

風洞実験による吹雪粒子のスプラッシュ過程の研究

杉浦幸之助・西村浩一・前野紀一（北大・低温研）

1. はじめに

吹雪とは、一般に雪粒子が風によって空中を舞う現象を指し、境界層内で吹雪粒子と雪面、さらに吹雪粒子と風（空気）とが複雑に相互に作用しあう現象である。

この吹雪粒子の運動形態には、転動、跳躍、浮遊の3つがある。このうち雪輸送に最も寄与するのは跳躍運動であり、1)風による粒子の取り込み、2)粒子の軌道変化、3)粒子と雪面の衝突、4)風速変化、という4つのサブプロセスにわけて考えることができる（図1）。

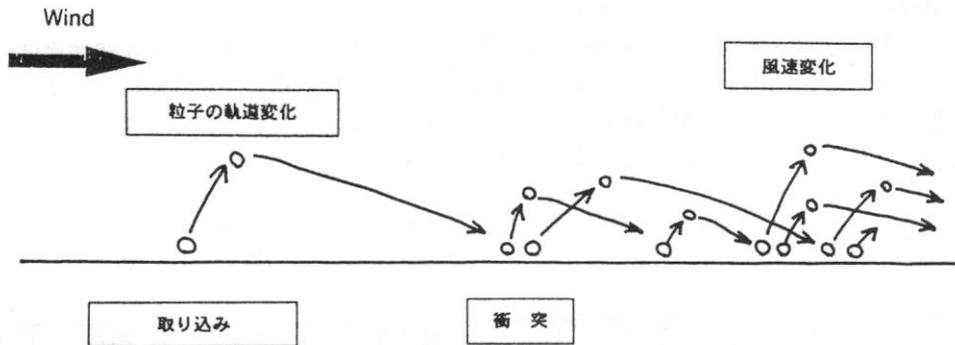


図1 4つのサブプロセス

吹雪粒子の跳躍運動全体を記述するモデルを構築するためには、この4つのサブプロセスを正確に見積もり、統合する必要がある。

本研究では第一に、スプラッシュ過程（吹雪粒子と雪面の衝突過程）に着目した。本過程では吹雪粒子の衝突前後の速度と角度が重要なパラメータであり、これまでも雪（Araoka and Maeno, 1981）や、ガラス球（White and Schulz, 1977）、砂（Willettts and Rice, 1985；Nalpanis, Hunt and Barrett, 1993）を用いた研究成果が発表されている。しかし、これらの研究はいずれも一定の風速のもとで行われており、衝突前後の粒子の速度と角度の風速依存性が明らかにされていない。また、用いた試料は雪以外のものもあり、このデータをそのまま吹雪モデルの構築に適用することには疑問が残る。そこで本研究では、しまり雪を用い、風洞内で吹雪を発生させ、風速ごとにImpact（衝突）そしてEjection（排出）粒子の速度と角度分布を実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

図2に風洞装置の概略を示す。

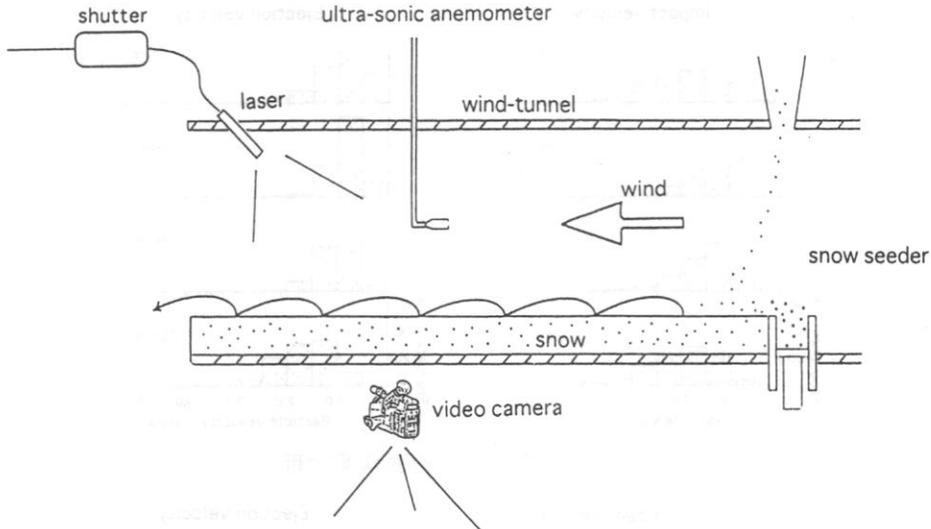


図2 風洞装置の概略図

風洞装置は、長さ8m、断面積0.5m×0.5mのゲッチンゲン回流型で、風洞装置全体が大型可変低温室に設置されている。本研究では室温を-15℃に保ち、試料として野外より採取されたしまり雪（平均粒径0.36mm）を用いた。また、風洞内で吹雪粒子の運動を可視化するために、レーザーシートとこれを一定の時間間隔で遮蔽するシャッター装置を使用した。風速の測定には超音波風速計を使用した。

粒子間の結合をほぐすため雪粒子をふるいにとおした後、風洞床に厚さ2.5cmに均一に散布し、雪面を平らにならした。次に、吹雪を発生させるトリガーとして風上端から一定量の雪粒子を供給し、定常状態に達したところで吹雪粒子を側面からビデオカメラで撮影した。実験は風洞中心風速を4, 6, 8, 10m/sと変化させて行った。撮影された吹雪粒子の軌跡から、雪面からの高さ1cm以内でのImpactそしてEjection粒子の速度・角度と風速の関係を求めた（図3）。

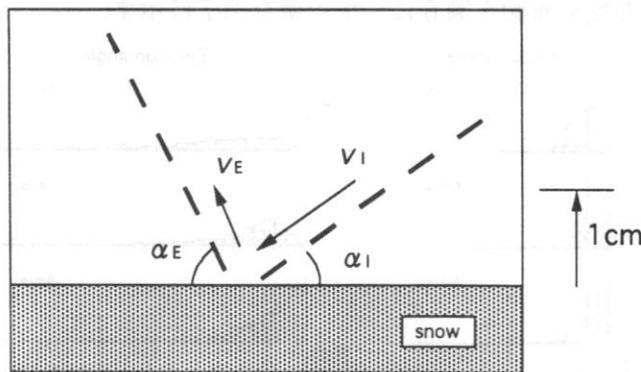


図3 ImpactそしてEjection粒子の速度・角度

3. 結果および考察

速度に関する頻度分布図を図4に、平均値を図5に示す。

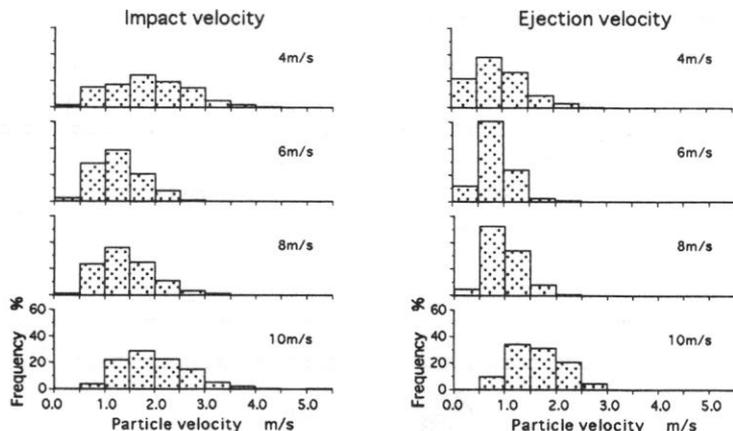


図4 吹雪粒子の速度頻度分布

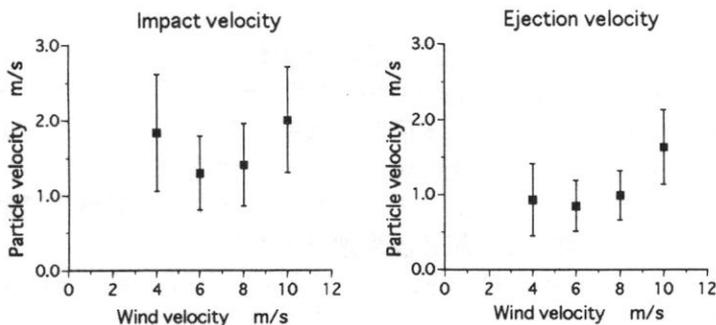


図5 風速と吹雪粒子速度

風洞中心風速4m/sの時にはImpact粒子の平均速度は1.8m/s, Ejection粒子の平均速度は0.9m/sとなった. 6m/s時ではそれぞれ1.3m/sと0.8m/s, 8m/s時ではそれぞれ1.4m/sと1.0m/s, 10m/s時ではそれぞれ2.0m/sと1.6m/sとなり, 一般的に風速が増すにつれ, ImpactそしてEjection粒子の速度は速くなる傾向が見られる.

角度に関する頻度分布図を図6に, 平均値を図7に示す.

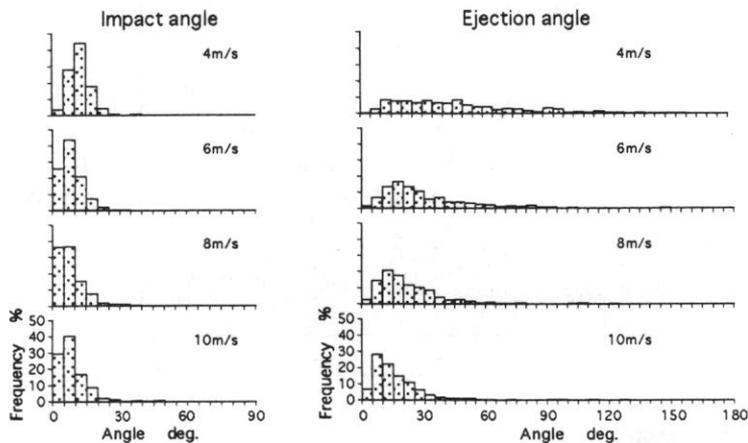


図6 吹雪粒子の角度頻度分布

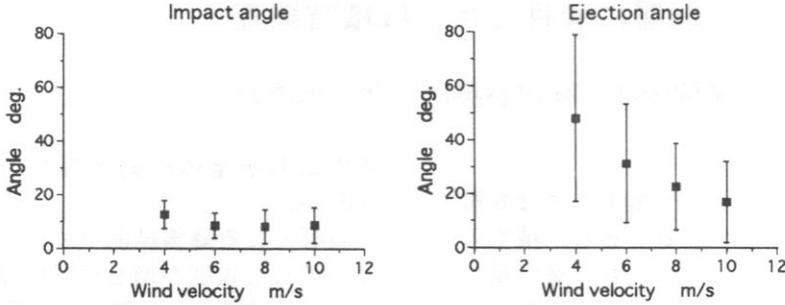


図7 風速と吹雪粒子角度

Ejection角度は風速と共に48deg.から, 31deg., 23deg., 17deg.と単調に減少するのに対し, Impact角度は, 13deg., 8deg., 8deg., 9deg.となった. Ejection粒子の平均角度は, Impact粒子の平均角度に比べ非常に大きい, これは球形粒子で形成された雪面に球形粒子が衝突した時の幾何学的関係から予想される結果と定性的には一致する.

次に, 風洞中心風速4m/s時の吹雪粒子の速度と角度の散布図を図8に示す.

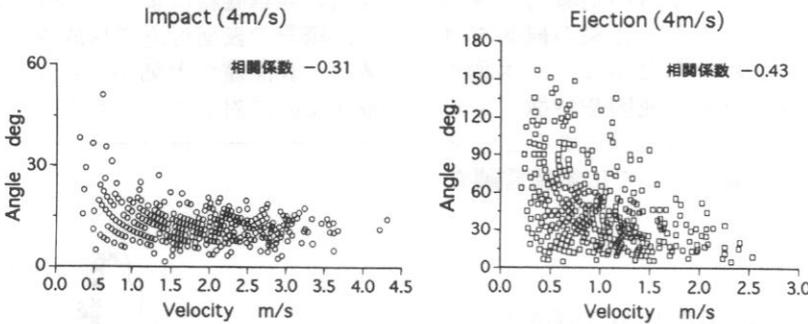


図8 吹雪粒子の速度と角度

両者の間には弱い負の相関がある様子がわかる. この関係は, 吹雪のモデル計算を行う際の初期条件として重要である.

4. まとめ

ImpactそしてEjection粒子の速度・角度に対する風速依存性が以下のように求められた.

u (m/s)	4	6	8	10
v_i (m/s)	1.8	1.3	1.4	2.0
v_E (m/s)	0.9	0.8	1.0	1.6
α_i (deg.)	13	8	8	9
α_E (deg.)	48	31	23	17

また, 吹雪粒子の速度と角度の間に弱い負の相関が求められた.

今後は, 粒子の平均跳躍距離: l や平均跳躍高: h , 吹雪質量フラックス: q 等を風速と粒径の関数として求めた上で, 次のサブプロセスである「粒子の軌道変化」過程について研究を進めていく予定である.