと考えている。

【謝辞】

本観測にあたっては、ニセコモイワスキー場、ニセコ雪崩調査所の新谷暁生氏に多大なるご協力いただいた。この場を借りて深く感謝いたします。本研究は JSPS 科研費 (22K03747, 21H04601) の助成を受けた。