

吹雪生起に対する気温と風速の影響

佐藤篤司*・東浦将夫**

国立防災科学技術センター新庄雪氷防災研究支所

Effect of air temperature and wind speed on occurrence of blowing snow

By

Atsushi SATO and Masao HIGASHIURA

*Shinjo Branch of Snow and Ice Studies, National Research Center for
Disaster Prevention Tokamachi, Shinjo, Yamagata 996, Japan*

Abstract

Observation of blowing snow and meteorological condition was conducted in the Tsugaru plain, Aomori Prefecture for the two winter seasons, 1986-87 and 1987-88. Multiple regression analysis was adopted to investigate the effect of air temperature and wind speed on blowing snow strength, which was calculated from the record of a visual range meter, and named as index of blowing snow. Analysis was made with the index of blowing snow as criterion variable, and air temperature and wind speed as explanatory variables.

Result shows that coefficients of determination of linear multiple regression equation became 44-59%. The partial correlation coefficients of air temperature and wind speed index showed that wind speed has stronger correlation with the blowing snow index than air temperature has. This tendency was pronounced in the early and late winter seasons.

1. まえがき

積雪表面から雪粒子が風によって再び空中に舞い上がる現象を地吹雪というが、降雪を伴う吹雪との識別は必ずしも容易ではない。また、道路上への吹溜りや視程障害による交通マ

* 主任研究官** 雪氷防災第2研究室

ヒ等の災害要因としては両者に区別はないので、ここでも単に吹雪と呼ぶことにする。

吹雪が起こるか否か、あるいは強いかわ弱いかは、雪国住民の経験から、積雪の存在する状態で気温が低いほど、風が強いほど、吹雪は生起しやすいと言われている。

佐藤清一(1985)はこの気温と風速の絶対値の和をとり、地吹雪指数と呼び、その大小が地吹雪生起の気象的条件を表現できるとした。しかし、その指数の物理的根拠は必ずしも明らかとは言えない。西村・前野(1987)は判別分析法により、公表された北海道と南極での気象観測データ、すなわち気温と風速を用いて吹雪発生時の臨界条件の算出を試みている。

本報告では1986-1987年、1987-1988年の2冬期間、津軽平野で行った気象観測データを用いて、吹雪の強さを気温と風速との関数として多重回帰分析を行った。吹雪の強弱に対して気温と風速を説明変数とし、それぞれの相関の強さを調べたものである。

2. 吹雪および気象観測

青森県五所川原市毘沙門地区に1986年12月より吹雪観測点を設置した。ここは西および北西に津軽平野がひらけ、地吹雪多発地帯である(図1, 写真1)。

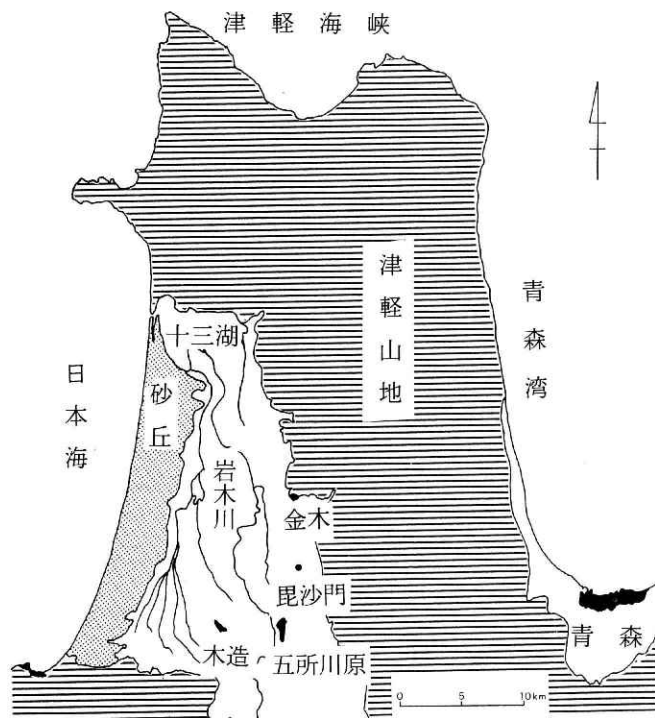


図1 津軽平野と観測点。横線は山地・丘陵、アミ点は砂丘、黒ベタは都市・村落を示す。黒丸が毘沙門観測点である。

Fig. 1 The Tsugaru Plain and the observation point (solid circle).



写真1 観測機器設置状況

Photo 1 Meteorological instruments at the observation point.

気温は白金測温抵抗体を用いた強制通風式隔測用温度計により、冬期間の連続アナログ記録をとった。解析に用いた日平均気温は、3時、6時・・・の3時間毎の8回平均値とした。気温計感部の位置は観測ポールの地上高2mである。風速は地上高4.5mのポールに固定した超音波式風向風速計により10分間平均値をアナログ記録し、日平均風速としては気温と同様に3時間毎、8回の平均値とした。

積雪深の1986-1987年の推移を見ると1月中旬に50cmを越えた後、2月は70~80cmで経過し、3月上旬に108cmとなった。1987-1988年の冬は1月末まで少雪であり20cmを越えたのが1月28日であった。2月中旬によく1mとなったが、その後は80~90cmを前後して3月中旬からは減少に向かった。

従って気温および風速の、雪面よりの測定高は、積雪深の変動により変化しているが、今回の解析では特に補正しないデータを使用した。

吹雪の激しさを表す観測値として霧濃度計によるアナログ連続記録を用いた。これは変調赤外光線を用いた反射型視程計で、吹雪の強弱すなわち飛雪輸送量の大小を示すことがわかっている(竹内, 1980)。

この視程計の記録は一部を図2に示すように、出力が視程(距離)とリニアの関係になっていない。また、吹雪の強い日という事象には視程の悪さ(=ピークの大きさ)と吹雪の回数(=ピークの数)の2つの要素の組み合わせと考えられる。そこで今回は、便宜的に視程の悪さを64m以下、99m以下、211m以下の3段階に分けて強、中、弱とし、それぞれ3、2、1の数値を与え、1日のそれぞれの生起回数に乗じた後、全体の累計をとった。その値を一

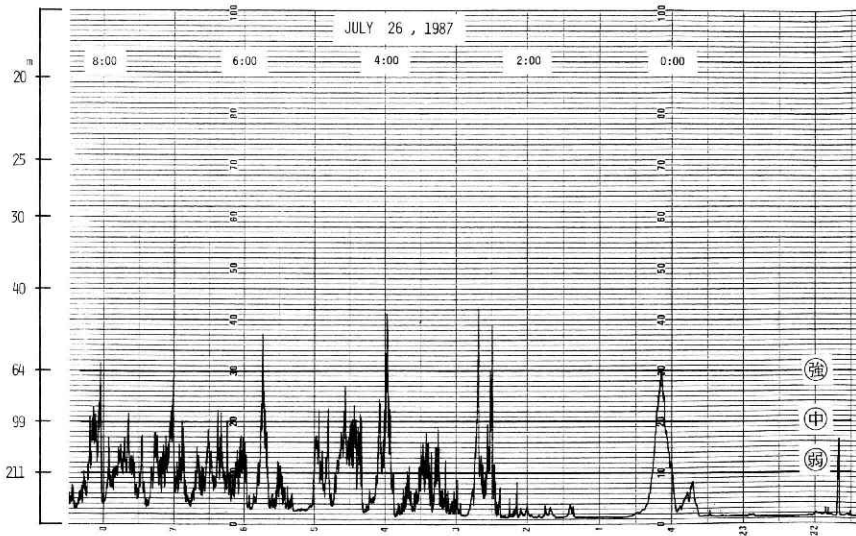


図2 視程計による記録例。各ピークは吹雪の生起に対応している。強中弱と記した各値により吹雪の強さを3段階に分けた。

Fig. 2 Record chart of a visibility meter. Blowing snow occurrence were classified into three groups, strong, middle, weak.

日毎の無次元の視程の悪さとして数値化することにした。さらに、視程と吹雪輸送量はほぼ一義的に対応していることから、この視程の悪さをここでは吹雪度と呼ぶことにする。すなわち、吹雪度の大きい日ほど吹雪の激しかったことを意味している。

このようにして毎日の吹雪度、気温、風速の観測値を、昭和61/62年と昭和62/63年の2冬期についてグラフ化すると図3のようになる。

吹雪度が100を超えるような日が数日あることと、気温が低く、風速の大きい日は吹雪度が大きくなる傾向が見られ、先に述べた経験則を支持しているように見える。

3. 重回帰分析

吹雪の激しさという自然現象がもとより気温と風速の2変数のみで規定されると考えることは無理である。しかし、2冬期間を通し、吹雪の現場での確度の高い気象観測値にもとずいて、これらの関係を調べてみることは無意味ではなからう。

上で求めた一日の吹雪度を目的変数Yとし、日平均気温と日平均風速をそれぞれ説明変数X1とX2とする。重回帰分析の手法については、奥野忠一他(1982)および田中豊他(1984)が詳しく記述している。また、解析にはパーソナル・コンピューターおよび上述の田中他による重回帰分析プログラムを利用した。

図3でもわかるように、12月と3月のデータ数は他の月のほぼ半分であるが、季節変動を調べるために月別の線形重回帰式および寄与率をもとめた。寄与率は、重相関係数をRとす

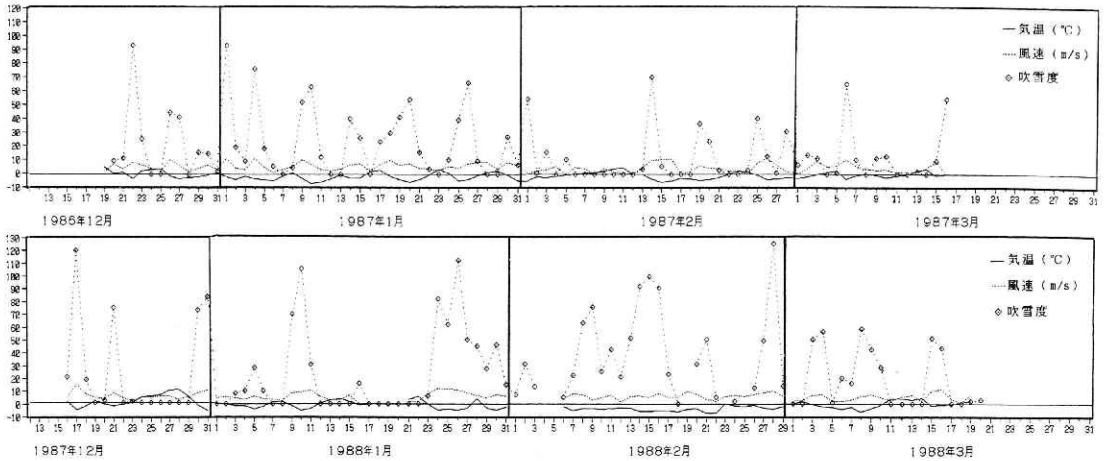


図3 視程より求めた吹雪度, 気温, 風速の2冬期間の変動. 気温, 風速はそれぞれ日平均値. 縦軸の数値は共通で吹雪度は無次元量である.

Fig. 3 Daily change of air temperature, wind speed, and blowing snow index for two winter seasons.

ると $R^2 \times 100$ (%) であり, Yの変動のうち, X1, X2の一次式で何パーセント説明されるかを表す数値となる. 計算の結果を以下に列挙する.

- X1 : 日平均気温 (°C)
- X2 : 日平均風速 (m/s)
- Y : 吹雪度 (無次元)

年月日

年月日	線形重回帰式	寄与率 (%)
1986-87年		
12月	$Y = -4.34 X_1 + 5.89 X_2 - 1.154$	(67.1)
1月	$Y = -3.73 X_1 + 6.12 X_2 - 2.126$	(66.8)
2月	$Y = -2.04 X_1 + 1.06 X_2 + 2.74$	(17.8)
3月	$Y = -3.97 X_1 + 2.95 X_2 + 6.04$	(62.5)
1987-88年		
12月	$Y = -1.99 X_1 + 10.12 X_2 - 27.75$	(87.7)
1月	$Y = -2.04 X_1 + 7.55 X_2 - 20.66$	(66.2)
2月	$Y = -8.91 X_1 + 8.11 X_2 - 43.63$	(34.3)
3月	$Y = -4.35 X_1 + 4.72 X_2 - 5.01$	(77.1)

寄与率を見ると、初冬と晩冬では大きく、厳冬期で小さくなる傾向がみられる。

次に偏相関係数と各変数の月平均値を示す。たとえば偏相関係数 $r(X1)$ とは $X2$ (風速) の影響を消去した Y と $X1$ (気温) との相関の強さを表している。

年月日	偏相関係数		気温	風速	吹雪度
	$r(X1)$	$r(X2)$	($X1$)	($X2$)	(Y)
1986-87年					
12月	-0.548	0.695	0.2	5.4	2.3
1月	-0.568	0.761	-2.3	6.3	2.6
2月	-0.260	0.151	-1.7	5.5	1.2
3月	-0.647	0.656	-0.3	4.9	1.0
1987-88年					
12月	-0.555	0.886	1.3	5.2	2.3
1月	-0.229	0.618	-0.9	5.9	2.3
2月	-0.491	0.486	-4.1	5.7	3.3
3月	-0.768	0.760	-0.4	4.8	1.9

気温と風速の偏相関係数を見ると、全体として風速との相関の方がやや大きく、冬の前半でその傾向が強い。厳冬期では偏相関係数が小さくなり、重回帰式の寄与率も下がる結果となった。

その原因として次の2点が考えられる。一つは、積雪が十分にある厳冬期では、気温と風以外の要素、積雪の表面状態などが重要かも知れない。例えば、新雪があるかないか、雪の粒径、焼結の程度等が考えられる。二つ目は、特に2月の激しい吹雪で視程計のレンズに着雪が生じていた恐れがあり、吹雪度が小さく見積られた可能性がある。

次に、全冬期を通した重回帰式は次のようになった。

1986-87年 冬期 (データ数 86)

$$Y = -2.71X1 + 3.87X2 - 7.97 \quad (\text{寄与率 } 43.6\%)$$

1987-88年 冬期 (データ数 84)

$$Y = -3.38X1 + 6.56X2 - 12.51 \quad (\text{寄与率 } 58.7\%)$$

偏相関係数および各変数の平均値を以下に示す。

	偏 相 関 係 数		気 温	風 速	吹 雪 度
	$r(X1)$	$r(X2)$	(X1)	(X2)	(Y)
1986-87年	-0.373	0.524	-1.47	5.73	18.2
1987-88年	-0.491	0.597	-1.15	5.55	27.8

このように一冬期間の重回帰分析の結果、気温と風速を用いた回帰式による寄与率は44～59%となった。言い換えると、重相関係数 R は0.66～0.77である。この数値より、気温と風速は吹雪度に対して、かなりの一次関係があるとみて良いだろう。

しかし、一方気温と風速以外の要素が残り40%以上を支配するとも考えられることから、他の有力な要素を取り入れる必要があるだろう。

4. あとがき

気温と風速の気象要素が、吹雪の強さにどれほど強い影響を持っているか、重回帰分析によって調べてみた。吹雪の強さとしては視程計の記録をもとに一日毎に定量化を試みて、それを吹雪度と名付けて用いた。

1986/87年、1987/88年の2冬期毎に、また各月毎に線形重回帰式を求め、気温と風速の偏相関係数を計算した。その結果、吹雪度に対して気温よりも風速の方がやや相関が強い結果がでた。また、一冬期間の重回帰式の寄与率は、44～59%となり、この2要素は吹雪に対して強い説明変数であることを示した。しかし、寄与率は、初冬と晩冬では大きいものの、厳冬期で小さくなる傾向があることがわかった。

5. 謝 辞

本研究のために設置した青森県五所川原市の毘沙門観測所の維持に御尽力いただいた、杉山伸彦氏、五所川原市役所および青森県庁の各位に対し深甚なる感謝を致します。また、本研究の全般にわたって御配慮をいただいた木村忠志新庄雪氷防災研究支所長に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 佐藤清一 (1985): 地ふぶきの社会的影響および予報性解析. 寒地技術シンポジウム'85講演論文集, 493-498.
- 2) 西村浩一, 前野紀一 (1987): 判別分析による吹雪発生の臨界条件算出の試み. 低温科学, 物理篇, 第46輯, 111-117.
- 3) 竹内政夫 (1980): 吹雪時の視程に関する研究. 土木試験所報告, 北海道開発局土木試験所, 第74号, 1-31.
- 4) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉沢 正 (1982): 多変量解析法 (改訂版). 日科技連, pp430.
- 5) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌 (1984): パソコン統計解析ハンドブックⅡ. 共立出版, pp403.

(1988年12月19日 原稿受理)