



Title	積雪表面付近の微気圧変動
Author(s)	石田, 完; ISHIDA, Tamotsu
Citation	低温科学. 物理篇, 41, 75-79
Issue Date	1983-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18458
Type	departmental bulletin paper
File Information	41_p75-79.pdf



積雪表面付近の微気圧変動*

石 田 完
(低温科学研究所)
(昭和 57 年 10 月受理)

I. ま え が き

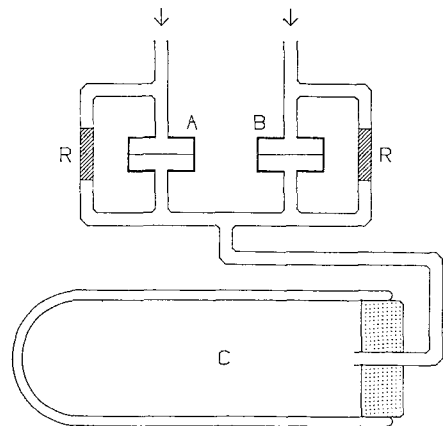
地吹雪の発生機構に関連して、積雪表面層内の気流速、および表面上の乱流状態を測定することは重要な課題であるが、その直接測定が困難なので、積雪表面付近の微気圧変動の測定から、積雪層内の気流速の推定¹⁾、およびごく表面近くの乱流状態を観測することを試みている。今回は改良した測定方法及び解析方法により、積雪表面付近の微気圧変動につき二、三の知見が得られたので、それを報告する。

II. 測定方法

測定装置の主要部分を第1図に示す。A, B は歪ゲージ式微差圧変換器 (共和電業製 PDL-40 GBS 3) で 11 mg/cm^2 の圧力変動により 1×10^{-6} の歪みを生ずる。大気圧変動の低周波成分は今、測定しようとする微気圧変動に比べて非常に大きいので、これを除くため、図の R と C で流体的低域濾波器を形成している。R は細管にグラス・ウールをつめて抵抗とし、C は容量 2 l の魔法瓶である。これで約 5 s 以上の大気圧の長周期変動が A, B の差圧変換器に基準圧として加えられ、 5 s 以下の短周期変動のみが検出される。装置全体は温度変動をさけるため、断熱箱におさめた。

歪ゲージの出力はストレイン・アンプ (共和電業製 DPM-110 A, 1×10^{-6} の歪みで 0.02 V を発生) をへてデータ・レコーダに記録した。出力電圧が小さい場合は、ストレイン・アンプの出力を更に $1 \sim 100$ 倍の DC アンプにより $\pm 1 \text{ V}$ の範囲に増幅して記録した。その際、高周波雑音を除くため、ストレイン・アンプは 30 Hz のローパス・フィルタを用いた。

測定圧力導入には内径 7 mm のシリコン・チューブを使用し、その先端に、雪面上大気の圧力変動を測定する場合は内径 1 mm のステンレスチューブの先端を閉じ、側面に2個の穴をあけたものを主風向に沿って設置した。積雪内の測定の場合は内径 3 mm のガラス管をつけた。積雪試料



第1図 微気圧検出部の略図

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 2484 号

を通過する圧力変動の測定にはサンプラーをかねた直径 4.8 cm, 長さ 8 cm の真鍮製円筒を接続した。

風速変動は 3 成分超音波風速計を使用し, 圧力変動と同時にデータ・レコーダに記録したが, 今冬の間寒別での観測では, -30°C をこえる低温のため超音波風速計が故障し, 同時記録は殆んど得られなかった。測定時の平均風速は 3 杯風速計の記録紙から読みとった。

III. 解析方法

データ・レコーダの記録は 0.178~8.9 Hz のバンドパス・フィルタをへて, DATEL 社の MDAS-16, AD 変換システムを用い, 50 ms のサンプリングで 12 ビット, 1 チャンネル当たり 1,024 個, AD 変換して, IF 800 の 5 インチ・ミニフロッピーディスクに取りこんだ。解析は主に最大エントロピー法 (MEM) により, 圧力変動のパワー・スペクトルを求めた。

MEM では 512 個のデータを用い, 予測誤差フィルタの項数は 20 前後とした (予測誤差の期待値は殆んどの場合, 項数 20 前後で最小となった)。20 項の予測誤差フィルタのフーリエ変換には漸化式法を用いて, 0~10 Hz の間, 分解幅 0.05 Hz で 201 項のパワー・スペクトルを得た²⁾。1,024 個のデータ (51.2 s) を 512 個宛, 3 区間で計算し, その算術平均を以って, その測定時のパワー・スペクトルとした。

IV. 雪面上の微気圧変動

風速変動のパワー・スペクトルが周波数の $-5/3$ 乗に比例することは知られているが, 井上³⁾ は乱子が夫々の乱子の大きさに応じた乱子静圧 p を持つと考え

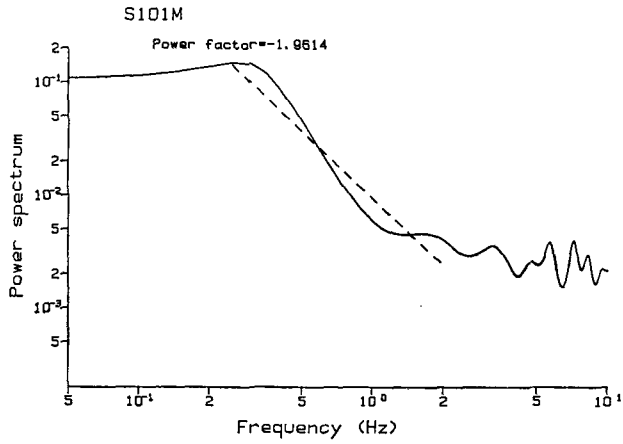
$$p \sim \rho v^2 \quad (1)$$

の仮定から (v は乱子速度), 圧力変動のスペクトルが周波数 f について

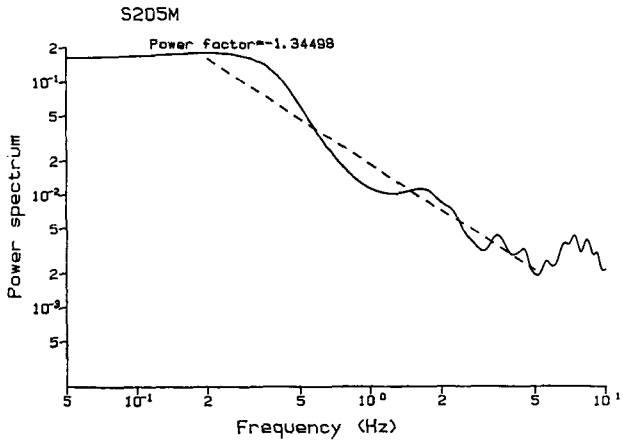
$$P(f) \sim \rho^2 \varepsilon^{4/3} f^{-7/3} \quad (2)$$

となることを導いた。第 2 図は雪面上 84 cm の高さに気圧導入管を風向に沿って設置した場合の変動スペクトルである。0.2~2 Hz の範囲ではほぼ周波数の $-7/3$ 乗になっていることが判る。所が雪面上 2~3 cm になると周波数の高い方へ向ってのスペクトルの落ち方はゆるやかになり (第 3 図), 周波数の $-5/3$ ~ $-4/3$ 乗となる。図中の power factor は 37~97 個のスペクトル値から最小二乗法で求めた勾配である。平均風速は 2~6 m/s の範囲であり, 風速が大きい程変動スペクトルの振幅は大きい, 平均風速とスペクトルの落ち方との間に一定の関係は見られなかった。雪面の影響により低い周波数, すなわち大きな乱子が少なくなるものと考えられる。

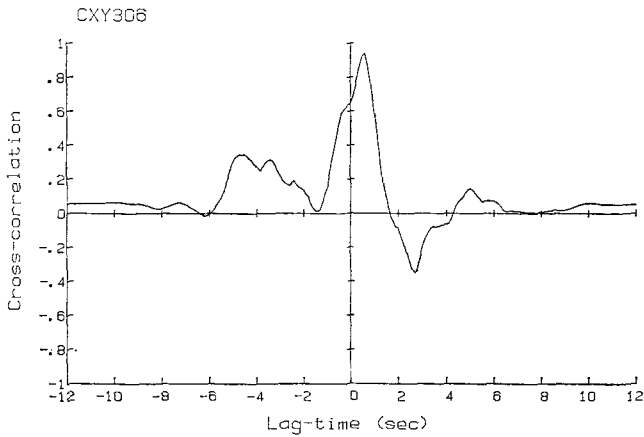
第 4 図は 2 本の気圧導入管を雪面上 50 cm の高さで, 主風向に沿い, 風上と風下に 1 m 間隔に設置した時の, 両者の気圧変動の相互相関係数を求めた図である。この場合の計算は, 50 ms 間隔, 512 個のデータ (25.6 s 間の観測値) に対し FFT 法²⁾ を用いた。1 m 離れた 2 点間の変動は 0.588 s のラグで相関係数が最大となるので, 25 s 間の圧力変動が平均 1.7 m/s の速さで風下に伝わったことになる。この速さはその時の風速値と殆んど一致した。



第2図 雪面上 84 cm における圧力変動のパワー・スペクトル (単位: $(\text{mg}/\text{cm}^2)^2 \cdot \text{s}$)



第3図 雪面上 3 cm における圧力変動のパワー・スペクトル (単位: $(\text{mg}/\text{cm}^2)^2 \cdot \text{s}$)



第4図 雪面上 50 cm, 主風向に沿い 1 m 離れた 2 点の気圧変動の相互相関係数

V. 積雪層内の微気圧変動

積雪層内の微気圧変動が層の厚さと共に変化する様子を調べるために、一つの気圧導入管を直径 4.8 cm、長さ 8 cm の円筒形サンブラに接続し、採集した雪試料の厚さを 2~5cm に変えて、雪試料を通さない他の気圧導入管の圧力変動を基準に、そのスペクトルの周波数に対する減衰を調べた。

厚さ 5 cm の雪 (密度 0.15 g/cm^3) では 0.5 Hz のパワーは 60% となり、5 Hz では 47% に減衰することが判ったが、試料の厚さが 3 cm 以下になると、パワーの周波数に対する減衰が試料を通さないものより少くなる結果となった。これは試料の厚さが薄い時、サンブラ内に空洞を残して試料がセットされ、試料そのものの特性を示さなかったためと思われる。

VI. あとがき

積雪表面付近のパワー・スペクトルで 10 Hz 以下に、幾つかの顕著なピークが常に見られた。これらが測定系の特性によるものとする、その周波数位置は常に一定である筈であるが、数分間の観測の間にピーク位置は少し宛変化する。これが積雪面によって特徴づけられる、いわゆる乱流の秩序構造であるとする、興味ある現象であるが、更に観測と吟味を必要とする所である。

終りに、野外観測の便宜を与えて下さった北海道大学天塩地方演習林の方々に感謝します。この研究は自然災害特別研究 (2), 56025001 により行なわれた。

文 献

- 1) 石田 完 1980 積雪層内の微気圧変動. 低温科学, 物理篇, **39**, 25-31.
- 2) 石田 完 1981 時系列データ解析のための BASIC プログラム. 低温科学, 物理篇資料集, **40**, 87-113.
- 3) Inoue, E. and Imai, K. 1955 Eulerian Correlation of the Atmospheric Pressure Fluctuations of Medium Scales. *J. Met. Soc. Japan*, **33**, 169-173.

Summary

Micro-pressure waves near the snow surface were observed using two micro-pressure difference sensors of the strain gauge type. In order to remove fairly low frequencies and large amplitudes of the wave components, a pressure passed through a fluid mechanical low-pass filter was applied, as a reference pressure, at one inlet of one of the pressure sensor (Fig. 1).

The power spectra of micro-pressure waves computed by the maximum entropy method followed nearly the $-7/3$ law in the region of 0.2~2 Hz at height of 84 cm from the snow surface (Fig. 2). Meanwhile, at a height of 2~3 cm the power spectra decayed with the frequency rather to the $-5/3 \sim -4/3$ power (Fig. 3).

The propagation velocity of the pressure wave along the main wind direction was estimated

from the lag-time at the maximum value of cross correlation between two pressure waves at two points, 1 m apart, 0.5 m above the snow surface (Fig. 4). It agreed with the mean wind velocity.