

# 飛雪流量アプリによる吹雪の危険度予測

菊田 弘樹・稲飯 洋一・白取 直也・今井 達也・水上 威仁  
 ・青木 篤史・渡邊 宏海・伊東 慎司・川村 容明  
 (気象庁札幌管区气象台気象防災部予報課)

## 1. はじめに

札幌管区气象台では暴風雪警報高度化の取り組みとして、北海道開発局土木試験所(現国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所)が開発した飛雪流量(単位時間単位面積を通過する雪粒子の質量;竹内と福沢 1976; 雪氷チーム 2016; 付録 A 参照)を暴風雪による視程障害の客観的指標として活用する研究を進めてきた(宗ほか 2015; 野村ほか 2016; 山口ほか 2017; 青木ほか 2019)。特に近年は、石狩・空知・後志地方(図 1 左参照)において、吹雪が原因で発生した主要道路の交通障害をデータベース化して吹雪の危険度を把握し、これを予測するための指標として飛雪流量を活用する研究を推進してきた(池上ほか 2019;2020)。その取り組みの中で、実際の予報作業に飛雪流量による危険度予測を活用するために、飛雪流量表示アプリケーションソフト(以下飛雪流量アプリ)を作成した。本発表では、2022 年 2 月 21 日に発生した

暴風雪災害を対象に飛雪流量による吹雪の危険度予測事例を紹介する。

## 2. 気象状況と被害の経過

図 1 (中) をみると、2022 年 2 月 21 日は、石狩・空知・後志地方では千島の東に進んだ低気圧の後面となり気圧の傾きが大きく、北西よりの強風が吹きやすい気圧配置であったことがわかる。図 1 (右) は、当日に発生した主要な国道の通行止めを時系列に沿ってまとめたもので、21 日 6 時以降石狩地方や南空知、羊蹄山麓で複数区間の通行止めがあったことがわかる。また、21 日 6 時に通行止めが実施されていた区間を図 2 (左) に示した。

## 3. 飛雪流量アプリによる予測可能性

図 2 (中) に飛雪流量帳票を示す。21

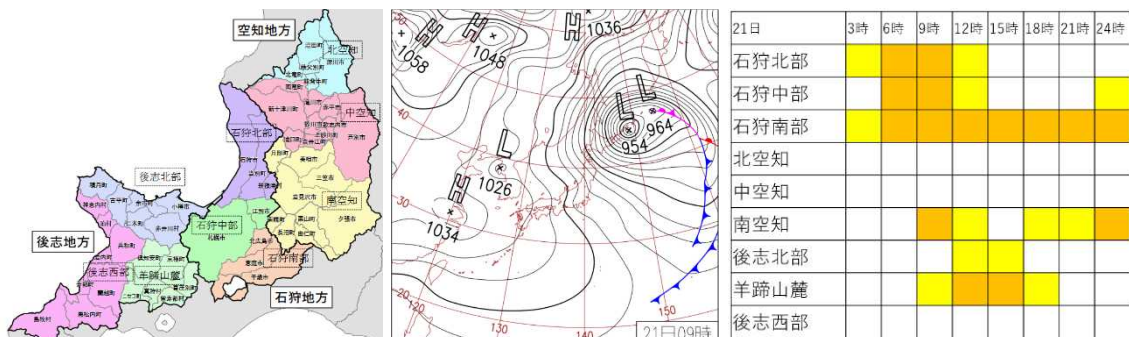


図 1: (左) 石狩・空知・後志地方(市町村等をまとめた地域)。(中) 2022 年 2 月 21 日 9 時の地上天気図。(右) 21 日に実施された国道の通行止め(黄: 1 区間・橙色: 2 区間以上)。

日 3 時から石狩地方で飛雪流量値が大きくなり、21 日 9 時から 12 時にかけては石狩・空知・後志地方の広い範囲で  $7 \text{ g(m}^2 \text{ s)}$ 以上の予想で、吹雪の危険度が高いと予測していることがわかる。なお、吹雪の危険度予測を行うには、飛雪流量値の上位 20%を取り除いた 80 パーセンタイル値を採用した時の閾値  $7 \text{ g(m}^2 \text{ s)}$ が適しているとの結果が得られている（菊田ほか 2022）ため、帳票は 80 パーセンタイル値で表示した。図 1（右）と比較すると、21 日 9 時までは石狩地方や南空知などで吹雪の危険度が高まることを予測できている。一方、21 日 18 時にかけては石狩北部、中部で危険度予測が過大な傾向となっている。図 2（中）の飛雪流量が閾値  $7 \text{ g(m}^2 \text{ s)}$ 以上を広く予想した 21 日 6 時の飛雪流量平面図を図

2（右）に示す。石狩地方から南空知にかけてと、後志西部で大きな値が予測されており、図 2（左）の通行止め区間と比較すると、飛雪流量による危険度予測の高い石狩地方と南空知で複数区間の通行止めが実施されていることがわかる。

また、図 3 には 21 日 5 時の地域気象観測システムの観測値及び 1 時間解析雨量を示す。図 3 赤枠付近をみると、石狩北部で約  $16\text{m/s}$  の風が吹いていること（図 3 左参照）、付近では 1 時間  $2\text{mm}$  以上の解析雨量が計算されていること（図 3 中参照）、付近の気温がおおよそ氷点下  $4$  度であったことがわかる（図 3 右参照）。これらのことから、21 日 6 時ごろにかけて南空知で吹雪の危険度が高まっていた可能性がある。このように、予報作業の中で吹雪の危険度が高まっている地域を把握



図 2：（左）21 日 6 時時点の通行止め。電子地形図（タイル）を加工して作成。（中）飛雪流量帳票アプリ。気象庁メソスケールモデルの 2022 年 2 月 20 日 12UTC 初期値から飛雪流量の予測値を計算している。飛雪流量は  $5\text{km}$  間隔の格子ごとに計算しているが、帳票に表示しているのは「市町村等をまとめた地域」区分内の格子から上位 20%の値を持つ格子を取り除いたあとの最大値（80 パーセンタイル値）である。（右）飛雪流量平面図アプリ。21 日 6 時の飛雪流量予測値。 $5\text{km}$  の格子間隔ごとに計算された飛雪流量値を表示している。

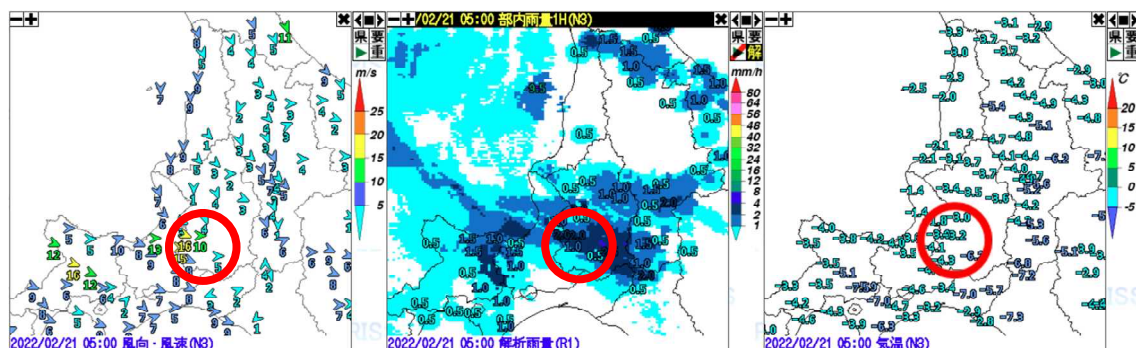


図 3：21 日 5 時の地域気象観測システム（アメダス）による観測値。（左）風向・風速。（中）1 時間解析雨量に地域気象観測システムの 1 時間降水量を重ねたもの。（右）気温。

するためには、図3の資料などを参照し総合的に判断する必要があるが、飛雪流量の平面図を活用することによって、吹雪の危険度が高まっている地域を把握しやすくなることも飛雪流量の利点である。

#### 4. まとめ

飛雪流量アプリを活用することにより、吹雪の危険度が高まる地域をある程度把握することができるようになった。今後更に研究を続け、飛雪流量アプリの精度向上や暴風雪警報の高度化を図っていきたい。

##### 付録A 飛雪流量

飛雪流量の定義については以下のとおりである。

$$M_f = N * V \quad [g/m^2s]$$

$$N(Z) = \frac{P}{W_f} + N_t * \left(\frac{Z}{Z_t}\right)^{-\frac{W_b}{kU_*}} \quad [g/m^3]$$

M<sub>f</sub>:飛雪流量 [g/m<sup>2</sup>s]

N:飛雪空間密度 [g/m<sup>3</sup>]

V:地上10mの風速 [m/s]

P:降雪強度 [g/m<sup>2</sup>s]

W<sub>f</sub>:降雪粒子の落下速度 1.2 [m/s]

N<sub>t</sub>:基準高度における飛雪空間密度の地ふぶき項 15 [g/m<sup>3</sup>]

Z:小型車ドライバーの目線の高さ 1.2 [m]

Z<sub>t</sub>:基準高度 0.15 [m]

W<sub>b</sub>:地ふぶき粒子の落下速度 0.35 [m/s]

k:カルマン定数 0.4

U<sub>\*</sub>:摩擦速度 [m/s]

**参考文献:**青木篤史, 水上涼介, 小谷野陽介 (2019): 石狩・空知・後志地方の暴風雪警報の高度化へ向けた調査. 測候時報, 86, 29-39.

池上慶希, 倉橋永, 佐々木あゆみ, 輪島千恵子, 大我一憲 (2019): 暴風雪警報の高度化に向けた調査第3報. 平成31年度札幌管区気象研究会誌, 256-268.

池上慶希, 倉橋永, 輪島千恵子, 桑田路

子, 大我一憲 (2020): 暴風雪警報の高度化に向けた調査第4報. 令和2年度札幌管区気象研究会誌, 203-207.

菊田弘樹, 稲飯洋一, 栗山奨平, 白取直也, 大我一憲, 青木篤史, 西村隆, 今井達也 (2022): 飛雪流量値を用いた暴風雪災害発生予測可能性の評価. 令和4年度札幌管区気象研究会誌, 114-118.

気象庁予報部 (2018): 天気予報ガイダンスの解説. 数値予報課報告・別冊第64号,

[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/nwpreport/64/No64\\_all.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/nwpreport/64/No64_all.pdf). 2022年11月11日閲覧.

國次雅司 (1997): カルマンフィルターを用いた天気予報ガイダンス, 天気, 44, 6, 日本気象学会, 37-41.

雪氷チーム (2016): 飛雪流量の計測方法について. 寒地土木技術研究: 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所月報: monthly report, (761), 48-50.

竹内政夫, 福沢義文 (1976): 雪氷, 38, 165-170.

松澤勝, 伊東靖彦, 國分徹哉, 武知洋太, 大宮哲 (2019): 極端な暴風雪等の評価技術に関する研究. 平成30年度土木研究所成果報告書

野村達郎, 堀田純司, 前田潔史 (2016): 北海道日本海側における暴風雪警報の改善. 平成28年度札幌管区気象研究会誌.

Roebber, P. J. (2009): Visualizing Multiple Measures of Forecast Quality. Wea. Forecasting, 24, 601-608.

山口明, 小谷野陽介, 大矢恒太郎, 服部宏紀 (2017): 暴風雪警報の高度化に向けた調査. 平成29年度札幌管区気象研究会誌