

小型風洞装置による自然積雪面上における地吹雪の観測

Observation of drifting on a natural snow surface with a small wind tunnel

菅原 邦泰^{1,2}, 櫻井 俊光¹, 西村 敦史¹

Kuniyasu Sugawara^{1,2}, Toshimitsu Sakurai¹, Atsushi Nishimura¹

Corresponding author: sugawara-k@ceri.go.jp (K. Sugawara)

自然に積雪した新雪面上における地吹雪発生の様子を観測するために、簡易的な小型風洞装置を作成し、寒地土木研究所の石狩吹雪実験場にて観測を実施した。観測では、装置内の温度と風速を記録しつつ、雪粒子の運動を高速度カメラで撮影した。本観測では、雪面の起伏から雪粒子が転がり出る様子を撮影した。また、風速および気温がほぼ同程度の条件であっても、撮影された雪粒子の個数には差異があり、例えば雪面構造など気象以外の条件も地吹雪の状態に影響していたことが示唆される。

1. はじめに

吹雪の発生を気象等の条件に基づいて判別する取り組みはこれまでにされており、主として風速と気温の関係で表される。竹内ら¹は石狩川河川敷において目線高さ程度の高い地吹雪の発生を観測し、その際の気温および風速の測定値に基づいて、高い地吹雪の発生臨界条件を提案した。佐藤ら²は、幅 30cm のミニ風洞を用いて自然雪面の雪粒子の飛び出し風速を測定し、雪粒子の終端落下速度との関係を見出した。一方、吹雪発生の物理過程に焦点を当て、室内風洞において地吹雪粒子の挙動を観察した研究例も存在する^{3,4}。

著者らは、地吹雪の発生と雪面上における雪粒子の積もり方に依存関係があるという仮説に基づき、自然に積雪した新雪面上における地吹雪発生の様子を調べた。本稿では、小型風洞装置によって撮影した地吹雪粒子の運動の様子について、簡単にその結果を紹介する。

2. 手法

2. 1 小型風洞装置

本研究で用いた小型風洞装置(図1)は幅 80cm、奥行き 15cm、高さ 20cm のアクリル製である。端部には PC ファンを取り付けており、側面の一面は透明板として高速度カメラによって雪粒子の運動を撮影した。PC ファンは DC コンバータと接続し、電圧および電流を調整することで風速を変動させた。風洞内部には温度計と超音波風速計を取り付け、内部状況をモニタリングした。



図1 本研究で用いた風洞装置

2. 2 観測

寒地土木研究所が所有する石狩吹雪実験場にて、2024年2月21日、22日、26日、27日の4日間において観測を行った。観測では、積雪面表層がカメラの画角に映るように雪面上に風洞を設置した。地吹雪粒子の撮影時には、数秒間、風を流入させた。

本稿では、2月21日13時42分の事例(以下、事例1)、2月22日18時37分の事例(以下、事例2)、および2月22日18時41分の事例(以下、事例3)の3事例を紹介する。事例1では、風洞天板を解放し、1時間程度風洞内に新雪を積もらせた後、天板を閉じて5.4秒間撮影を行った。事例2では、降雪後間もない雪面にて天板を解放させた状態で8.3秒間撮影を行った。また、事例3は事例2と同日の事例であるが、天板を閉じて

¹ 土木研究所 寒地土木研究所

² 北海道大学大学院理学院

Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute
Graduate School of Science, Hokkaido University

3.8 秒間撮影した。高速度カメラの設定値は、事例 1 ではフレームレート 200FPS、露光時間 500 マイクロ秒とし、事例 2 および事例 3 ではフレームレート 250FPS、露光時間 400 マイクロ秒とした。なお、各事例の撮影中における平均の風洞上部の風速、風洞内部の温度は表 1 に示した。

表 1 各事例における風速および温度

	風速 (m s^{-1})	温度 ($^{\circ}\text{C}$)
事例 1	7.0	-4.0
事例 2	5.5	-5.5
事例 3	7.0	-5.5

3. 結果

事例 1 において撮影された映像から、目視で判別した画角上の吹雪粒子を図 2 に示す。事例 1 の撮影時間は 5.4 秒間であったが、合計で 300 個の飛雪粒子を確認できた。また、図 2 中に破線丸で示した箇所では、雪面の起伏から雪粒子が転がり出る様子と考えられる。事例 1, 2, および 3 のそれぞれにおいて 1 秒あたりに撮影された粒子数は、30.4 個、23.5 個、および 13.0 個であった。このうち、事例 1 と事例 3 では風速および風洞内温度がほぼ同程度であったものの、粒子数は大きく異なることを確認した。

図 3 に、各事例における粒子速度の頻度分布を示す。事例 2 および 3 では、 2 m s^{-1} 程度の速度を持った粒子が卓越する分布であった。一方、事例 1 では粒子速度の分布範囲がより幅広く、複数のピークを有する分布であった。また、事例 1 および事例 2・3 の間でも異なる分布であった。加えて、目視したところでは、事例 1 および事例 2・3 では、雪面における雪の積もり方が異なる様子であった。以上をまとめると、地吹雪の発生様態は、雪面構造をはじめとした風速および気温以外の要因にも影響を受けることが示唆される。

なお、本研究では粒子を目視にて判別したこと、および奥行き方向の撮影誤差が内在することには留意されたい。加えて、本研究で用いた風洞装置の内部には、乱流の影響が存在する可能性がある。これらの点は、次期冬期以降の観測に向けて改善していく所存である。今後、これらの点を踏まえて装置に改良を加えつつ、更なる観測を行う予定である。

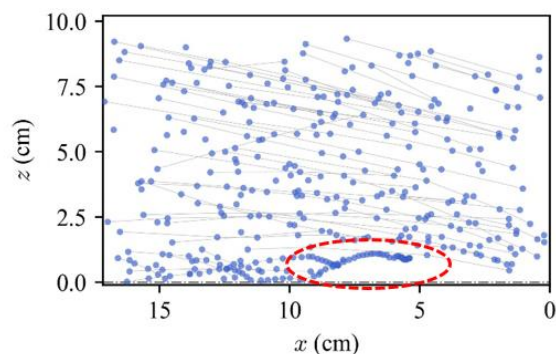


図 2 事例 1 における吹雪粒子

青丸は粒子を表し、確認された粒子の軌跡を灰色線で示した。横軸はカメラ映像に準拠して左向きを正とし、縦軸は雪面を 0 とした。

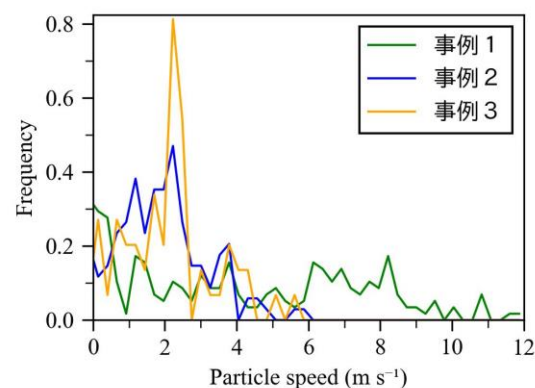


図 3 各事例における粒子速度の頻度分布

【参考文献】

- 1) 竹内政夫, 石本敬志, 野原他喜男, 福沢義文, 1986: 降雪時の高い地吹雪の発生限界風速, 昭和 61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集, 252.
- 2) 佐藤研吾, 高橋修平, 谷藤崇, 2003: 雪粒子の飛び出し風速と雪面状態の関係, 雪氷, **65**, 189–196.
- 3) Sugiura, K., and N. Maeno, 2000: Wind-tunnel measurements of restitution coefficients and ejection number of snow particles in drifting snow: Determination of splash functions, *Bound.-Layer Meteorol.*, **95**, 123–143.
- 4) Nemoto, M., and K. Nishimura, 2001: Direct measurement of shear stress during snow saltation, *Bound.-Layer Meteorol.*, **100**, 149–170.