

平成22年 6月21日現在

研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19510195  
 研究課題名(和文) 音響を用いた新たな吹雪計測方法の開発と野外広域観測への応用に関する研究  
 研究課題名(英文) Studies a new acoustic techniques for drifting snow measurement and its application to field observation  
 研究代表者  
 小杉 健二 (KOSUGI KENJI)  
 独立行政法人防災科学技術研究所・雪氷防災研究センター新庄支所・主任研究員  
 研究者番号：40425509

研究成果の概要(和文)：吹雪は積雪・寒冷地域においてしばしば視程障害や吹きだまりの原因となり、時として自動車の多重衝突などの深刻な災害を引き起こす。しかし、吹雪の時空間変動の観測に適した安価な測器が無いために、その変動特性には不明な点が多く残されている。本研究では、安価な吹雪計測方法を開発することを目的とする。低温実験室において、吹雪の中に音響センサーを置き、発せられる音響信号と雪の質量フラックス(単位時間に単位面積を通過する総質量)の関係を調べた。実験の結果、質量フラックスの増大とともに音響信号の変動も増大することが分かった。以上のことから、吹雪の計測に音響センサーを用いることの有効性が示された。

研究成果の概要(英文)：Blowing snow often causes low visibility and snow drift and sometimes leads to a disaster such as a serious traffic accident. However, inexpensive proper instruments for blowing snow observation have not been available. Thus, the characteristics of blowing snow variation are not clarified. The purpose of this study is to develop inexpensive instruments for blowing snow measurements. Acoustic sensors were used to investigate the relationship between out-put from the sensor and mass flux of snow in cold laboratory experiments. The results showed that variance of out-put from the sensor increased with snow mass flux, which implies an efficiency of acoustic sensors for blowing snow observation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 ・ 自然災害科学

キーワード：吹雪、自然災害、防災、自然現象観測・予測、風洞実験、計測

1. 研究開始当初の背景

吹雪は積雪地域においてしばしば災害の原因となる。近年、幹線道路においては、視程確保のための防雪柵や除雪体制の整備を通し、吹雪災害対策が進められている。しかし、時として自動車の多重衝突事故が起こるなど、吹雪の脅威が全く無くなったとは言えないのが現状である。吹雪の対策が難しいのは、吹雪が時間とともに激しく変動すること、吹雪の強弱が場所により大きく異なること、そして吹雪の現況を把握するのが難しいこと、等が原因として挙げられる。気象学分野では、降水域やその原因となる雲の構造の時空間変動の観測にレーダーが用いられる。地表付近における吹雪の振る舞いをレーダーで観測するのは、地表がレーダーからの電波を強く反射することにより、不可能である。吹雪対策の課題を克服するためには、吹雪の強さの測定を多数の地点で同時に行い、吹雪の時空間変動に関する研究を進める必要がある。これまで、こうした研究は、実施の費用がかさむため、ほとんどなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、屋外における吹雪の多点観測に用いることが可能な、新型吹雪計の基礎技術を開発することを目的とする。新型吹雪計は、多数用意できるように費用のあまりかからないものとするとともに、屋外で長時間使用可能とするために自動測定ができ、かつ雪粒子が強風で舞う厳しい条件下で人手を介さず測定ができるものであることが条件となる。そのために、従来とは異なる新たな原理に基づく測定方法を研究する。

3. 研究の方法

研究は防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所の雪氷防災実験棟において行われた。雪氷防災実験棟には-30℃まで温度を下げることのできる低温室、最大風速20m/sの風洞装置、及び樹枝状雪を降らすことのできる降雪装置等があり、これらを組み合わせることで、多様な吹雪の状況を実験的に作り出すことが可能である。

断面1m×1m、長さ14mの風洞内に音センサーと容器を組み合わせて作成した新型吹雪計の試作機を設置し、吹雪の質量フラックスと得られる音の関係を調べる実験を行った。図1に実験装置の模式図と写真を示す。

実験方法の概略は以下の様である。一定速度の風を風洞に送るとともに、風洞上に設置されたふるいを通し一定の割合で雪を供給

する。吹雪が定常状態になった後、新型吹雪計試作機からの信号を録音し、同時に従来型のネット式吹雪計などの開口部を露出し質量フラックスの測定を行う。温度は-15℃で一定とする。

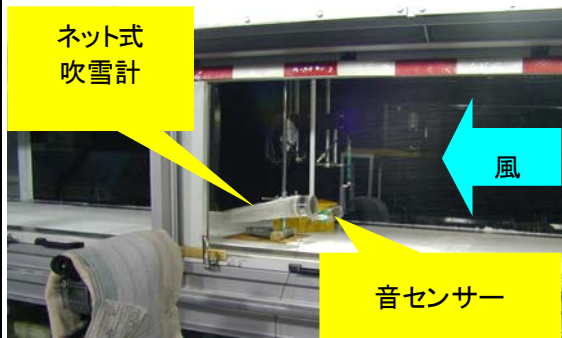
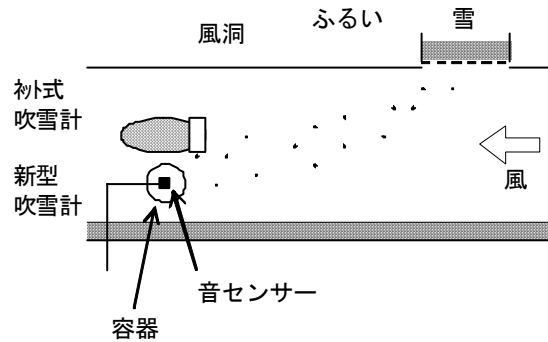


図1 実験装置の模式図(上)と写真(下)。

新型吹雪計試作機で得られた音響は録音され、解析される。従来型吹雪計で捕捉された雪粒子の重量を測定し、質量フラックスを計算し、さらに捕捉率の補正を施す。実験条件として、風速と質量フラックスを変化させ、記録される音響への影響を調べる。得られた実験結果を解析し、新型吹雪計による質量フラックスと音響の関係を調べる。

4. 研究成果

録音された音響信号を再生し、音声出力端子から出力される電圧をデータレコーダでデジタル値として記録した。詳しい解析をするためには、音響の周期より充分早い時間間隔でデータを取る必要がある。しかし、そうすると1秒間の測定に対し数千から数万個という膨大な数のデータを扱うことが必要となる。本研究では、一般に使用されているパ

パーソナルコンピュータとソフトウェアで解析ができるように、総データ数を 32000 個とした。また、データの記録数は毎秒 4000 個とし、データ収録時間は 8 秒間とした。

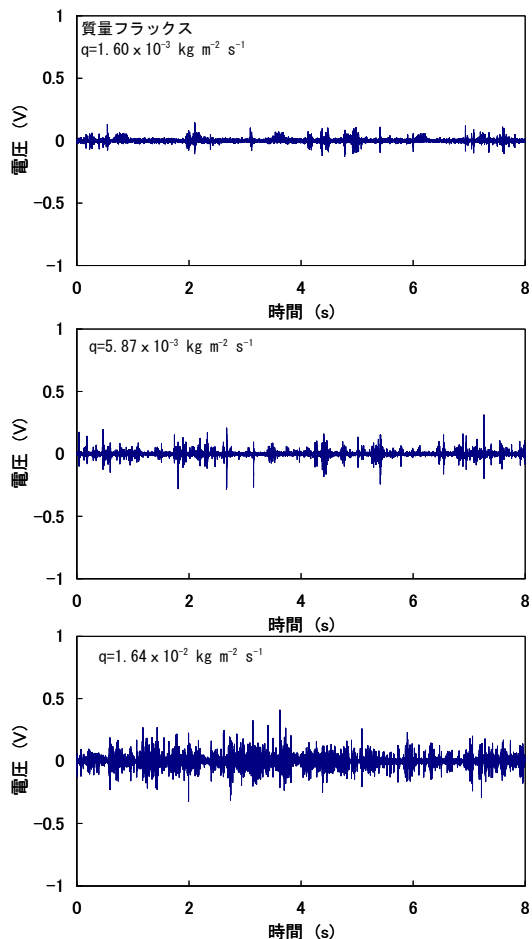


図2 新型吹雪計試作機により得られた音響信号の例。風速はいずれも 6m/s。質量フラックスはそれぞれ  $1.60 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (上)、 $5.87 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (中)及び  $1.64 \times 10^{-2} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (下)。

得られた音響信号の例を図2に示す。1秒以下の短時間の音響の変動までもがとらえられていることが分かる。風速はいずれも 6m/s であるが、下図の方が吹雪が強い状態である。下図の方が電圧の散らばりが大きく音響が大きいことが分かる。

音響の大きさ、すなわち、データの散らばりの度合いを表すために、ここでは基本的な統計量の分散を用いる。分散  $s^2$  は次式で表される。

$$s^2 = (1/n) \sum (v_i - v_0)^2 = (1/n) \sum v_i^2 \quad (1)$$

ここで、 $n$  は総データ数、 $v_i$  (V) は  $i$  番目のデータの値、 $v_0$  (V) は平均値である。 $v_0$  は本実験では 0 と近似できる。

図3は、式(1)を用いて求めた音響信号の分散、風速及び質量フラックスの関係を表す。各風速に対し、質量フラックス  $q$  とともに音響信号の分散  $s^2$  が增大することが示されている。両者の関係は、

$$s^2 = a q + b \quad (2)$$

と近似的に表せることが分かる。

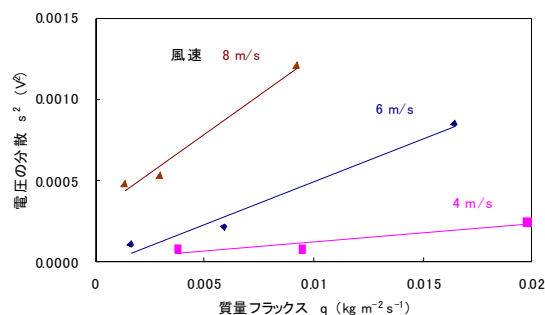


図3 質量フラックス、風速、及び音響信号の分散の関係。

図3から、質量フラックスに対する、音響信号の分散の傾きを表す係数  $a$  は風速により異なり、風速とともに増大する傾向のあることが分かる。係数  $a$  と風速  $u$  の関係を図4に示す。係数  $a$  は、風速に対し概ね直線的に増大することが示されている。

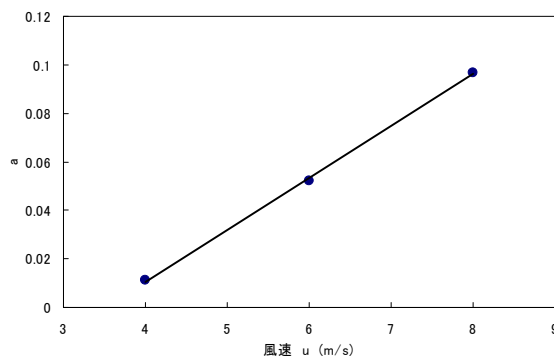


図4 係数  $a$  と風速  $u$  の関係。

音響センサーの容器の材質による、質量フラックスと音響信号の分散の関係を図5に示す。

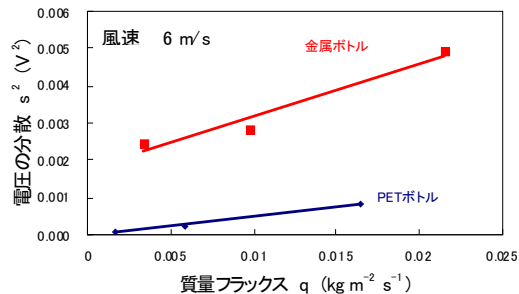


図5 容器の材質による、質量フラックスー音響信号の関係の違い。

容器の材質が金属の場合は、PET樹脂の場合に比べ、音響信号が数倍大きいことが分かる。このため、異なる容器の音響センサーを吹雪測定に用いる場合には、各々について質量フラックスー音響信号の関係を求める必要がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 小杉健二、佐藤威、望月重人、吹雪により発生する音の特徴について、日本雪氷学会東北の雪と生活、査読無、23巻、2008年、45-46。

[学会発表] (計1件)

- ① 小杉健二、佐藤威、望月重人、吹雪により発生する音の特徴について、日本雪氷学会東北支部研究発表会、2008年5月16日、山形県新庄市。

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

小杉 健二 (KOSUGI KENJI)

独立行政法人防災科学技術研究所・雪氷防災研究センター新庄支所・主任研究員

研究者番号：40425509

##### (2) 研究分担者

佐藤 威 (SATO TAKESHI)

独立行政法人防災科学技術研究所・雪氷防