

## 4.2 暴風雪による吹雪視程障害予測技術の開発に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：松澤勝、金子学、川中敏朗、  
武知洋太、原田裕介、

### 【要旨】

近年、急激に発達した低気圧により、今まで吹雪発生頻度が比較的低かったエリアで、吹雪に伴う視界不良などによる交通障害が発生している。防雪柵設置等のハード的な吹雪対策には、多くの時間と費用が必要となるため、早急に吹雪災害の防止・軽減を図るには、吹雪視界情報提供等のソフト的な対策が重要となる。

そこで本研究では、吹雪視程障害の予測技術を開発し、情報提供により吹雪時のドライバーや道路管理者の判断を支援することにより吹雪災害の防止・軽減を図り、冬期道路の信頼性向上を図ることとした。

キーワード：吹雪視程障害、情報提供、予測技術、ソフト的対策

### 1. 研究の背景

近年、急激に発達した低気圧により、今まで吹雪発生頻度が少なかったエリアで、吹雪による交通障害が発生している。従来のハード的な吹雪対策には、多くの時間と費用が必要となるため早急に吹雪災害の防止・軽減を図るには、吹雪視界情報提供等のソフト的対策が重要である。

吹雪視程障害の予測技術を開発し情報提供を行うことで、吹雪時のドライバーや道路管理者の判断を支援することにより、吹雪災害の防止・軽減を図り、冬期道路の信頼性向上を図ることが可能であると考えられるため、本研究では既往の研究で得られた吹雪視程障害の情報提供技術を活用し、吹雪時の視界の予測技術の開発に関する検討を行うこととした。

月 26 日から平成 21 年 3 月 11 日までの 3 冬期分のデータを使用した。地吹雪の発生状況については、地上 1.7m の高さに設置された CCTV カメラ画像（20 分毎に 5 分間の動画を収録、ただし平成 18 年度は 20 分毎に 2 分間収録）により、前方 10m から 255m の間に設置した黒色の視程板 9 枚の視認状況により、表-1 のとおり判別した。また、風速については、地上高 1.5m（平成 20 年度）、2.1m、3.1m（平成 18・19 年度）に設置した風向風速計の風速を、対数分布則に基づき雪面からの地上高 10m の風速に換算したもの ( $V_{10}$ ) を使用した。

地吹雪の発生について、降雪終了からの経過時間  $T_{pass}$  [h] と風速との関係について整理し、図-1 に示した。降雪終了からの時間の経過に従って、地吹雪の発生風速が大きくなる傾向が見られた。

### 2. 研究概要と成果

#### 2.1 気象等の履歴を考慮した吹雪発生条件の解明

吹雪の発生と気象条件との関連について把握するため、石狩吹雪実験場において、これまでに収集した CCTV カメラ画像と、風速、積雪深のデータを用いて解析を行った。降雪時には吹雪の発生状況の判断が難しいことから、本調査では、降雪が無い時の地吹雪の発生状況について検討することとした。なお、降雪の有無については、(財)気象業務支援センターが提供する解析雨量を基に判定した。

解析には、平成 19 年 1 月 17 日から 2 月 28 日、平成 19 年 12 月 26 日から平成 20 年 2 月 28 日、平成 20 年 12

表-1 吹雪発生状況の画像による判別方法

低い地吹雪	断続的な高い地吹雪	連続的な高い地吹雪
		
雪面が白く露がかかった状態で、時々高く舞い上がるが、視程板(高さ概ね1m未満)より低い状態	視程板が9枚のうち1枚以上見えない、全て見える状態が繰り返される状態	継続して視程板が9枚のうち1枚以上見えない状態

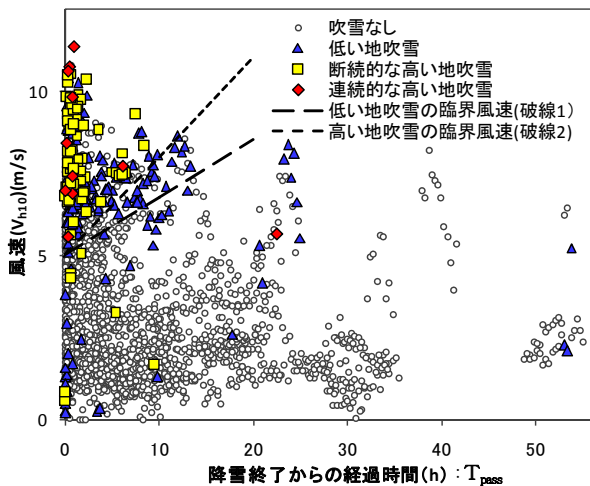


図-1 吹雪時の降雪終了からの経過時間と風速の関係

図-1より、低い地吹雪と高い地吹雪の発生臨界風速(破線)について以下の式が得られた。

$$\text{低い地吹雪が発生する最低風速} \\ V_{10} = 0.175 T_{\text{pass}} + 5 \quad \dots (1)$$

$$\text{高い地吹雪の発生する最低風速} \\ V_{10} = 0.3 T_{\text{pass}} + 5 \quad \dots (2)$$

なお、ドライバーの目線高さ(1.2m)では、高い地吹雪による影響が大きいと考えられるため、(2)式を採用することが適切と考えられる。

しかし、破線を越える風速でも、地吹雪が発生しなかった事例が、441件中252件(57.1%)あることから、今後は降雪終了からの時間経過の他に、地吹雪発生に与える気象条件(気温や日射の履歴等)の影響についても調査を進めて行くこととしたい。

## 2.2 吹雪視程障害の予測技術の開発

吹雪時の視程計測には、視程計が用いられているが、広い範囲にわたり視程を計測することは困難であり、広域の視程の予測は現在行なわれていない。このため、当研究所では、データの入手が容易な気象データから、吹雪時の視程を演算する手法を開発<sup>1)</sup>した。この演算法を以下に示す。

始めに、入手が容易な降雪強度と、風速のデータを用いて、飛雪空間密度 $N$  [ $\text{g}/\text{m}^3$ ]を求める。

$$N(z) = \frac{P}{w_f} + \left( N_t - \frac{P}{w_f} \right) \left( \frac{z}{z_t} \right)^{-\frac{w_b}{kU_*}} \quad \dots (3)$$

ここで

- $P$  [ $\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$ ] : 降雪強度
- $\omega_f$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] : 降雪粒子の落下速度(=1.2 [ $\text{m}/\text{s}$ ])
- $\omega_b$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] : 浮遊粒子の落下速度(=0.35 [ $\text{m}/\text{s}$ ])
- $z$  [ $\text{m}$ ] : 高さ(=1.2 [ $\text{m}$ ])
- $z_t$  [ $\text{m}$ ] : 基準高度(=0.15 [ $\text{m}$ ])
- $N_t$  [ $\text{g}$ ] : 基準高度 $z_t$ における飛雪濃度(=30 [ $\text{g}/\text{m}^3$ ])
- $U_*$  [ $\text{m}/\text{s}$ ] : 摩擦速度(=0.036 $\times V_{10}$ )  
ただし、 $V_{10}$ は、高さ10mでの風速
- $k$  : カルマン定数(=0.4)

なお、(3)式の第1項(降雪項)は降雪粒子に起因する飛雪空間密度、第2項(地吹雪項)は雪面から舞上がった雪粒子に起因する飛雪空間密度である。第2項の計算には、雪面から雪流粒子が浮遊して舞上がる(高い地吹雪が発生する)現象の有無の判定が必要となる。飛雪空間密度の推定では、高い地吹雪の発生条件<sup>2)3)</sup>を参考に、降雪の有無に応じて第2項の計算条件を各々設定した。

次に、1秒間に単位面積当たりの断面を通過する雪粒子の質量である飛雪流量 $Mf$  [ $\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$ ]を(3)式で求めた飛雪空間密度 $N$  [ $\text{g}/\text{m}^3$ ]と、地上高10mの風速 $V_{10}$  [ $\text{m}/\text{s}$ ]を(4)式に代入して求める。

$$Mf = N \times V_{10} \quad \dots (4)$$

最後に、以下の(5)式<sup>2)</sup>に、(4)式より計算された飛雪流量 $Mf$ を代入することにより視程値 $V_{15}$  [ $\text{m}$ ]が導き出される。

$$V_{15} = 10^{-0.886 \times \log(Mf) + 2.648} \quad \dots (5)$$

以上に述べたように、(3)~(5)式を用いて気象データから吹雪時の視程値を算出することができた。しかし、現地調査では、風が強い場合でも吹雪が発生しない例があった。また、演算に用いている気象値(気象業務支援センター配信)が、降雪強度ではなく降水強度であるため、降雨の時に吹雪による視界不良と判断することがあるなど、吹雪視程障害の予測には、まだ課題が残されていた。このため、前項2.1の検討結果を踏まえ、飛雪空間密度 $N$ の計算条件を図-2のように改良した。

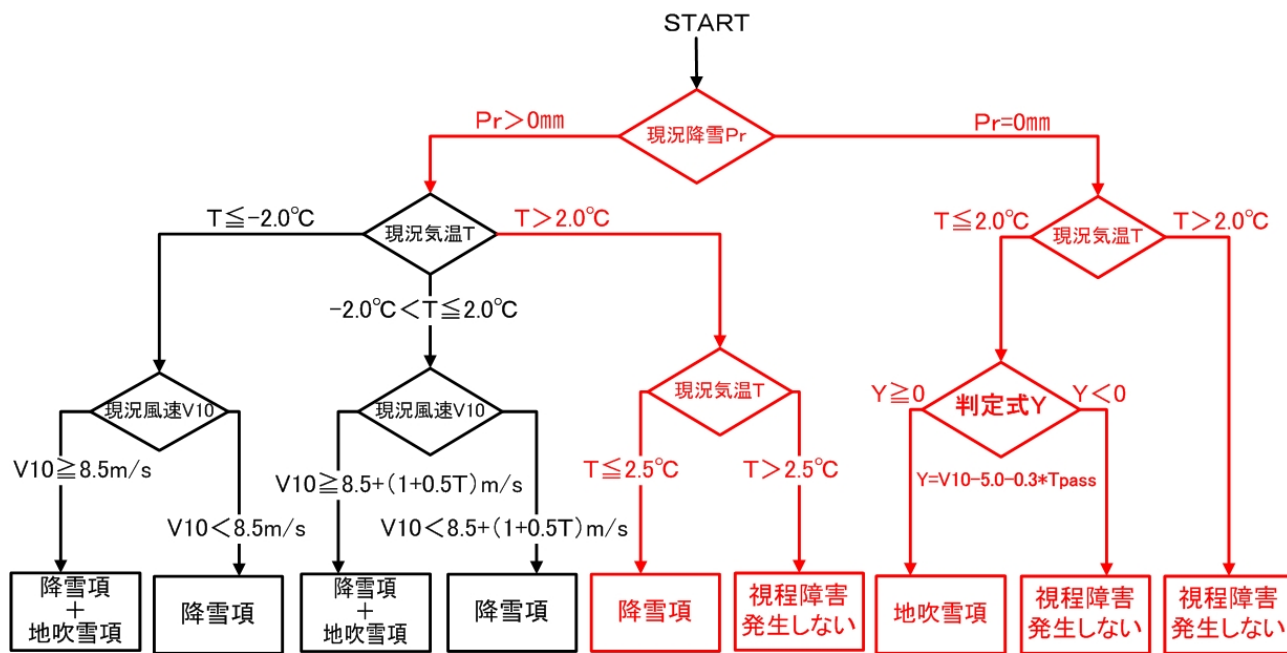


図-2 飛雪空間密度Nの計算フロー

図中の赤字の箇所が、変更部分である。現況の風速が(2)式により求められる地吹雪発生臨界風速を超える場合に、地吹雪が発生すると判断した。また、既往の研究<sup>2)</sup>により、気温2.0°C以下で地吹雪が発生するとされることから、現況の気温に基づく判定を追加した。

また、降雨の場合でも、降雪項の飛雪空間密度が計算され、吹雪による視程の低下があるように計算されていた。このため、気温2.5°Cで雨雪判別<sup>4)</sup>を行うこととした。

### 2.3 吹雪視程障害予測に関する情報提供技術の開発

リアルタイムに冬期道路の走行環境の情報を提供するため、平成20年度よりインターネットで吹雪の視界情報の試験公開を行っている(図-3)。

本システムでは、前項2.1、2.2の研究成果に基づき、(5)式を用いて視程値 $V_{is}$ を算出している。

吹雪の視界情報提供の対象は北海道内とし、気象庁注警報発表の一次細分区域毎にブロック分けした46エリアについて表示している。また、吹雪時のドライバーの運転挙動の関係<sup>5)</sup>を参考に、視程のランクに応じて色分けして表示を行っている。吹雪の視界情報の表示までの流れについて、図-4に示す。

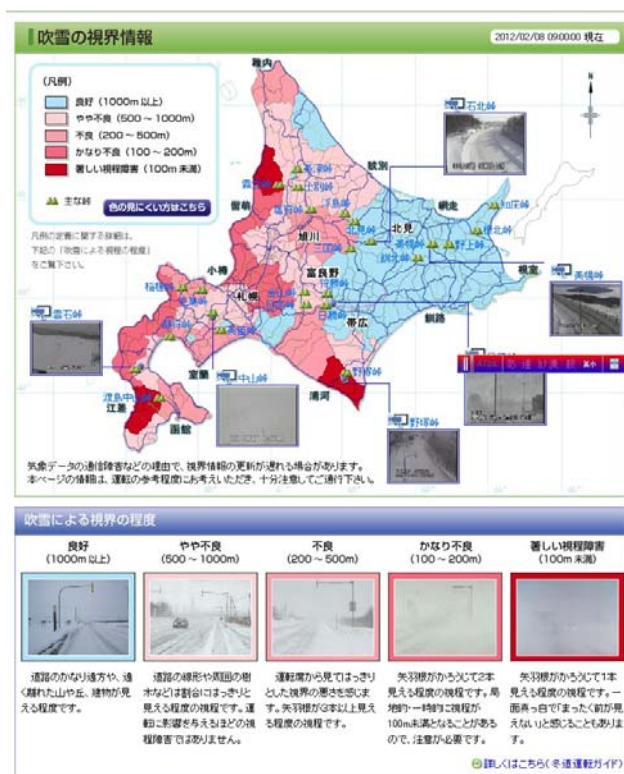


図-3 吹雪の視界情報の表示画面

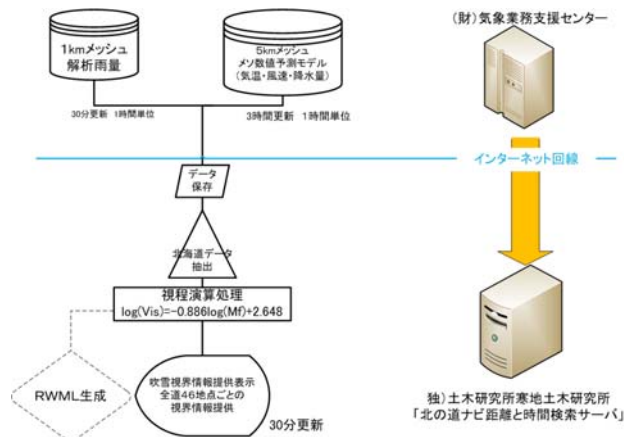


図-4 吹雪の視界情報の演算フロー

演算には、(財)気象業務支援センターから配信される1kmメッシュの解析雨量と5kmメッシュのメソ数値予測モデルのデータを当所のサーバに保存し、北海道内のデータを用い、前項(3)～(5)式と図-2のフローにより演算し、インターネットで吹雪の視界情報を公開している。

なお、このシステムは、気象の専門業者でなくとも、運用可能なものとして開発を行った。

吹雪視程障害の予測システム構築には、予測データの収集・蓄積・表示が可能となるよう、改良を行う必要がある。視程予測情報の提供に向けて、予測情報の提供内容と、提供手法に関するユーザーニーズを把握するため、一般利用者を対象にアンケート調査を実施した(図-5)。本調査は、平成24年2月29日から5月7日まで募集しており、その後集計・解析を行い、その結果を踏まえて、吹雪の視界情報の改良を行う予定である。

### 3. まとめ

本研究では、吹雪視程障害の予測技術の開発を行うことで、吹雪時のドライバーや道路管理者の判断を支援し、吹雪災害発生の防止・軽減を図り、冬期道路の信頼性向上を図るための試験調査を行った。

予測技術の開発では、気象の履歴データを用いて吹雪発生条件を解明し、降雪終了からの時間経過に応じた地吹雪の発生風速を明らかにした。また、吹雪時の視程の推定精度を向上させるため(3)式の飛雪空間密度の演算フローを改良し、既存の吹雪の視界情報提供システムに反映した。このほか、吹雪視界情報の予測システムの開発に向けて、ユーザーニーズ調査を実施した。



図-5 利用者に向けたアンケート画面(抜粋)

今後は、視程の予測演算を行い、的中率の検証を行う予定である。また、予測情報の提供には、気象業務法に基づく申請が必要のため、運用方法などの検討を行う予定である。

### 参考文献

- 1) 松澤勝, 竹内政夫: 気象条件から視程を推定する手法の研究, 雪氷, 64 巻第 1 号, pp. 77-85, 2002 年 1 月
- 2) 竹内政夫, 石本敬志, 野原他喜男, 福沢義文: 降雪時の高い地吹雪の発生臨界風速, 昭和 61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集, p256, 日本雪氷学会, p256, 1986 年
- 3) 武知洋太, 中村浩, 松澤勝, 川中敏朗: 地吹雪発生時の気象条件に関する一考察, 雪氷研究大会(2010・仙台)講演要旨集, 日本雪氷学会, 日本雪工学会, p216, 2010 年
- 4) 長谷美達雄: 冬期降水における降雪の発生割合と地上気温の関係(1), 雪氷, 53 巻第 1 号, pp33-43, 1991 年 3 月
- 5) 加治屋安彦, 松澤勝, 鈴木武彦, 丹治和博, 永田泰浩: 降雪・吹雪による視程障害条件下のドライバーの運転挙動に関する一考察, 寒地技術論文・報告集 vol. 20, (社)北海道開発技術センター, pp325-331, 2004 年 10 月

## RESEARCH ON THE TECHNOLOGY FOR POOR VISIBILITY ESTIMATE IN SEVERE SNOWSTORMS

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Cold-Region Road Engineering  
Research Group

(Snow and Ice Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru

KANEKO Manabu

KAWANAKA Toshiro

TAKECHI Hiroataka

HARADA Yusuke

### Abstract:

Recently, rapidly developing low-pressure systems have caused traffic disturbances due to poor visibility accompanying snowstorms in the areas where the frequency of occurrence of snowstorms was relatively low until now. Countermeasures against snowstorms such as snow fences (hardware) require a lot of time and cost. So, information (software) of poor visibility caused by snowstorms should be provided in order to prevent and reduce accidents caused by snowstorms.

The purposes of this study are to develop forecasting technology for poor visibility under snowstorm conditions, to support judgment of drivers and road managers by providing information in order to prevent and reduce accidents caused by snowstorms and to enhance reliability of winter drive conditions.

**Keywords:** poor visibility, snowstorms, information service, forecasting technology, software-like countermeasure