

令和 3 年度土木研究所講演会

一般的な気象データを用いた吹雪視程推定
技術の開発と
ウェブサイト「吹雪の視界情報」による
視程予測情報提供

寒地道路研究グループ長 松澤 勝

積雪寒冷地では吹雪による交通障害が多発



吹雪視程障害



吹きだまり

視程障害による多重事故

・1992年3月17日：道央自動車道千歳市で、吹雪時に186台を巻き込む多重衝突事故。2名死亡

約30年後

30年経っても
解決困難な課題

・2021年1月19日：東北自動車道宮城県大崎市で吹雪時に多重衝突事故。1名死亡、130台以上が巻き込まれる。

吹きだまりによる立ち往生

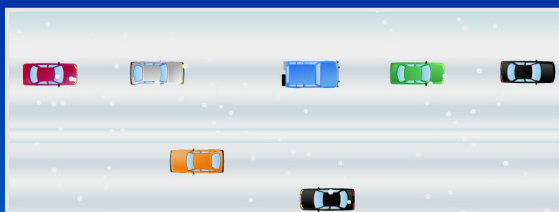
・2008年2月23日：札幌近郊の国道274号や道道で、吹きだまりによって約200台が立ち往生。



・2013年3月1日：北海道内各地で、立ち往生車両多数。車両内でのCO中毒死4名。走行不能になった車両から、徒歩で避難しようとして凍死5名。

視程低下が交通に与える影響

視程100～200m

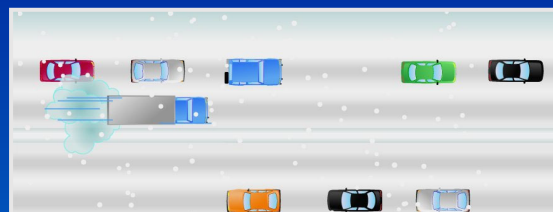


気象・道路状況に応じた運転



- 視程障害に応じて速度低下が始まる
- 車両による速度差は小さい
- アクセルやブレーキ操作は安定

視程50～100m

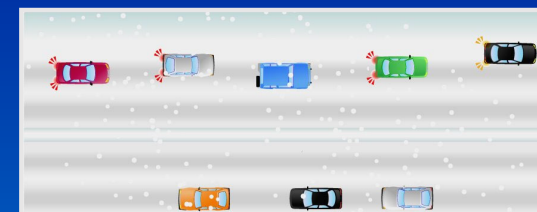


大型車の追越しの発生



- 走行速度がさらに低下。
- アクセル操作が頻繁になり、車両による速度差が大きくなる
- このため追従や車群走行が多くなる

視程50m未満



急減速・停止車両の発生



- ブレーキ操作による減速・停止が発生する
- 左右への挙動も多く不安定になる



停止車両を発見したものの
停止不可能!

※郊外部の中央分離帯のある4車線道路での調査結果より

吹雪時の視程の目安 ～視程障害移動観測車による観測事例

平均視程90～100m



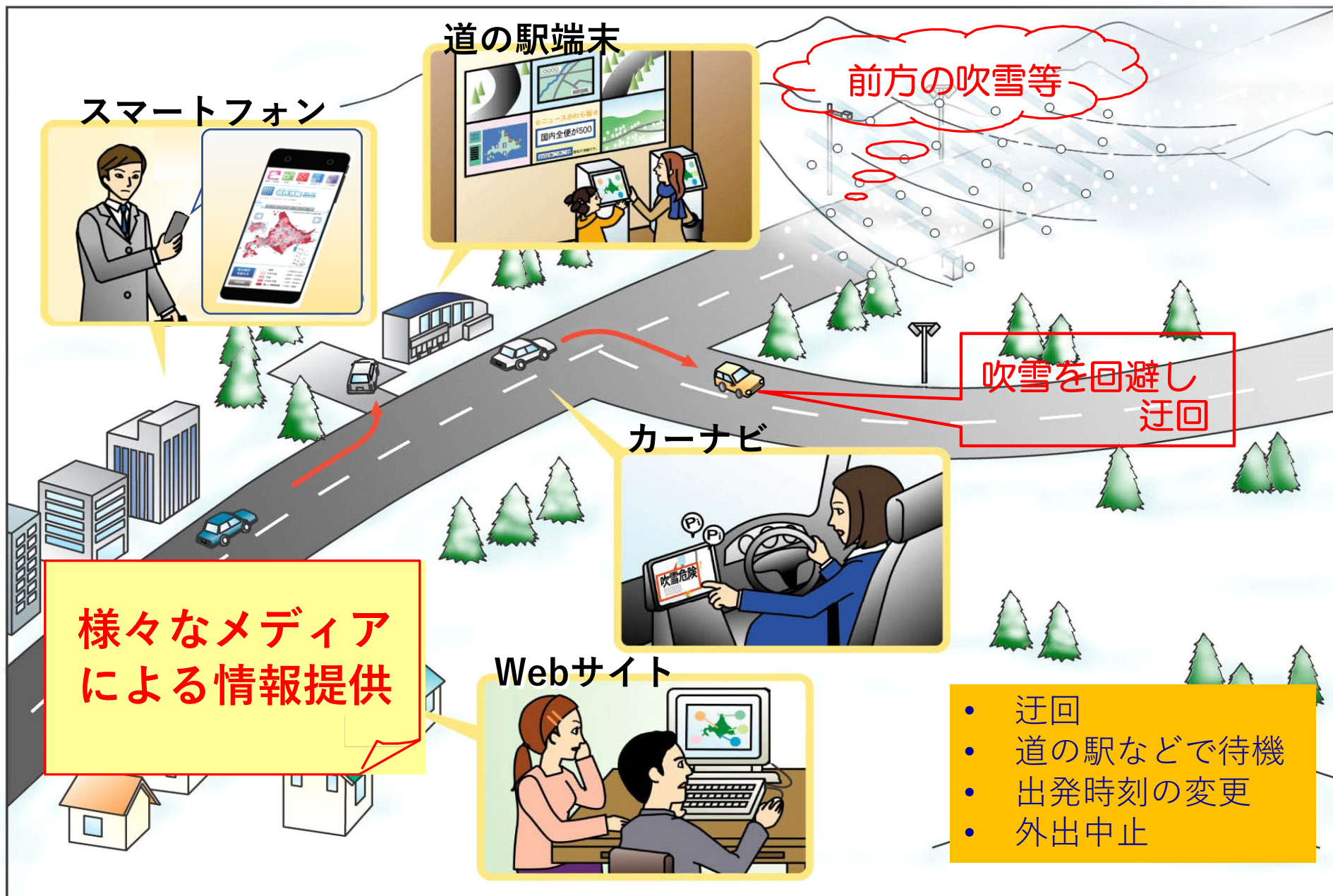
平均視程 300m



- 「視程」は気象用語で、一般には「視界」と呼ばれる。
- 本発表では、「視界」と「視程」を同義で用います。






ソフト対策として、事前あるいは旅行中に経路上の吹雪情報をドライバーに提供することで、吹雪に巻き込まれないように交通行動を変更してもらう



ウェブサイト「吹雪の視界情報」の概要

- 30分毎の視界の現況値と、昼間（6～21時）3時間毎に1～24時間先の予測値
- 北海道を旧市町村を基本とする221のエリアに分割
- 視程を5段階に色分け

	良好 (1000m以上)
	やや不良 (500～1000m)
	不良 (200～500m)
	かなり不良 (100～200m)
	著しい視程障害 (100m未満)

パソコン版

▲ウェブサイト「吹雪の視界情報」(予報業務許可事業者第183号)

スマートフォン版

メール配信サービス

事前に配信条件を登録



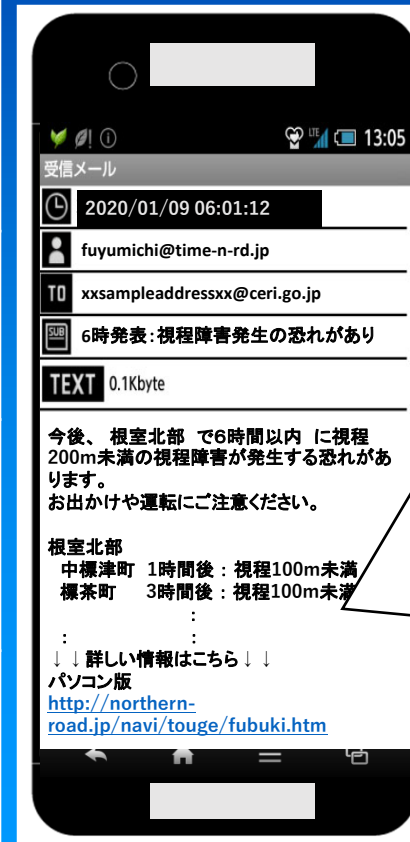
吹雪視程の演算結果と登録した条件が一致



自動で通知メール配信

<p>①エリア</p>	<p>メール配信の対象エリアを選択してください。 (複数選択可)</p> <p>■石狩エリア</p> <p><input type="checkbox"/>石狩北部 (石狩市、当別町、新篠津村)</p> <p><input type="checkbox"/>石狩中部 (札幌市、江別市)</p> <p>気象庁一次細分区域の46エリア</p>
<p>②配信時間</p>	<p>メールが配信される時間を選択してください。</p> <p><input type="checkbox"/>6,9,12,15,18,21時(1日6回)</p> <p>■9,12,15,18時(朝、夜を除く1日4回)</p>
<p>③予測視程</p>	<p>メールが配信される視界を選択してください。</p> <p><input type="checkbox"/>500m未満の場合</p> <p>■200m未満の場合</p> <p><input type="checkbox"/>100m未満の場合</p>
<p>④予測時間</p>	<p>何時間後の予測視程を配信するのを選択してください。</p> <p><input type="checkbox"/>発表から3時間先までの予測視程</p> <p>■発表から6時間先までの予測視程</p>

▲配信条件設定画面



今後、根室北部で6時間以内に視程200m未満の視程障害が発生する恐れがあります。お出かけや運転にご注意ください。

根室北部
中標津町 1時間後 : 視程100m未満
標茶町 3時間後 : 視程100m未満

▲通知メール画面

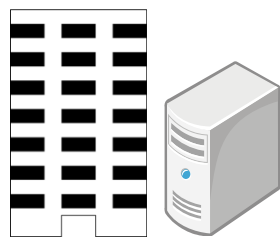
吹雪予測情報の作成の流れ

221エリア毎に、エリア内の主要道路に沿ったメッシュ上の視程値を抽出し、視程の良い（視程距離の長い）方からの90%タイル値を当該エリアの視程として採用

気象データ入手

気温、風速、相対湿度
【5kmメッシュ】
降水（降雪）強度
【1km,5kmメッシュ】

気象庁



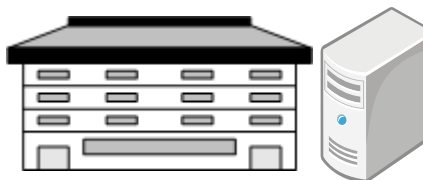
吹雪視程の予測

・地吹雪発生判定
・雨雪判別

視程推定手法
による
視程演算

吹雪視程
(予測・現況)

寒地土木研究所 吹雪視程演算サーバ



▲吹雪予測情報処理プロセス

SNSによる発信


情報提供方法	情報取得者
メール配信サービス	事前にサービスに登録している者
Twitter (R1年度より開始)	インターネットを利用している幅広い層

吹雪視程予測で北海道
広域に著しい視界不良
が予測された

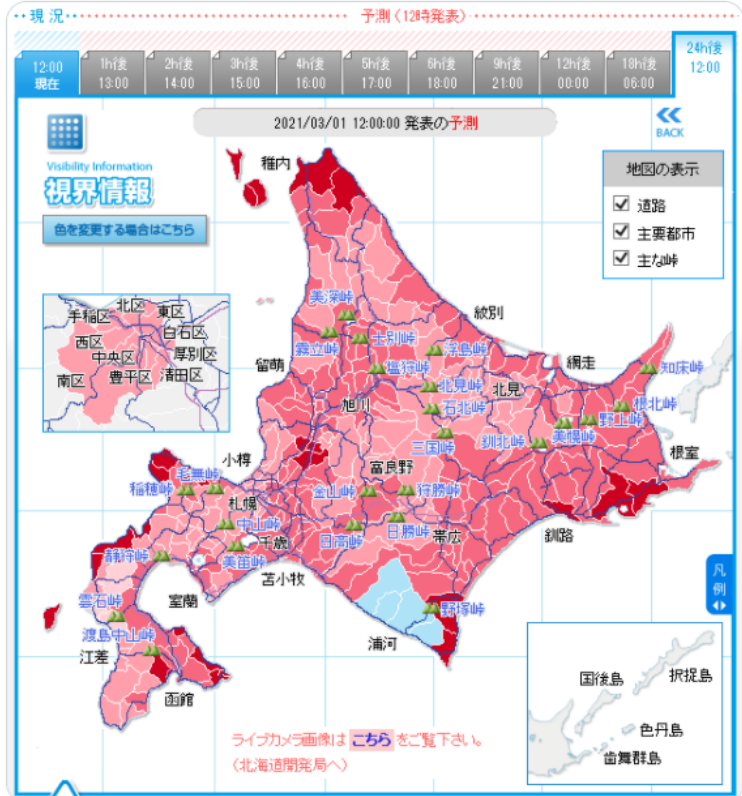
24h以内で最も視界不
良が著しい予測画像を
添付してツイート

ウェブサイト「吹雪の
視界情報」に誘導

← ツイート

 北の道ナビ吹雪視界情報
@fubuki_navi

吹雪による著しい視界不良が、北海道広域に予測されています。
詳しくはこちら
(スマホ)→ northern-road.jp/navi/touge/sp/...
(PC)→ northern-road.jp/navi/touge/fub...
#吹雪視界



..現況.. 予測(12時発表) .. 24h後 12:00

12:00 現在 1h後 13:00 2h後 14:00 3h後 15:00 4h後 16:00 5h後 17:00 6h後 18:00 9h後 21:00 12h後 00:00 18h後 06:00

2021/03/01 12:00:00 発表の予測

Visibility Information
視界情報
色を変更する場合はこちら

地図の表示
 道路
 主要都市
 主な峠

ライブカメラ画像は [こちら](#) をご覧ください。
(北海道開発局へ)

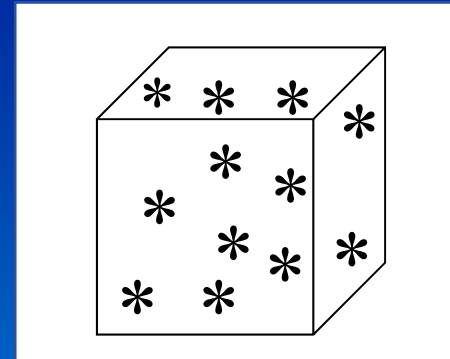
▲Twitterによる発信

一般的な気象データを用いた吹雪視程推定手法

吹雪の強さを表す物理量

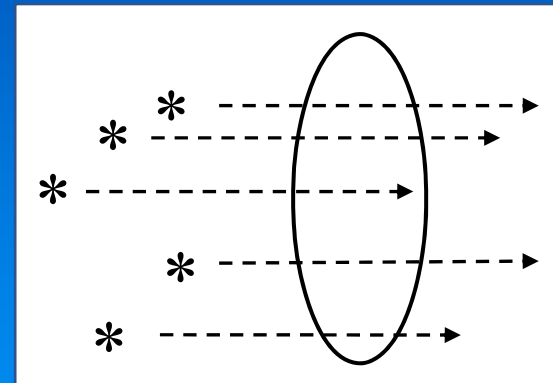
飛雪空間密度 N (g/m^3)

- 単位空間に存在する吹雪粒子の質量



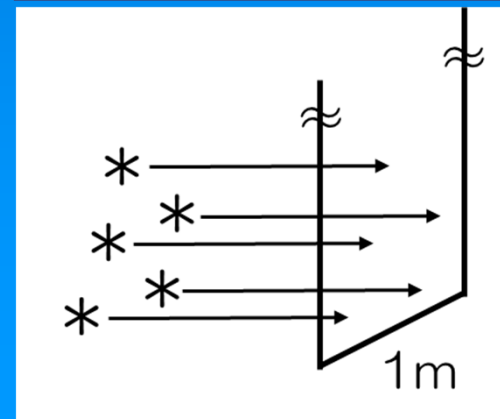
飛雪流量 q ($\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$)

- 単位断面積を単位時間に通過する吹雪粒子の質量
- 飛雪空間密度 N と風速 V の積（但し吹雪粒子が浮遊している条件に限る）



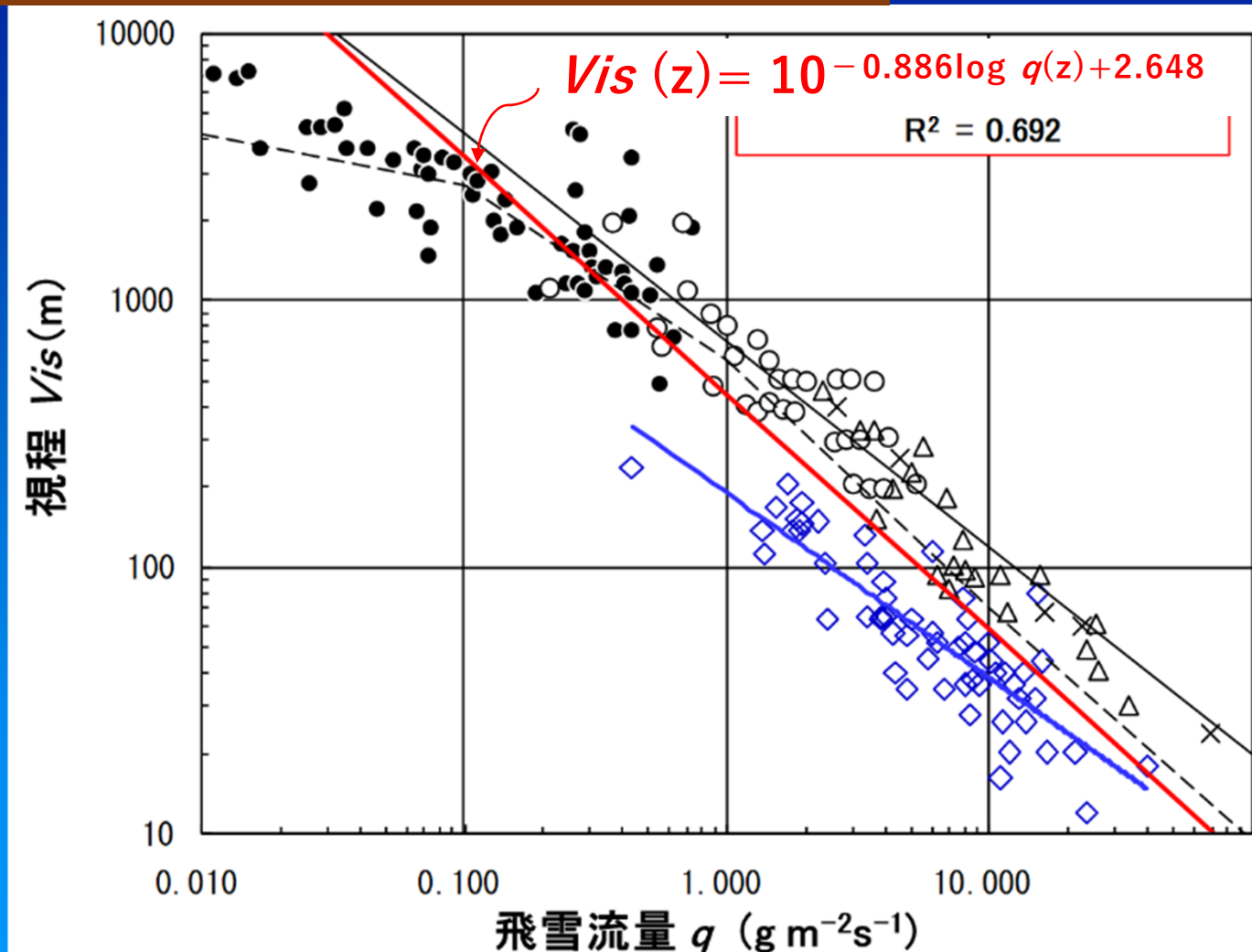
吹雪量 Q ($\text{g}/(\text{m}\cdot\text{s})$)

- 単位幅を単位時間に通過する吹雪粒子の質量。
- 飛雪流量 q を z 方向に積分した値



一般的な気象データを用いた吹雪視程推定手法

視程 Vis と飛雪流量 q には強い相関関係がある



▲視程と飛雪流量

気象データ → 飛雪空間密度の推定 → 飛雪流量の推定 → 視程の推定

一般的な気象データを用いた吹雪視程推定手法

1. 飛雪空間密度 $N(z)$ の推定

乱流拡散モデルによる飛雪空間密度の鉛直分布式

$$N(z) = \frac{P}{Wf} + \left[N_t - \frac{P}{Wf} \right] \left(\frac{z}{z_t} \right)^{-\frac{Wb}{ku^*}} \quad \dots (1)$$

$N(z)$: 任意高さ z の飛雪空間密度 (g/m^3)

z : 任意の高さ (m)

「吹雪の視界情報」では $z = 1.2 - H$ H : 積雪深 (m)

ただし、 $z < 0.4\text{m}$ の場合は $z = 0.4\text{m}$ とする。

P : 降雪フラックス ($\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$) ~ 時間降水量 Ph (mm/h) とすると $P = 0.278Ph$

N_t : 基準高さ z_t の飛雪空間密度 (g/m^3)

① $N_t = 0.116 \exp(0.309 V_{10})$ (g/m^3) (時間降水量 ≥ 0.4 mm/h)

② $N_t = 0.021 \exp(0.401 V_{10})$ (g/m^3) (時間降水量 < 0.4 mm/h)

z_t : 基準高さ (=0.15m)

Wf : 降雪粒子の落下速度 (=1.2m/s)

Wb : 浮遊雪粒子の落下速度 (=0.21m/s)

k : カルマン定数 (=0.4)

u^* : 摩擦速度 (=0.036 V_{10} m/s)

V_{10} : 高さ10mの風速 (m/s)

高さ10mの風速 V_{10} と
時間降水量 Ph だけで
飛雪空間密度 $N(z)$ を推定可能

一般的な気象データを用いた吹雪視程推定手法

2. 飛雪流量 $q(z)$ の推定

$$q(z) = N(z) \cdot V(z) \quad \dots (2)$$

$q(z)$: 任意高さ z の飛雪流量 ($\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$)

$N(z)$: 任意高さ z の飛雪空間密度 (g/m^3) (式(1)より)

$V(z)$: 任意高さ z の風速 (m/s)

z : 任意の高さ (m)

3. 視程 $Vis(z)$ の推定

$$Vis(z) = 10^{-0.886 \log q(z) + 2.648} \quad \dots (3)$$

$Vis(z)$: 任意高さの吹雪時における視程

$q(z)$: 任意高さの飛雪流量 (式(2)より)

しかし...

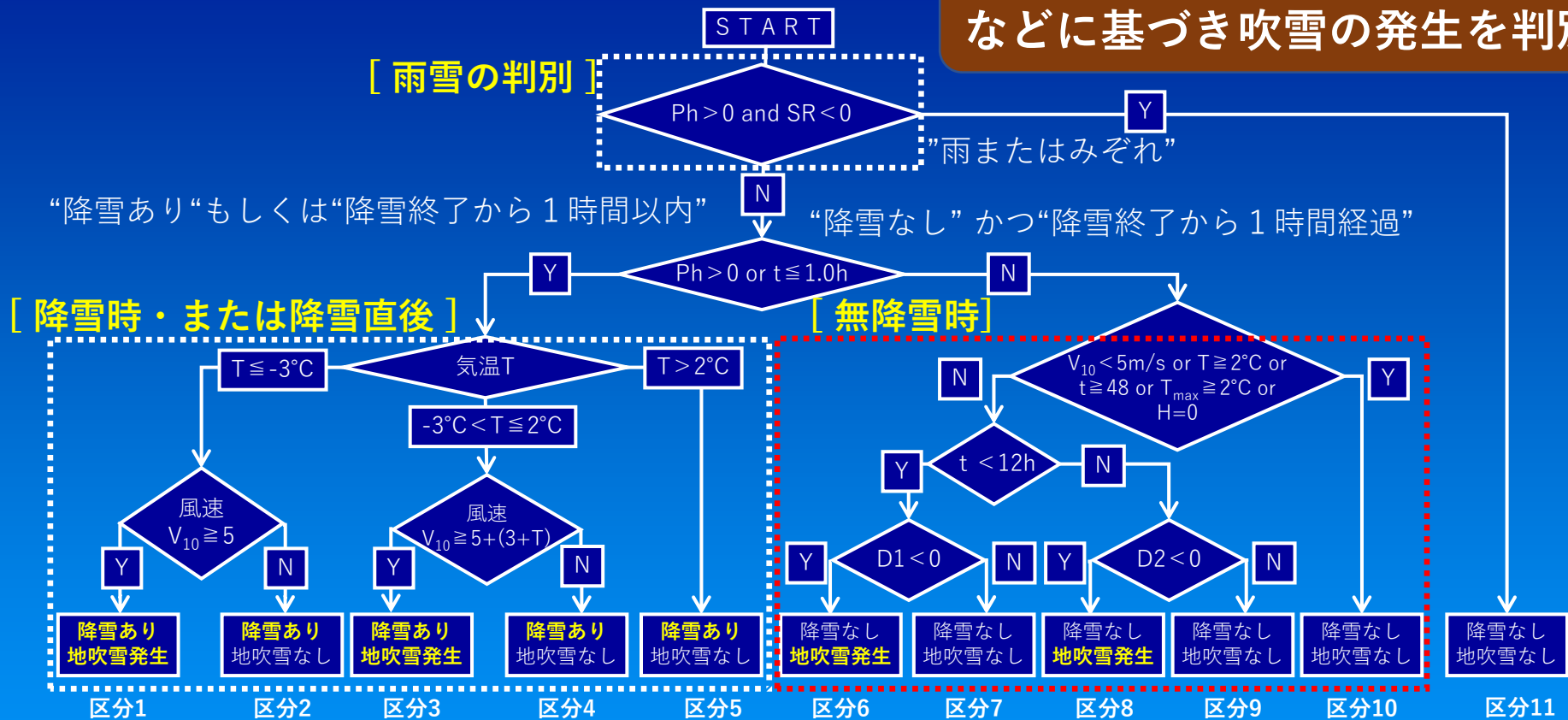
十分に気温が低く、かつ風が強くても、地吹雪が発生しない場合がある。

→ あらかじめ、**吹雪の発生・非発生を判別する。**

吹雪の発生判別フロー

(H30年度の「吹雪の視界情報」に用いたフロー)

気温や風速、降雪後の経過時間
などに基づき吹雪の発生を判別



$$SR = -\phi - (100 \div 9) \times (T - 9.75)$$

$SR \geq 0$ 「雪」、 $SR < 0$ 「雨又はみぞれ」

$$D_1 = -0.59 V_{10} + 0.2 T - 0.08 SF + 4.77$$

$$D_2 = -1.18 V_{10} + 0.16 T + 0.09 t + 0.03 U_{sum} + 4.93$$

$D \geq 0$ 「地吹雪非発生」、
 $D < 0$ 「地吹雪発生」

- Ph : 降水量 (解析雨量) (mm/h)
- t : 降雪終了後の経過時間 (h)
- V_{10} : 高さ10mの風速(m/s)
- T : 現況の気温 (°C)
- T_{max} : 降雪終了後の最高気温 (°C)
- H : 積雪深 (cm)
- ϕ : 相対湿度 (%)
- SF : 降雪終了直前の降雪量の積算値 (cm)
- U_{sum} : 降雪終了後の毎時風速の4乗の積算値 $\times 10^{-3}$ (m⁴/s⁴)

視程推定手法の演算の精度

検証箇所：

北海道内(石狩市, 初山別村, 猿払村, 弟子屈町)

検証期間：

平成28年12月～平成29年3月
平成29年12月～平成30年3月
平成30年12月～平成31年3月

検証方法：

推定した視程と実測視程を5ランクで比較(データは特別値を利用)

・推定視程

実測の気温(°C)、風速(m/s)、相対湿度(%)及び解析雨量を入力値とし推定

・実測視程

視程計の実測値(中央値)より判定

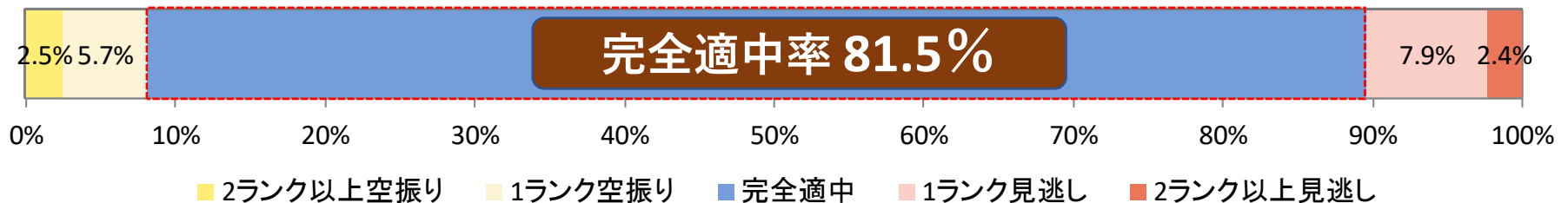
		推定した吹雪時の視程					合計	
		1	2	3	4	5		
		100m未満	100m以上 200m未満	200m以上 500m未満	500m以上 1000m未満	1000m以上		
現地での実測 による視程	1	100m未満	n11	n12	n13	n14	n15	
	2	100m以上200m未満	n21	n22	n23	n24	n25	
	3	200m以上500m未満	n31	n32	n33	n34	n35	
	4	500m以上1000m未満	n41	n42	n43	n44	n45	
	5	1000m以上	n51	n52	n53	n54	n55	
	合計							SUM(n)

■ 見逃し	見逃し率=(n13+n14+n15+n24+n25+n35)/n
■ 1ランク見逃し	1ランク見逃し率=(n12+n23+n34+n45)/n
■ 完全適中	完全適中率=(n11+n22+n33+n44+n55)/n
■ 1ランク空振り	1ランク空振り率=(n21+n32+n43+n54)/n
■ 空振り	空振り率=(n31+n41+n42+n51+n52+n53)/n

▲的の中率評価のための分割表

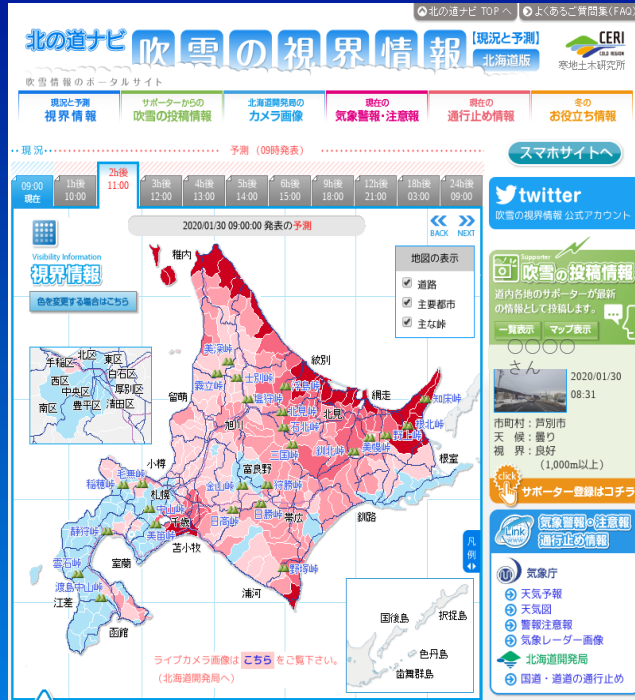
5ランクで評価

視程5ランクの推定精度(適中率)【北海道(石狩・初山別・猿払・弟子屈)】

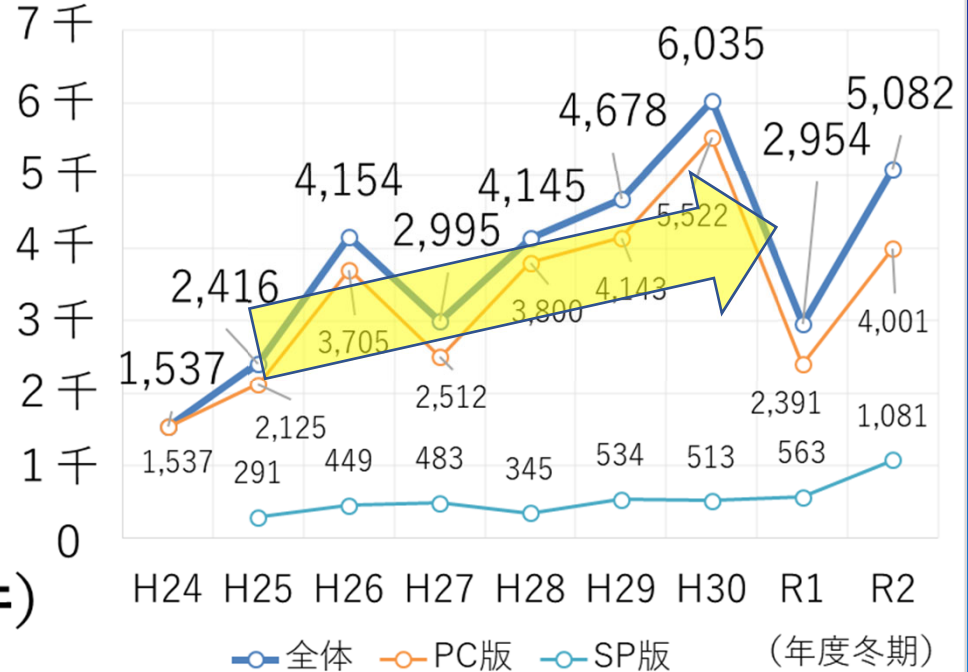


▲視程推定値の的の中率(北海道)

アクセス数の推移



日平均アクセス数 (件)



「吹雪の視界情報」のアクセス数は年々増加



▲ 日平均アクセス数の推移

◀ 令和2年度の日別アクセス数の推移

Twitterによる情報発信

令和2年度のツイート回数：9回

令和2年12月26日 9:52, ツイート	令和3年1月7日 18:09, ツイート	令和3年1月14日 9:07, ツイート	令和3年1月14日 11:00, ツイート
令和3年2月2日 19:04, ツイート	令和3年2月15日 12:02, ツイート	令和3年2月16日 9:40, ツイート	令和3年2月16日 11:00, ツイート

▲令和2年度のツイートに添付した

← ツイート

北の道ナビ吹雪視界情報
@fubuki_navi

吹雪による著しい視界不良が、北海道広域に予測されています。
詳しくはこちら
(スマホ)→ northern-road.jp/navi/touge/sp/...
(PC)→ northern-road.jp/navi/touge/fub...
#吹雪視界

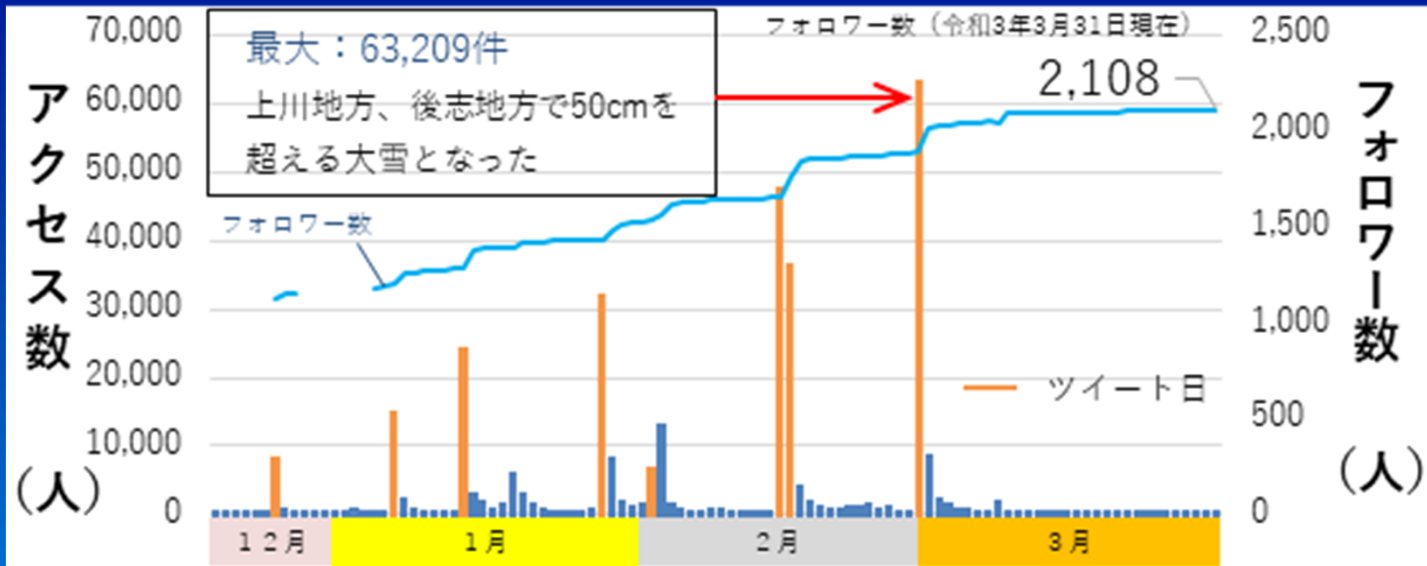
午後0:02 · 2021年3月1日 · Twitter Web App

山 ツイートアクティビティを表示

3月1日のツイート

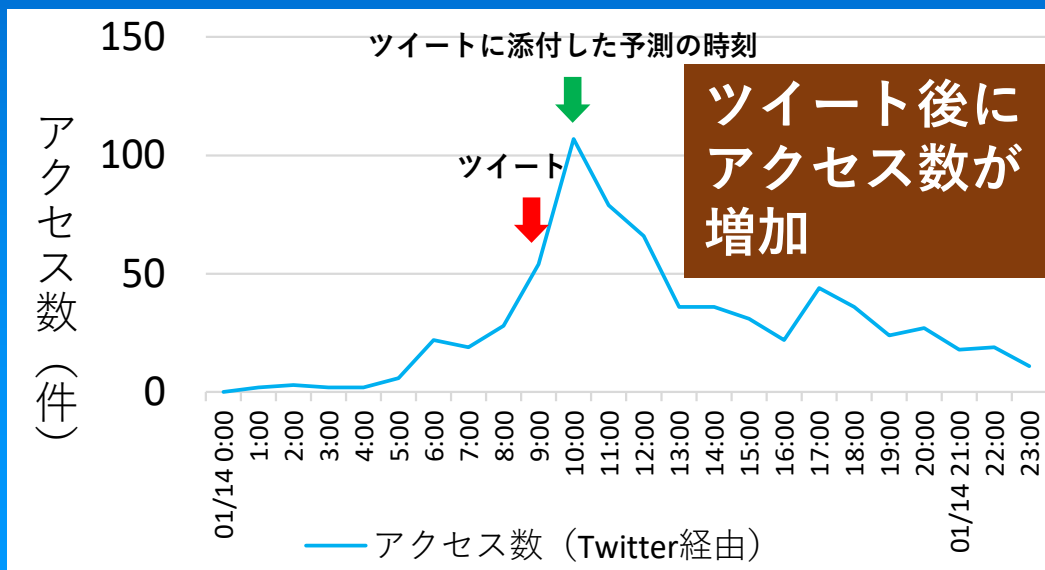
185 件のリツイート 13 件の引用ツイート 182 件のいいね

Twitterによる情報発信



フォロワー数は、ツイッター開始時の2.8倍に増加

▲令和2年度のTwitterの日別アクセス数とフォロワー数の推移



▲Twitter経由の「吹雪の視界情報」サイトのアクセス数 (令和3年1月14日)

Twitterの主なフォロワー

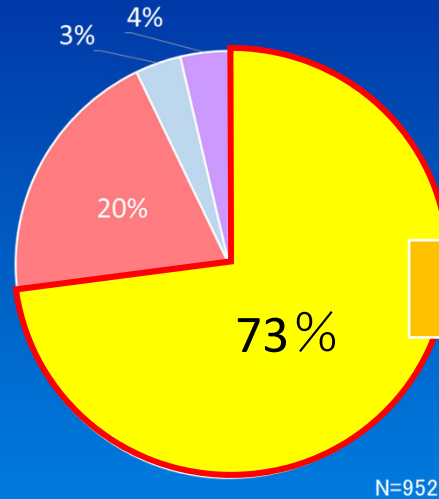
- 【道路管理者】
北海道開発局, NEXCO東日本 (北海道)
- 【放送局】
AIR-G'FM北海道, UHBお天気チーム,
FMリバー (旭川市),
Airてっし (名寄市), JAGA (帯広市)
- 【交通機関】
沿岸バス, 北海道拓殖バス
- 【その他の地域情報インフルエンサー】
まりもっこり, まる太くん (津別町)

アンケート結果

実施方法：ホームページ上でWeb回答方式により実施

実施期間：平成31年3月20日～4月10日

有効回答者数：952名



N=952

■ 行動や予定を変更する、または変更するが多い

■ 行動や予定を変更しない、または変更しない場合が多い

■ 利用している地域では200m未満の視界不良が予測されたことがない

■ その他

▲ 「視界不良（200m未満）が予測された際に、行動や予定の変更を検討したことがあるか」に対する回答結果

外出や移動の出発を早めた、または遅らせた

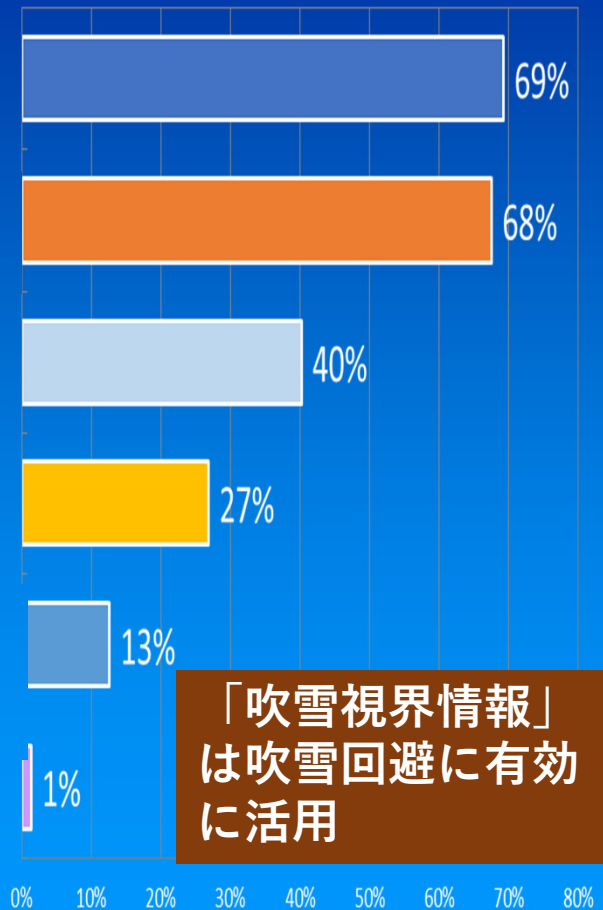
外出や移動を取りやめた

移動のルートを変更した

外出時にスコップや防寒着などの備えをした

自動車から公共交通機関などの交通手段を変更した

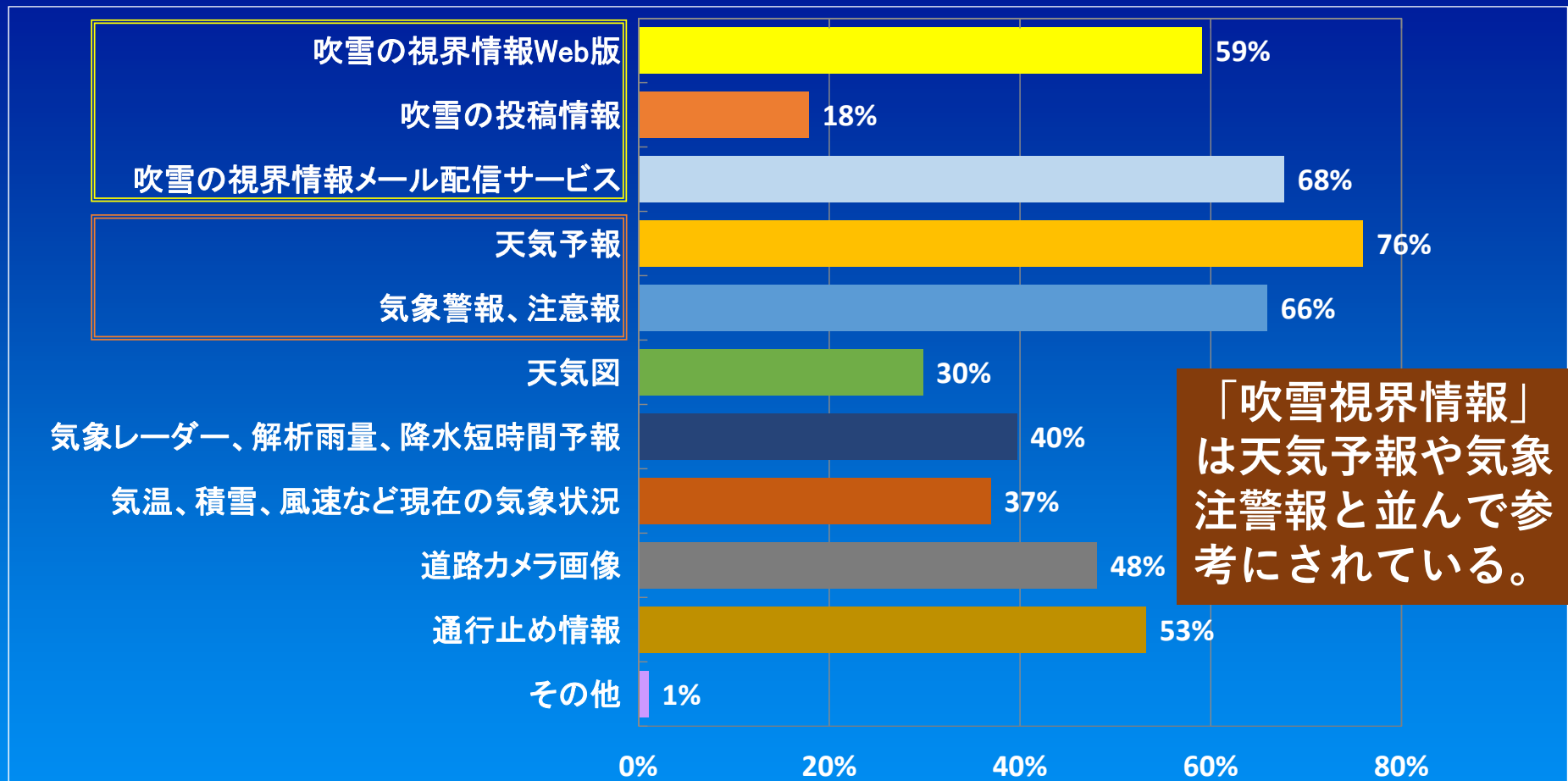
その他



「吹雪視界情報」は吹雪回避に有効に活用

▲ 「行動や予定を変更する、または変更するが多い」を選んだ人の「変更内容」（複数回答可）

アンケート結果



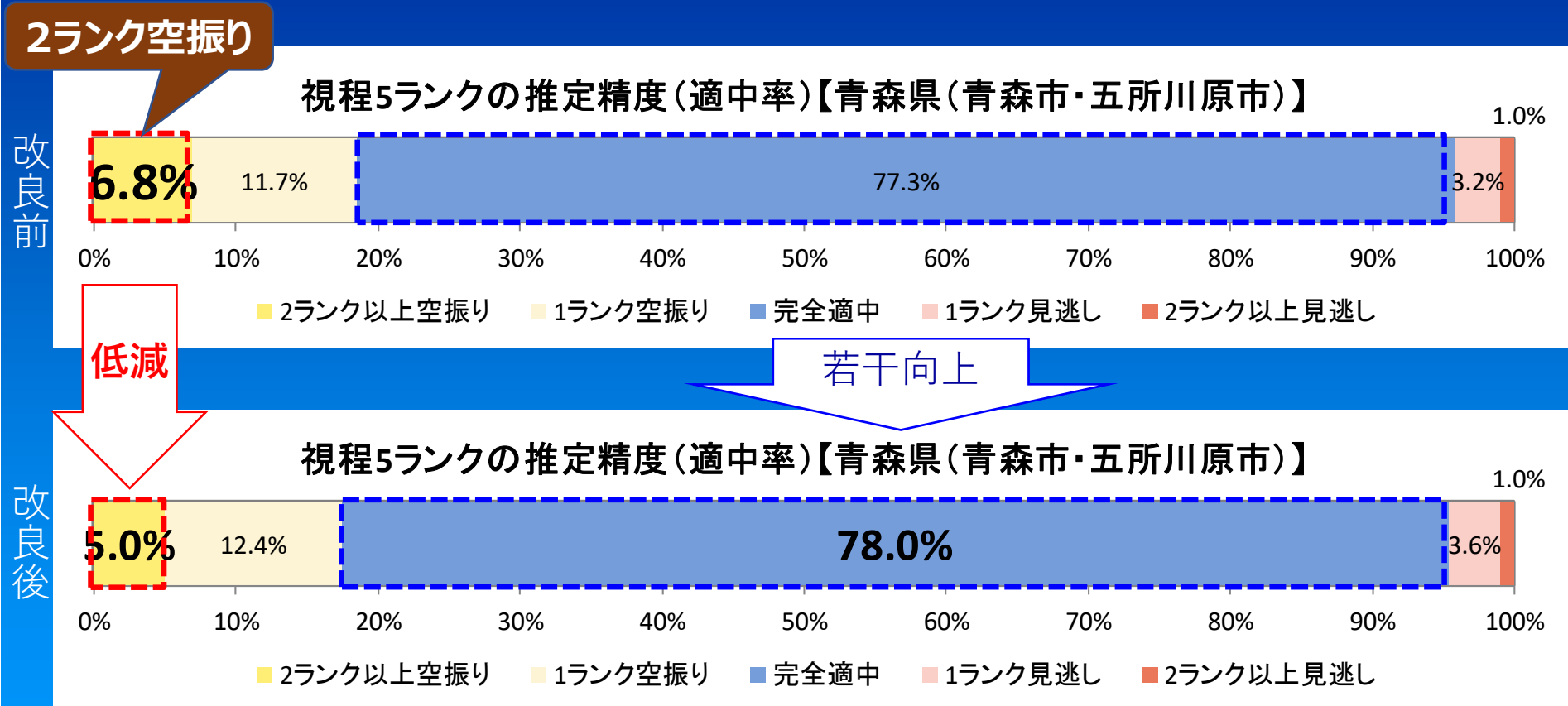
▲「吹雪時の交通行動の変更の際に参考にする情報は何か」への回答結果

自由回答でいただいたご意見

- ✓ 視程障害に関する情報は、他では得ることができない貴重な情報なので、今後とも精度をより高めて、情報提供を今後もお願いいたします。
- ✓ とても参考になり、いつも利用しています。テレビの天気予報よりも当たるし、たよりにしています。来年もよろしくお願いいたします

今後の展望

- 青森県内で数ヶ年にわたり、吹雪観測を実施
- 飛雪空間密度の推定式や吹雪の発生判別フローを改良



▲改良した視程推定技術による視程推定値の適中率 (青森県)

空振りを低減する一方、完全適中率を向上

今後の展望

改良した視程推定技術を活用して、青森県で吹雪視界予測情報を提供予定（調整中）

9時発表

	現在 9:00	1h後 10:00	2h後 11:00	3h後 12:00	4h後 13:00	5h後 14:00	6h後 15:00	9h後 18:00	12h後 21:00	18h後 3:00	24h後 9:00
青森市	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	200~500m	200~500m	200~500m	100~200m	100~200m	100m未満	視程1000m以上
八戸市	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	200~500m	200~500m	100~200m	100~200m	100m未満	視程1000m以上
弘前市	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	200~500m	200~500m	100~200m	100~200m	100m未満	視程1000m以上
十和田市	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	200~500m	200~500m	100~200m	100~200m	100~200m	視程1000m以上
むつ市	500~1000m	500~1000m	500~1000m	500~1000m	200~500m	200~500m	100~200m	100~200m	100~200m	100~200m	視程1000m以上

視程1000m以上 500~1000m 200~500m 100~200m 100m未満

▲青森県での視界予測情報提供イメージ

冬期道路の安全向上に向けた啓発

視界情報以外にも役立つコンテンツが充実

北の道ナビ 吹雪の視界情報 [現況と予測] 北海道版

吹雪情報のポータルサイト

現況と予測 視界情報 | サポーターからの吹雪の投稿情報 | 北海道開発局のカメラ画像 | 現在の気象警報・注意報 | 現在の通行止め情報 | 冬のお役立ち情報

提供:北の道ナビ(寒地土木研究所)

お役立ち情報

寒地土木研究所の研究成果から、冬期道路に特有の現象について解説します。冬道の運転にお役立て下さい。

視程障害の基礎知識

INDEX

- 1 冬みちレポート 降雪や吹雪による視程障害とは?
- 2 冬みちレポート こんなときに視程障害は起きやすい
- 3 冬みちレポート こんなところで視程障害は発生しやすい
- 4 冬みちレポート 視程障害のときはこんな運転になりやすい
- 5 冬みちレポート 吹雪の時は大型車と小型車とで視界が違う
- 6 冬みちレポート 吹雪の時はこんな交通の流れになりやすい

サイト下部にスライド

北海道の道路情報総合案内サイト

北の道ナビ

距離と時間検索 | 峠(吹雪)情報 | 安心ガイド | ドライブマップ | ドライブ情報 | その他/リンク集

防犯情報 | 道路情報放送時間 | 交通安全 | 動物に注意 | 冬道関連情報 | バリアフリー | 冬道運転ガイド

北の道ナビHOME > 北の道安心ガイド > 冬道運転ガイド > 視程障害や路面凍結の運転に役立つ基礎知識

冬道運転ガイド

北の道ナビ「冬道運転ガイド」では、冬期間により安全で快適なドライブをしていただけるよう、雪国ならではの情報や知識をお伝えします。知って安心、安全ドライブ!

CONTENTS 1 | CONTENTS 2

降雪・視界・路面の基礎知識 | 視程障害や路面凍結の運転に役立つ基礎知識

視程障害や路面凍結の運転に役立つ基礎知識

寒地土木研究所の研究成果から冬期道路に特有の現象について解説します。冬道の運転にお役立て下さい。

INDEX

冬みちレポート 1 降雪や吹雪による視程障害とは?	冬みちレポート 2 こんなときに視程障害は起きやすい
冬みちレポート 3 こんなところで視程障害は発生しやすい	冬みちレポート 4 視程障害のときはこんな運転になりやすい
冬みちレポート 5 吹雪の時は大型車と小型車とで視界が違う	冬みちレポート 6 吹雪の時はこんな交通の流れになりやすい
冬みちレポート 7 こんなときは路面の凍結に注意	冬みちレポート 8 こんなところでは路面の凍結に注意

必要な情報が掲載されているページ(サイト)にノンストレスでアクセス

※更にヤフー(株)からの申し入れで「冬道運転ガイド」を原案とする画像をYahooの「災害特設ページ」に掲載(随時)

おわりに

吹雪災害は、地域と季節が限定されるニッチな研究対象ですが、土木研究所の研究理念にある「**地域から信頼される研究**」を念頭に、引き続き吹雪災害の軽減に向けて研究開発に努めていく所存です。

ご清聴ありがとうございました。

この研究に関するお問合せは
寒地道路研究グループ雪氷チーム(snow@ceri.go.jp)まで