

吹雪時の視程及び飛雪粒子の特徴

—2015年および2016年冬季の北見での観測結果—

Characteristics of visibility and snowstorm particles during blowing snow at Kitami in 2015 and 2016

○富樫優子¹、亀田貴雄²、菅原幸夫³、石丸民之永⁴、丸山敏介⁴

北見工業大学大学院工学研究科¹、北見工業大学社会環境工学科²、北見工業大学機械工学科³、新潟電機(株)⁴

研究背景・目的

猛吹雪では交通障害や遭難事故が発生

人々の生活に影響が大きい
しかし、
吹雪の詳細な観測は不十分



2016年1月19日、本学での吹雪の様子 (亀田貴雄 撮影)

* 本学の陸上競技場に降雪粒子計、視程計、温度計、風向・風速計、積雪深計、SPC(2016年のみ)を設置し、吹雪時のそれらの関係を明らかにする。



2016年冬季の観測機材の様子

* 北見工業大学で実施している没入型VRシステムによる吹雪シミュレーション(PI: 菅原)を高精度化し、防災に役立てる。

研究概要

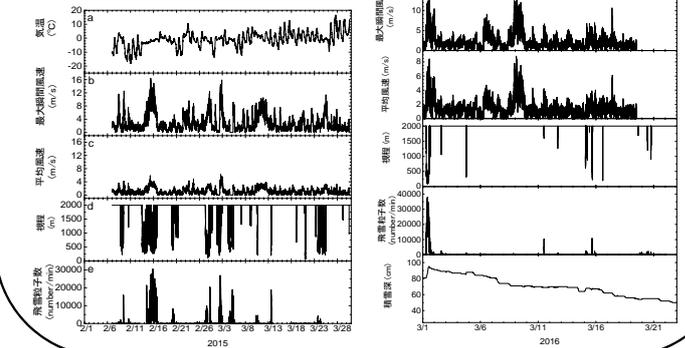
観測期間: 2015年 2月7日~2015年3月30日
2015年12月3日~2016年3月25日

本研究での吹雪

視程が500m以下かつ最大瞬間風速が約10m/s以上
吹雪を含む期間を「吹雪期間」とする。

2015年、2016年の吹雪期間

- 2015年2月15日10時40分~23時26分
- 2015年3月2日12時10分~13時30分
- 2016年3月1日8時24分~12時54分

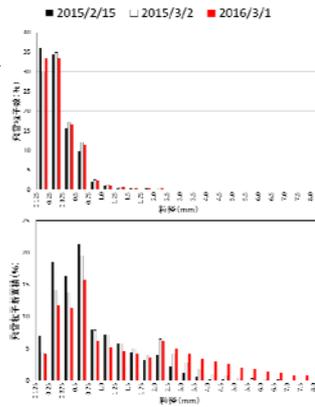


観測結果

粒子数、飛雪粒子の断面積

$$A_i = N_i \pi r_i^2$$

A_i : 各粒径毎の飛雪粒子の断面積
 N_i : 粒径の測定範囲の飛雪粒子数(1分間)
 r_i : 降雪粒子計の粒径の測定範囲の中間値(半径)



粒径が0.5~0.75mmの飛雪粒子の断面積の割合が最も大きい。

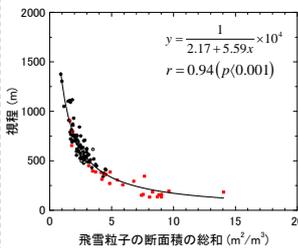
他の粒径より視程への影響が大きい。

飛雪粒子の断面積の総和と視程

(単位時間、単位体積あたり)

$$A = \frac{\sum A_i}{\bar{v} t \sin \theta}$$

A : 飛雪粒子の断面積の総和
 A_i : 各粒径毎の飛雪粒子の断面積
 α : 降雪粒子計の測定断面積
 \bar{v} : 平均風速(10分間)



飛雪粒子の断面積の総和と視程には相関があり、断面積の総和が大きいほど視程が低い。

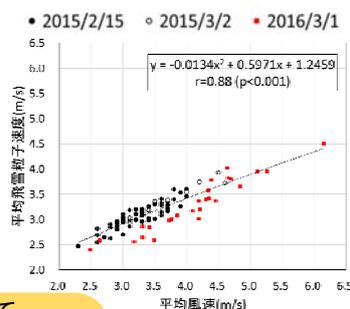
視程(m)	500	100	60
描画空間体積(m ³)	291	291	291
平均粒径(mm)	10	10	10
飛雪粒子数(個)	7300万	3億5000万	5億8000万

この結果を用い、計算した没入型VRシステムに必要な飛雪粒子数は以下の通りである。

風速と飛雪粒子速度

$$\bar{v}_p = \frac{\sum M_i v_i}{M_i}$$

M_i : 飛雪粒子速度の測定範囲の飛雪粒子数(1分間)
 v_i : 飛雪粒子速度(降雪粒子計の測定範囲の中間値)
 \bar{v}_p : 1分間の平均飛雪粒子速度



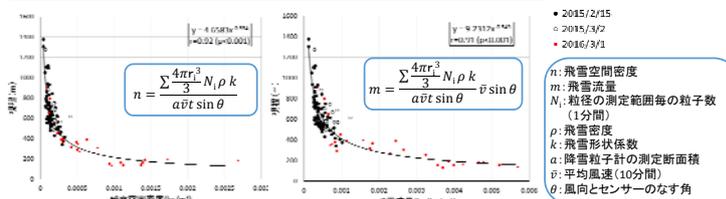
平均風速が速くなるにつれて平均粒子速度が追従しなくなる。

風が速くなると飛雪粒子に働く空気抵抗が大きくなるため

$$F = \frac{\rho C_S V^2}{2}$$

ρ : 空気抵抗
 C_S : 空気密度
 V : 空気抵抗係数
 S : 投影面積
 V : 速度

飛雪空間密度(左)、飛雪流量(右)と視程



今回の観測値に飛雪密度0.9g/cm³、飛雪形状係数1/9を用いて、飛雪空間密度と飛雪流量に換算(左図に×で示す)すると、従来の結果(竹内・福澤, 1976)と整合的であった。

まとめ

- 吹雪時は粒径が小さい飛雪粒子ほど数が多い。ただし、視程に対する影響を粒子断面積×粒子数で考えると、直径0.5~0.75mmの粒子がもっとも視程に影響を与えることがわかった。
- 風速が速くなるにつれて、空気抵抗の影響で飛雪粒子速度が追従しなくなることがわかった。佐藤(2011)は風速4~8m/sで風洞実験を行い、飛雪粒子速度が風速の60~70%になることを示した。今回の観測結果とほぼ同様な結果であった。
- 今回の結果は、飛雪密度を0.9g/cm³、飛雪形状係数を1/9と仮定すると、竹内・福澤(1976)の結果と整合的であった。
- 吹雪時の観測結果を没入型VRシステムで使うためには、制御用PCの負荷低減のため、描画粒子数を減らす必要がある。