

様式第 11 別紙 2

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書

- (1) 課 題 名：カメラ画像を利用した大雪および暴風雪による視程障害・吹きだまり検知に関する技術開発
- (2) 研 究 期 間：平成 26～28 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：小室 裕一（株式会社シー・イー・サービス 代表取締役社長）
- (4) 研 究 代 表 者 名：正岡 久明（株式会社シー・イー・サービス 理事）
- (5) 共 同 研 究 者 名：星野 洋（株式会社シー・イー・サービス 課長）  
間山 大輔（株式会社シー・イー・サービス 主任）  
金田 安弘（（一社）北海道開発技術センター 統括部長）  
越後 謙二（（一社）北海道開発技術センター 首席研究員）  
永田 泰浩（（一社）北海道開発技術センター 上席研究員）  
萩原 亨（北海道大学大学院 教授）
- (6) 補助金交付総額：34,974,000 円
- (7) 技術研究開発の目的

北海道、東北、北陸などの積雪寒冷地では吹雪による交通障害が多く発生し、その対応について社会的要請が高い。従来、交通障害の要因となる視程障害や吹きだまり発生を路線全体で的確に予測することは困難であった。本技術は、道路カメラの画像を分析して吹雪レベルを求め、気象データや道路構造を加味して 24 時間先までの視程障害と吹きだまりを予測する技術である。本技術の実用化によって視程障害や吹きだまりの発生が予測可能となり、的確な冬期道路管理や冬期交通障害の解消の解消を目的とする。

(8) 技術研究開発の内容と成果

(8-1) 平成 26 年度・27 年度の内容と成果

1. 背景と課題

1-1. 技術開発の背景と社会的要請

北海道をはじめとする積雪寒冷地では、毎年のように大雪や暴風雪にともなう視程障害や吹きだまりによって大規模な道路交通障害が発生している。吹雪は長時間にわたる通行止めや車両の立ち往生、また多重衝突事故などの原因となっており、社会や生活に大きな影響を与えている。

このような背景から、道路上の「吹きだまり」や「視程障害」を的確に予測する技術が求められている。

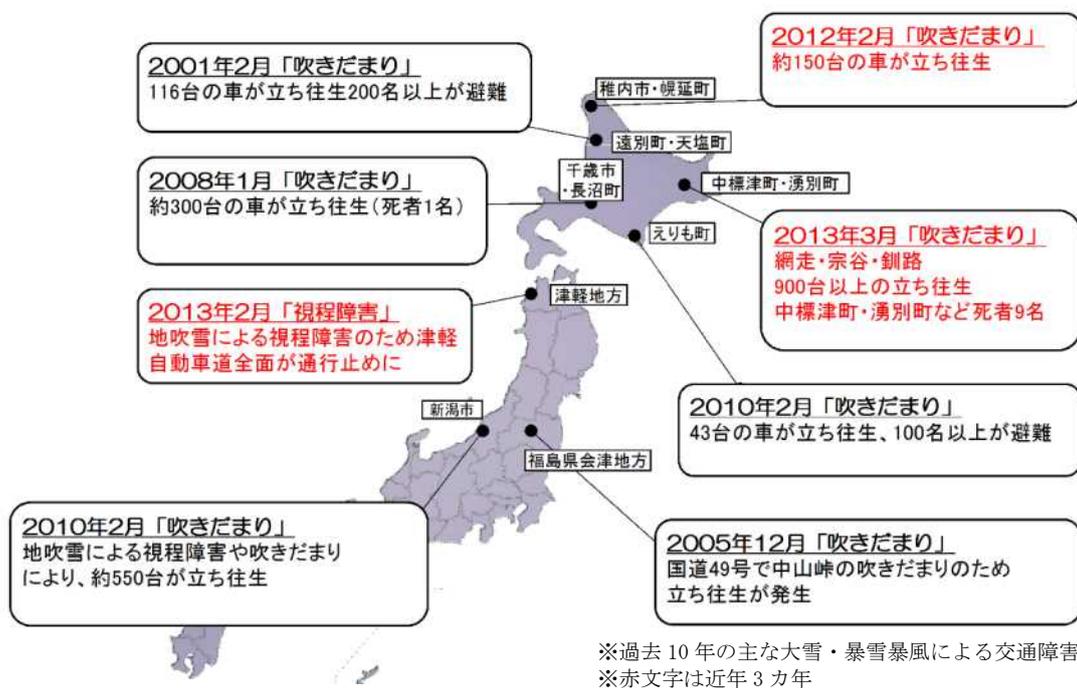


図 1-1-1 大雪・暴風雪・吹きだまり・視程障害による交通障害の発生



図 1-1-2 新聞記事

## 1-2. 吹きだまり発生予測の現状

吹雪による道路交通障害が大規模なものとなる要因のひとつとして、道路上に発生する吹きだまりを的確に把握できないことが挙げられる。

その理由は、実道上の吹雪量やその継続時間、および道路構造、沿道環境、風上側の状況などが複雑に影響しているためである。

### <吹きだまり予測が困難な理由>

- ① 「道路構造」「沿道状況」「防雪対策の有無」などの影響
- ② 風向によって風上・風下の状況が変化
- ③ 日射等の影響によって雪面の状況が変化（湿った雪の場合、地吹雪が発生しない）

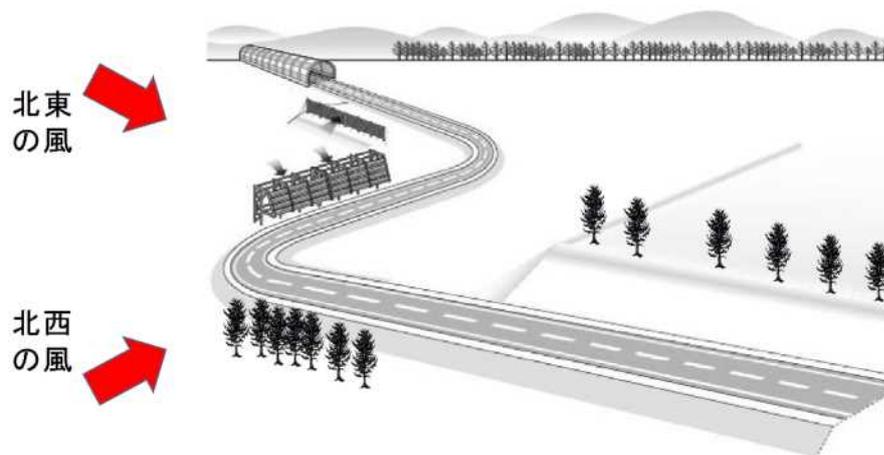


図 1-2-1 吹きだまり予測が困難なさまざまな要因



写真 1-2-1 地形変化点における局所的な吹きだまり



写真 1-2-2 2車線を塞ぐ大規模な吹きだまり

大雪警報 2月16日 11:35 発表  
暴風雪警報 2月16日 18:35 発表～19日 05:07 解除  
翌日撮影

## 2. 技術開発の概要

### 2-1. 技術開発の狙い

本研究は道路カメラの画像を分析して面的な吹雪状況を推計し、GPV 気象予報データ、および道路構造・沿道環境を加味して 24 時間先までの吹きだまりの発生とその深さを予測する技術開発を行った。

#### <吹きだまりの発生予測>

現状 → 同じ路線内（隣接区間）でも道路構造や沿道環境などの違いによって、吹きだまりの発生状況が全く異なる。

狙い → 吹きだまりが「いつ、どこで、どれくらい」の規模で発生するか予測する。

### 2-2. 課題解決に向けた技術開発

#### ①CCTV カメラ画像および 1kmGPV 気象データを活用した視程障害検知技術

路線内で発生する視程障害を区間連続的に把握するための技術開発で、道路管理用 CCTV カメラ（以下、CCTV カメラ）を用いて視程障害検知を可能にし、1kmGPV 気象データを組み合わせることで、CCTV カメラが設置されていない区間を含めた路線内の区間連続的な視程障害の推計を行う。

#### <既往技術>

- ・ 1kmGPV 気象データ（気温／風速／風向／降雪量）から吹雪量を推計
- ・ 1 時間おき 24 時間先までの予測

#### <技術 1 道路カメラ画像を活用した吹雪量推計>

- ・ 道路カメラ画像から視界レベルを求め、空間内挿で面的な吹雪量を推計

#### ②気象予測データおよび道路・沿道環境要素に基づく吹きだまり検知技術

交通障害の発生要因となる道路上の吹きだまり発生状況を把握予測するための技術開発を行った。

吹きだまりは、吹雪量の時間累計値をはじめとする気象要素のほか、道路構造、沿道環境などが複雑に関連し発生することから、これらをデータベース化し、統計的に路線内で発生する吹きだまり区間の検出を行った。

#### <技術 2 道路構造や沿道環境を加味した吹きだまり発生判定>

- ・ 道路環境データベース（a. 吹走距離 b. 道路構造（切土・盛土・平坦） c. 道路と風向のなす角度 d. 吹雪対策施設（あり、なし）等）

#### <技術 3 吹雪量による吹きだまり深さの推計>

吹きだまり深さ推計

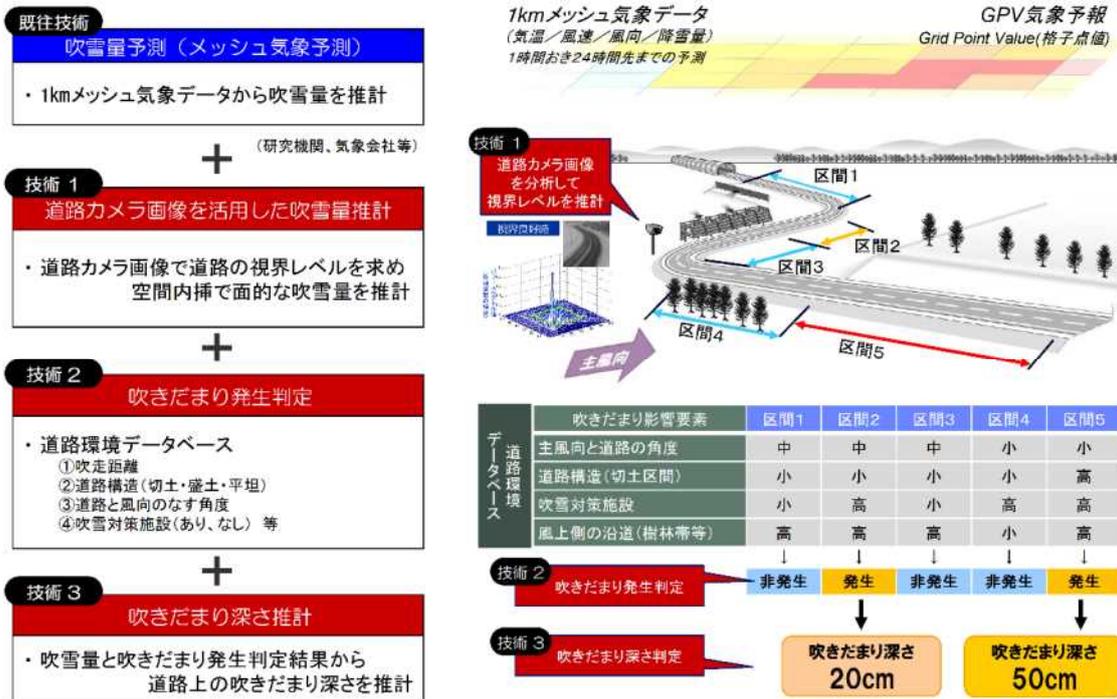


図 2-2-1 課題解決に向けた技術

### 3. 技術開発に向けた基礎調査

基礎調査にあたっては、国道管理者および道道管理者の協力を得て、広域なエリア、路線において視程障害および吹きだまりの実道調査を行った。

#### 3-1. 視程障害調査

視程障害調査は、道東エリアを対象とした。

道東エリアの総面積は8,403km<sup>2</sup>であり、東京都の面積（2,188km<sup>2</sup>）の約4倍の広さとなっている。

なお、同エリアの国道には108基のカメラが設置されており、これを用いて視程障害の発生状況を調べた。

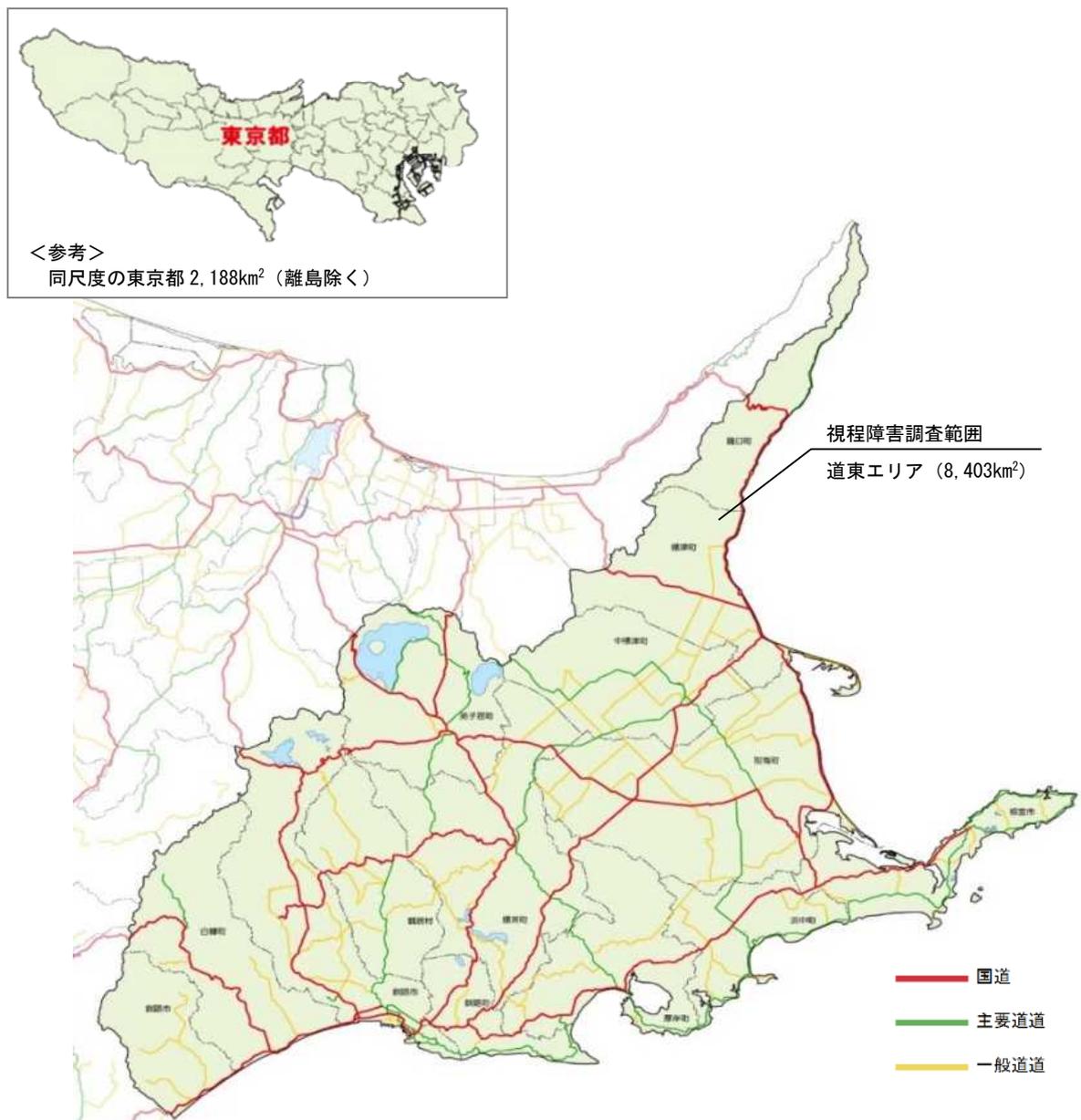


図 3-1-1 視程障害調査範囲

### 3-2. 吹きだまり調査

吹きだまり調査は、中標津地域の道道3路線を対象とした。対象とした道道は、摩周湖中標津線、上武佐計根別停車場線、中標津標茶線の3路線であり、ドライブレコーダを搭載した除雪車による路線連続的調査を行った。

なお、同路線における定点調査は、定点カメラ13箇所、積雪深計4箇所により、吹きだまり深さの調査を実施した。

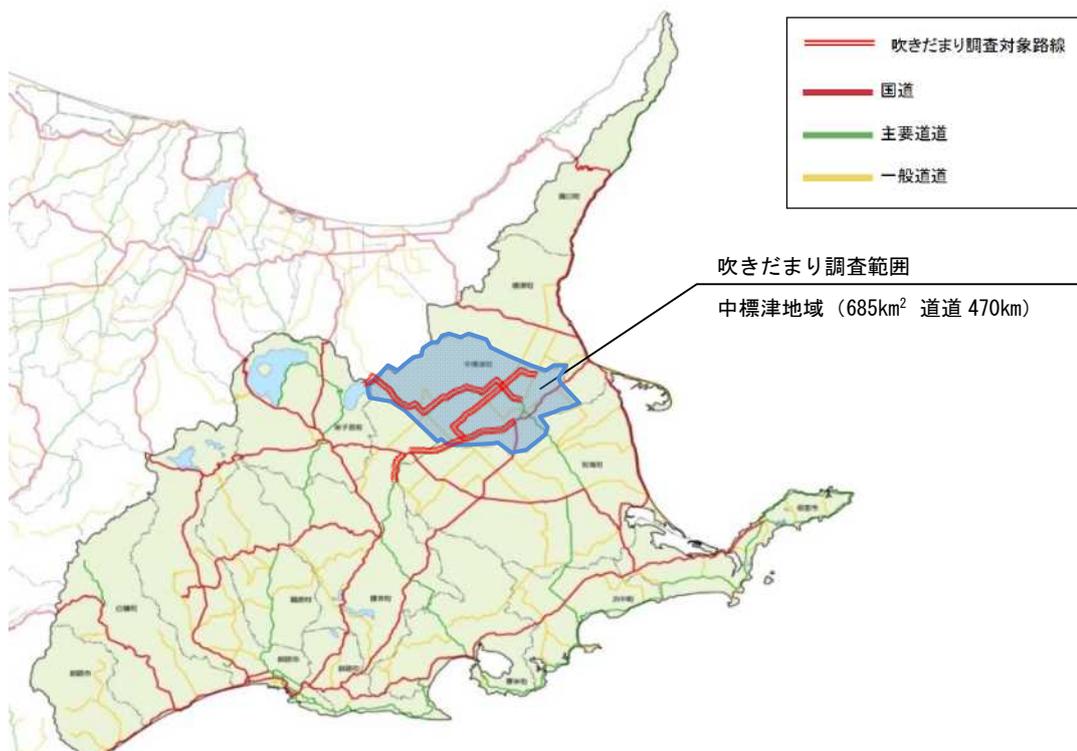


図 3-2-1 吹きだまり調査範囲



図 3-2-2 調査路線および定点調査箇所



本技術では、カメラ画像から画像分析技術を用いて吹雪量を算出し、吹雪量を面的に推計した。

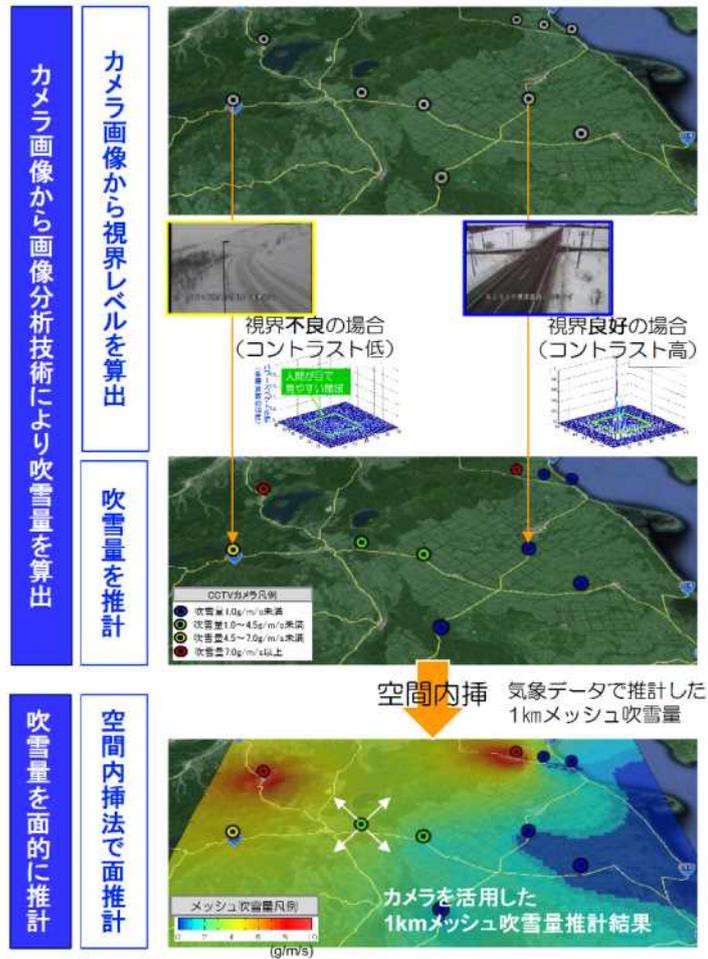


図 4-1-2 カメラ画像を用いた面的吹雪量推計フロー

以下のカメラ画像は、平成 21 年 1 月 21 日における国道 244 号、272 号に設置された道路カメラの画像であり、目視では吹雪が発生し視程が 200~300m 程度となっている。

前述の画像評価値 (WIPS) から求めた視程は、それぞれ 266m と 254m と推計され、ほぼ的確に推計できることが確認できた。



目視による視程 200~300m  
画像評価値による視程 266m

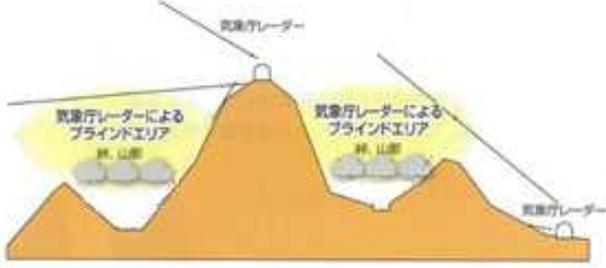


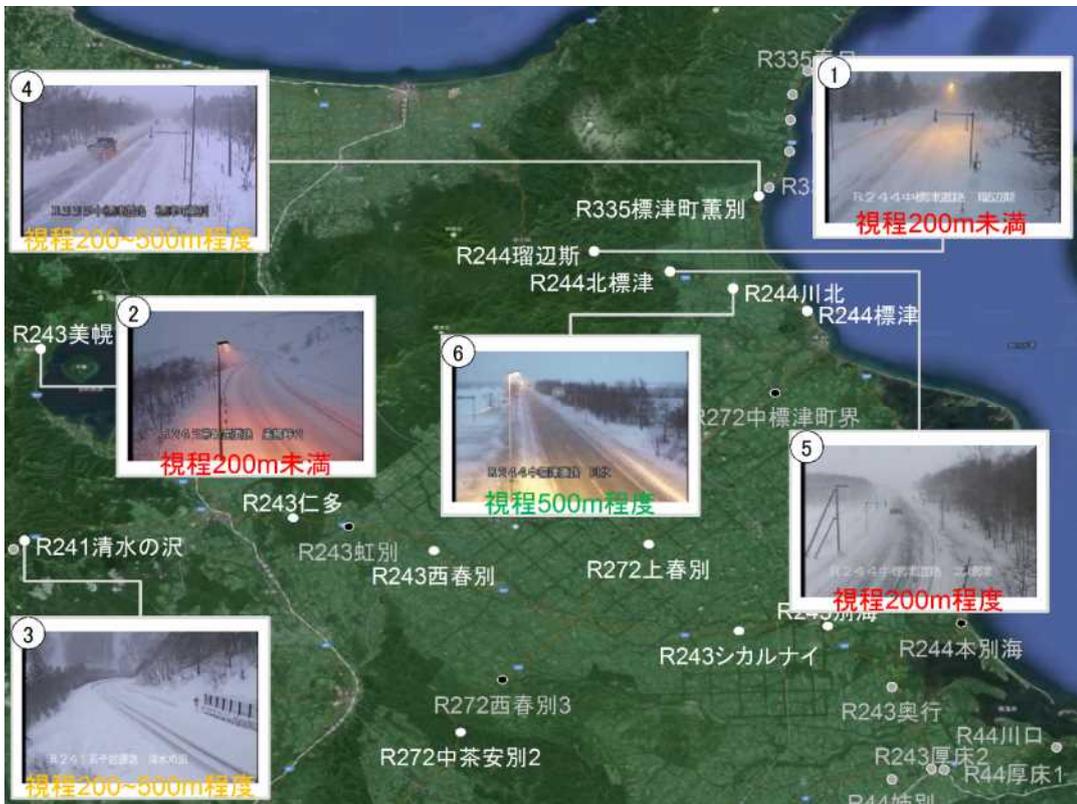
目視による視程 200~300m  
画像評価値による視程 254m

写真 4-1-1 平成 21 年 1 月 21 日の道路カメラ画像 (的確な推計ができた地点)

一方で、GPV 気象データを用いた視程の算出では、見逃しや空振りが発生し、現地状況と異なるケースがあった。以下に GPV 気象データによる視程の算出で精度が低下する要因を整理する。

表 4-1-1 GPV 気象データにおけるイレギュラーケース

| ケース                    | 精度が低下する要因  |
|------------------------|--|
| 現地在吹雪いているケース<br>(見逃し)  | ・ 現地で急速に風が強くなった場合  |
| 現地在吹雪いていないケース<br>(空振り) | ・ 降雪があったものの強い日射により雪面が湿っている場合<br>・ 強風で雪が飛ばされきっている場合   |
| ブラインドエリアにおける<br>精度低下   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ GPV 気象データの作成に気象レーダーによる観測を用いており、レーダーが届かないエリアでは精度が低下する</li> </ul>  <p>気象庁レーダーを補完する WITH レーダーのイメージ<br/>(出典：道路 2015 年 12 月号, 高性能レーダー配備による降雪予測精度の向上, 戸部 明)</p> |



(気象メッシュデータから求めた吹雪量はゼロ、実際には吹雪が発生)  
図 4-1-3 平成 21 年 1 月 21 日の道路カメラ画像 (的確な推計ができなかった地点)

2) 空間内挿による視程の面的推計

カメラ画像から算出する視程を面的に推計するために、北海道東中標津地域、およびその周辺の道路カメラ 36 箇所、アメダス 20 箇所から求めた視程を既知点とし、逆距離加重法による 1 km メッシュ空間内挿を行った。

代表例として平成 27 年 2 月 15 日 7 時の空間内挿結果を図 4-1-4 に、参考として同日 7 時の GPV 気象データによる視程を図 4-1-5 に示す。

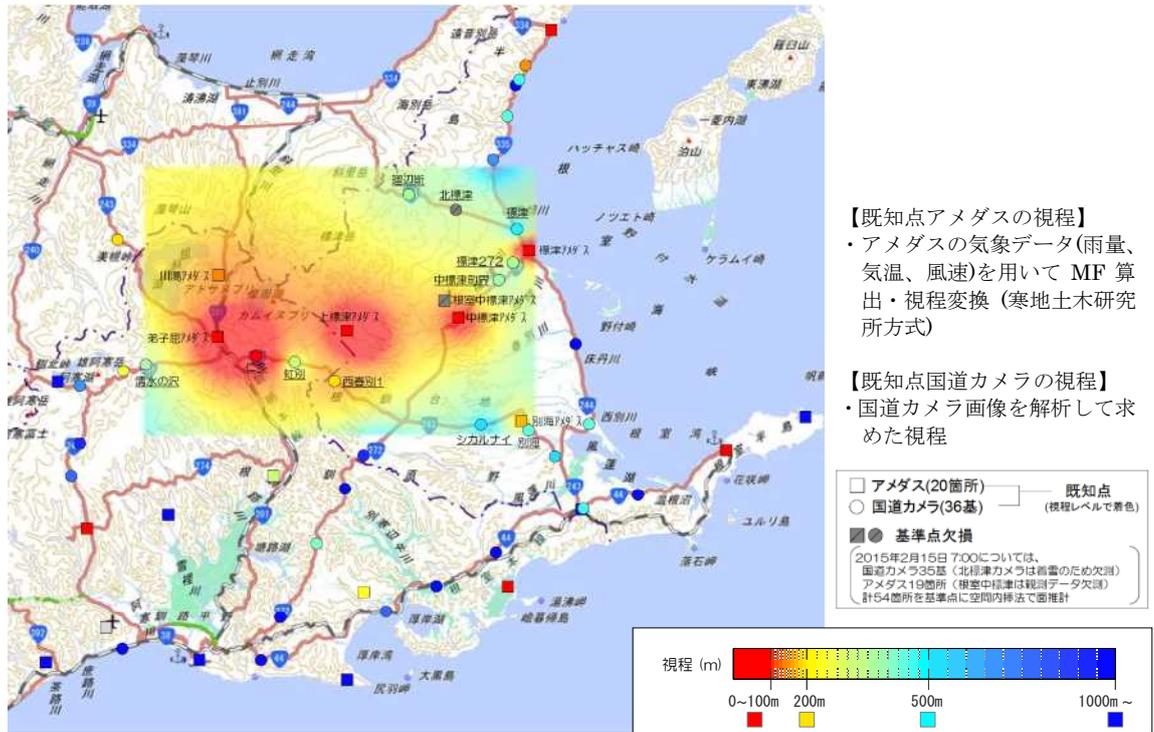


図 4-1-4 空間内挿結果 (平成 27 年 2 月 15 日 7 時)

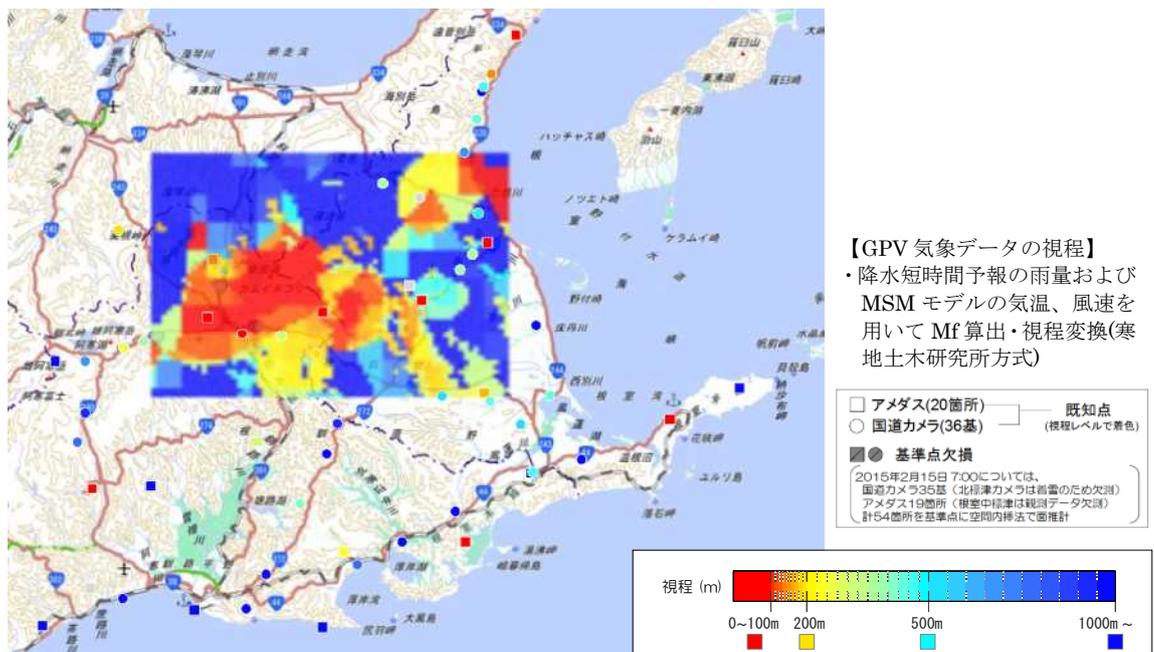
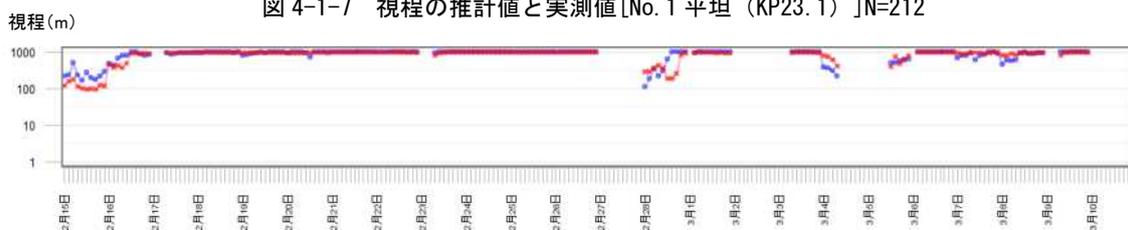
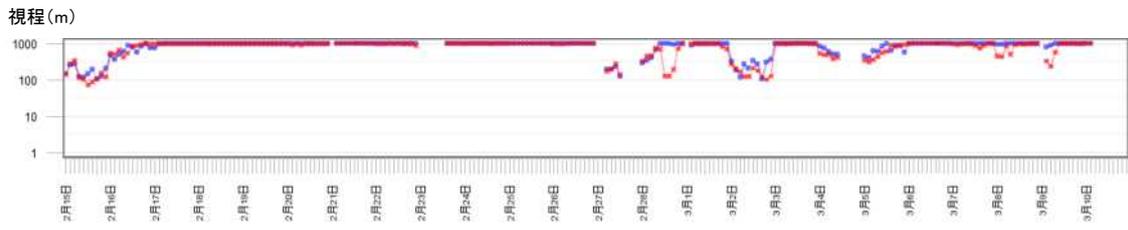
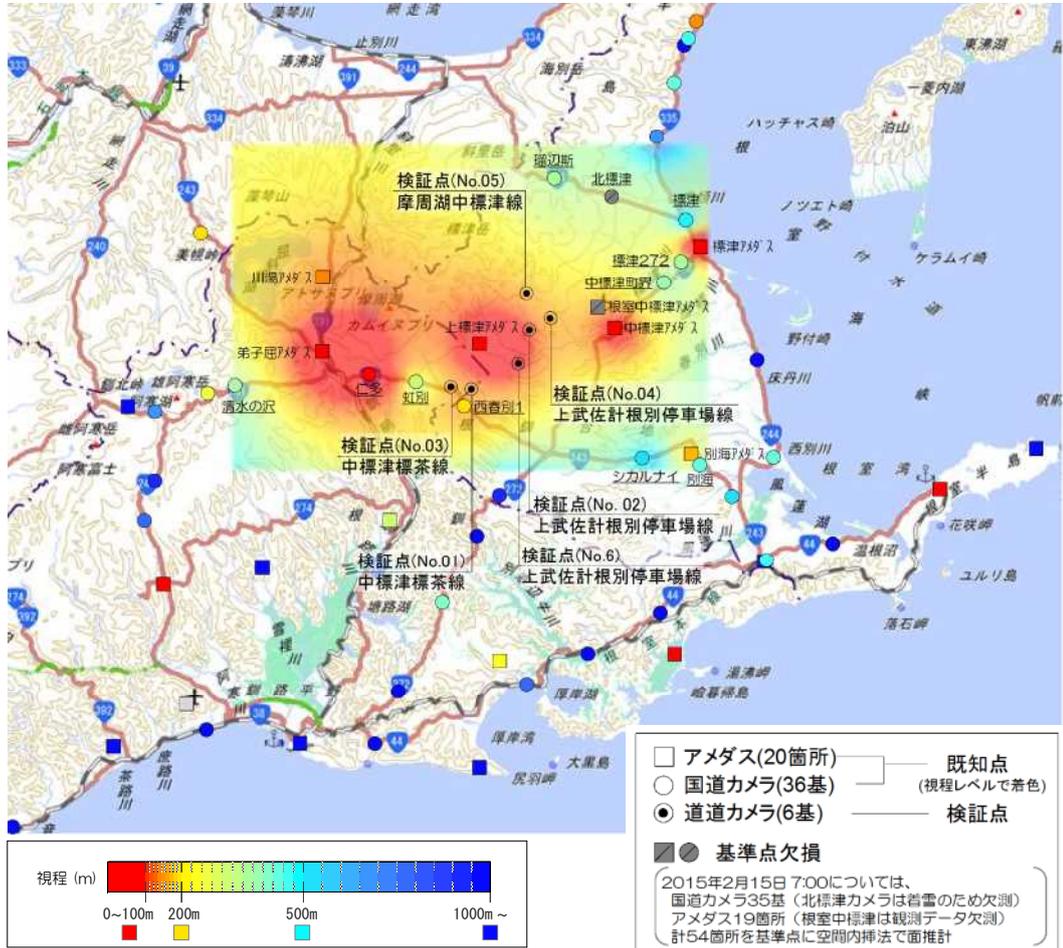


図 4-1-5 GPV 気象データの視程 (平成 27 年 2 月 15 日 7 時)

この空間内挿の有効性を検証するため、平成 27 年 2 月 15 日～3 月 10 日にかけて対象エリアに 6 基の検証カメラを設置し、毎正時に画像撮影を行い、1,038 データを取得した。なお、機器のエラーや夜間などで画像評価値 (WIPS) の把握ができないケースは除外している。



— 推計値 (空間内挿法) — 実測値 (道道カメラ画像分析による算出) N(計)=1038

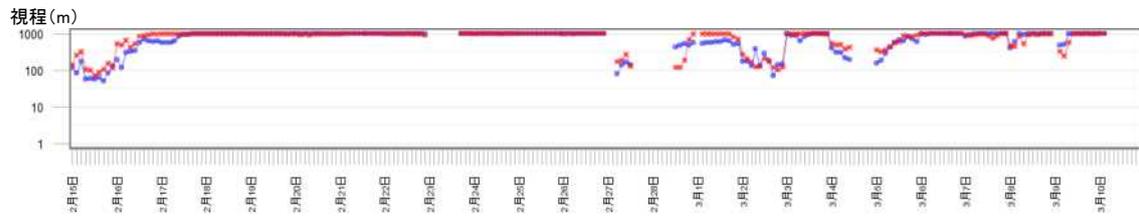


図 4-1-9 視程の推計値と実測値 [No. 3 両切土 (KP25.8)] N=207

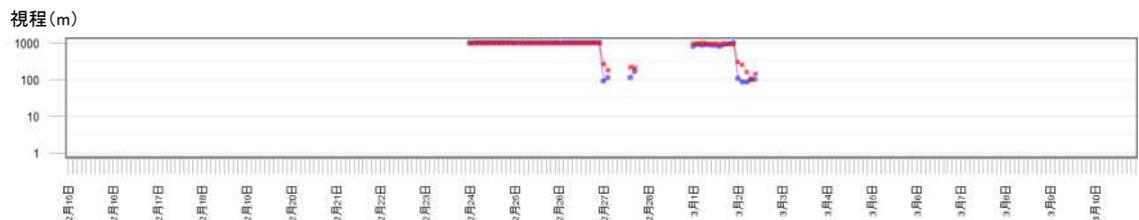


図 4-1-10 視程の推計値と実測値 [No. 4 両切土 (KP14.6)] N=49

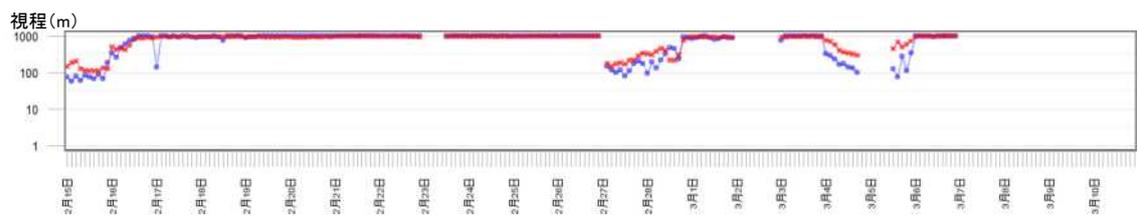


図 4-1-11 視程の推計値と実測値 [No. 5 両切土 (KP26.6)] N=177

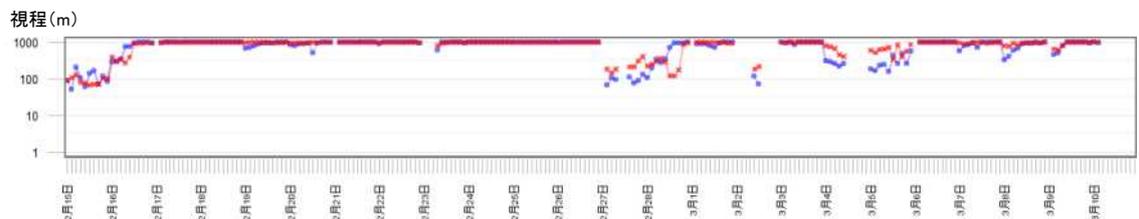


図 4-1-12 視程の推計値と実測値 [No. 6 両切土 (KP24.3)] N=208

— 推計値 (空間内挿法) — 実測値 (道道カメラ画像分析による算出) N(計)=1038

視程の検証は4段階のランクに分類し、画像評価値(WIPS)から求めた視程の実測値と空間内挿によって求めた視程の推計値についてランクが一致しているかを評価した。

検証の結果、同一のランクでの適中が約86%、1ランクの差を許容する広義の適中が約98%となっており、空間内挿による推計の有効性が示された。

検証結果を表4-1-2に示す。

表 4-1-2 実測値と推計値の検証結果

|                           |                 | 推計値 (空間内挿結果) |                    |                    |         |
|---------------------------|-----------------|--------------|--------------------|--------------------|---------|
|                           |                 | 100m 未満      | 100m 以上<br>200m 未満 | 200m 以上<br>500m 未満 | 500m 以上 |
| 実測値<br>(検証カメラ画<br>像の分析結果) | 100m 未満         | 6            | 22                 | 9                  | 1       |
|                           | 100m 以上 200m 未満 | 7            | 28                 | 28                 | 6       |
|                           | 200m 以上 500m 未満 | 1            | 16                 | 47                 | 27      |
|                           | 500m 以上         | 0            | 9                  | 19                 | 812     |

■ : 適中 ■ : 広義の適中

$$\text{適中率} = \frac{6+28+47+812}{1038} = 86.0\% \quad (1)$$

$$\text{広義の適中率} = \frac{6+28+47+812+22+28+27+7+16+19}{1038} = 97.5\% \quad (2)$$

※±1 ランクまでを適中と定義

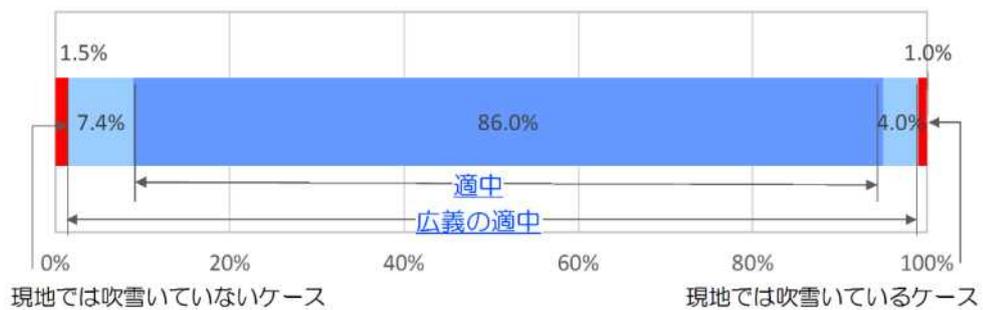


図 4-1-13 ランク別適中率の割合 (平成 25 年 2 月 15 日~3 月 10 日)

### 3) 視程から吹雪量への変換

吹雪による視程の低下と吹雪量の関係について、松澤<sup>2)</sup>らは、飛雪流量  $q$  と視程  $vis$  の関係を明らかにしており、以下のような関係式を構築している。

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

また、飛雪流量  $q$  と吹雪量  $Q$  についても式(4)のように関係性が定義されている。

$$Q = \int q(z) dz \quad (4)$$

これらの既往研究の成果を組合せることで、カメラ画像から視程  $vis$  を求め、式(3)により飛雪流量  $q$  の算出を行い、さらに式(4)により吹雪量  $Q$  を求めることで、道路カメラ画像によって求めた視程から吹雪量に変換することが可能である。

面的に推計した 1 km メッシュ視程値を上述による方法で吹雪量に変換することで、面的な吹雪量推計が可能になる。

さらに、カメラが設置されていない路線における吹雪量推計が可能となり、吹きだまりを的確にとらえるための基礎データとして活用が可能である。

#### 4-2. 道路構造や沿道環境を加味した吹きだまり発生判定

道路構造・沿道環境などの要因が吹きだまりの発生に与える影響を統計的手法により評価し、吹きだまりの発生を推計する技術の研究を行った。

##### 1) 分析に用いたデータ

吹きだまりの発生に影響を及ぼす道路構造・沿道環境の特徴を整理するため、北海道東中標津地域の道道32路線（延長470km）を対象とし、吹きだまりが発生する箇所、および吹きだまりが発生しない箇所を抽出した。

吹きだまり発生箇所は、地元除雪業者へのヒアリングを実施し、過去に北西風で吹きだまりが発生した箇所を抽出した。さらに、平成27年2月15日～19日に発生した暴風雪直後の現地調査で把握した吹きだまりの発生箇所を加え、合計101箇所を対象とした。

吹きだまり非発生箇所は、対象路線内を1kmピッチで機械的に抽出を行い、上述の発生点と重なった場合は除いて447箇所を対象とした。



図4-2-1 吹きだまりの発生・非発生対象箇所

## 2) 道路構造・沿道環境の考察

前述した吹きだまり発生箇所 101 箇所について、交通、道路、雪氷、気象など各分野の専門家の知見から道路構造・沿道環境の特徴について考察した。  
特徴的な事例を以下に示す。

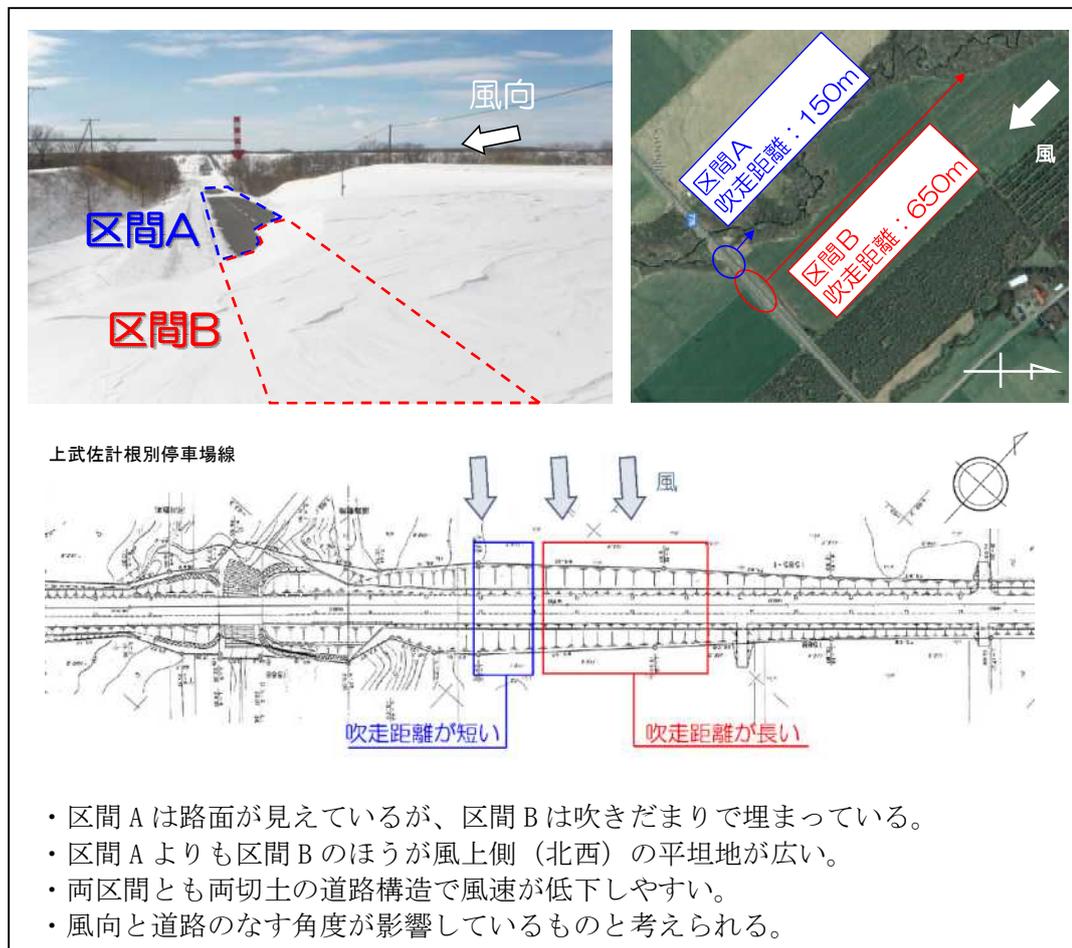


図 4-2-2 吹きだまり要因の考察事例 (1/7)

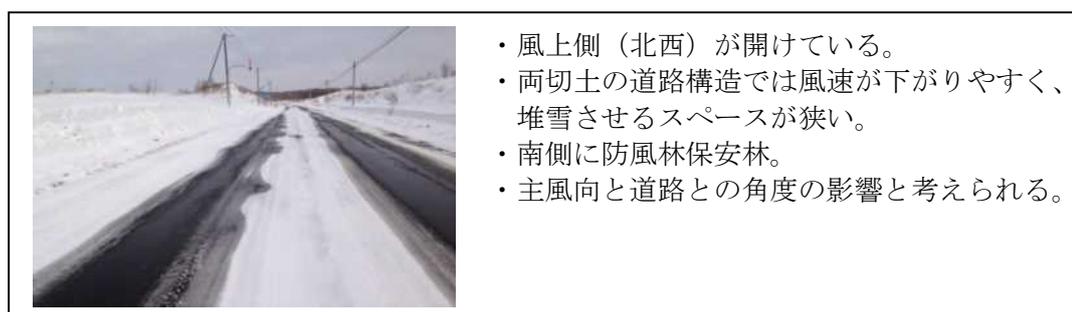


図 4-2-3 吹きだまり要因の考察事例 (2/7)



- ・風上側（北西）が開けている。
- ・両切土であれば、確実に雪はたまる。
- ・図面では北西方向に延びる農道との交差点になっており、道路沿いに吹き込んだ風が収束した結果とも考えられる。

図 4-2-4 吹きだまり要因の考察事例（3/7）



- ・風上側（北西側）は比較的開けている。
- ・風下の東側に建物が点在。
- ・両側平坦の道路構造となっている。
- ・両側に農場のものと思われる柵が存在している。

図 4-2-5 吹きだまり要因の考察事例（4/7）



- ・風上側（北西側）は広く開けている。
- ・西北西から東南東に入る町道に沿って吹き込んだ吹雪によってできた吹きだまりと思われる。
- ・南東側（風下側）に防風林が広がる。

図 4-2-6 吹きだまり要因の考察事例（5/7）



- ・道路風上側路側に吹きだまり形成。
- ・両側切土構造で、吹きだまりが形成されやすい。
- ・密度疎ながら風上側に樹林がある。

図 4-2-7 吹きだまり要因の考察事例（6/7）



- ・吹きだまったポイントの風上側の樹林が少し疎になっている印象はある。
- ・区間全体が吹雪の主風向に対して山地の風下となっており、全体が降雪を含む吹雪に対して吹きだまり易いと言える。

図 4-2-8 吹きだまり要因の考察事例（7/7）

3) 分析手法および結果

a) 分析手法

548箇所データの属性（道路構造・沿道環境）に基づいて、統計的に吹きだまりの発生条件を分類する手法として判別分析を用いた。

吹きだまり要因の関係性を可視化することが可能で、結果の妥当性を判断しやすい決定木分析を用いた。分析には統計解析ソフト「R version 3.1.2」mvpartモジュールを使用した。

b) 平成26年度・27年度の分析結果

平成26年度、および平成27年度の分析に使用した吹きだまりの発生に影響していると考えられる道路構造・沿道環境の要因および適中率を表4-2-1に、平成27年度の決定分析結果として得られた樹形図を図4-2-9に示す。

表4-2-1 分析に使用した要因と適中率

| 吹きだまりの発生に与える要因              |                                |                 | 平成26年度 | 平成27年度       |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|--------|--------------|
| 1                           | 吹雪量に影響する要素<br>(主に風上側条件)        | 吹走距離            | ○      | ○            |
| 2                           |                                | 風の収束要因          | ○      | ○            |
| 3                           | 吹きだまりやすさに影響する要素<br>(道路構造・沿道条件) | 道路と風のなす角度       | ○      | ○            |
| 4                           |                                | 道路構造及び周辺地盤との高低差 | ○      | ○            |
| 5                           |                                | 樹木              | ○      | ○            |
| 6                           |                                | 家屋              | —      | —            |
| 7                           |                                | 防雪対策施設          | ○      | ○            |
| 8                           |                                | 地形・地物           | —      | —            |
| 9                           |                                | 雪堤の影響有無         |        | ○(追加)        |
| 10                          |                                | 堆雪スペース          |        | ○(追加)        |
| 吹きだまり発生の適中率 (発生データ 101箇所)   |                                |                 | 80.2%  | <u>92.1%</u> |
| 吹きだまり非発生の適中率 (非発生データ 447箇所) |                                |                 | 97.8%  | <u>98.0%</u> |
| 全体適中率 (全データ 548箇所)          |                                |                 | 93.2%  | <u>96.9%</u> |



平成 26 年度の分析において、101 箇所吹きだまり発生箇所のうち 20 箇所誤判定が生じ、その原因を探ると 12 箇所において道路構造、および周辺地盤との高低差が小さい箇所であることが明らかとなった。

このような平坦区間では除雪作業による雪堤が生じ、見かけ上両切土となるために、正しく発生を判別できなかったことが想定される。

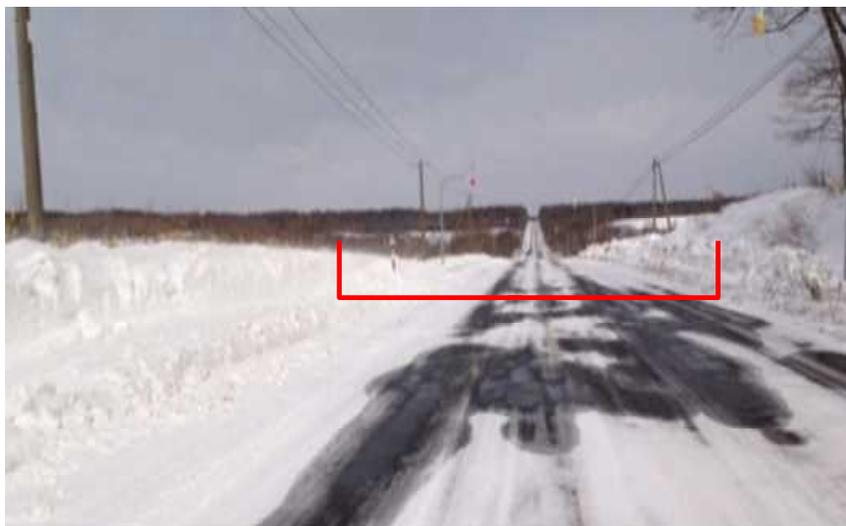


写真 4-2-1 雪堤の影響により吹きだまりが発生した事例

このほか、447 箇所の非発生箇所において 10 箇所誤判定が生じ、写真 4-2-2 に示すように、両切土形状であるが、路側に十分な堆雪スペースが確保されている道路環境下においては、吹きだまりが発生しないことが確認された。



写真 4-2-2 十分な堆雪スペースがあり吹きだまりが生じない事例

平成 27 年度の分析では、上述 2 つの要因を追加し、決定木分析を実施した結果、吹きだまり発生適中率を、80.2%から 92.1%に向上させることができた。

また、決定木分析の結果として得られた樹形図の上方の「吹雪量に影響する要素」では吹走距離、「吹きだまりやすさに影響する要素」では道路と風のなす角度が、最初の分岐条件として現れ影響が強いことがうかがえ、これまで経験的に考えられていた発生条件に近いことが確認された。



#### 4-3. 吹雪量による吹きだまり深さの推計

冬期道路管理を行ううえで、吹きだまり深さは除雪や通行止めの判断に重要であることから、本研究では吹雪量から吹きだまりの深さを推計する手法について研究を行った。

##### 1) 分析に用いたデータ

平成26年度（2月10日～3月15日）、平成27年度（1月13日～3月15日）の2冬期に、中標津地域の道道上武佐計根別停車場線の3地点において、積雪深計を設置し道路センターライン上の積雪深（吹きだまり深さ）を調査した。

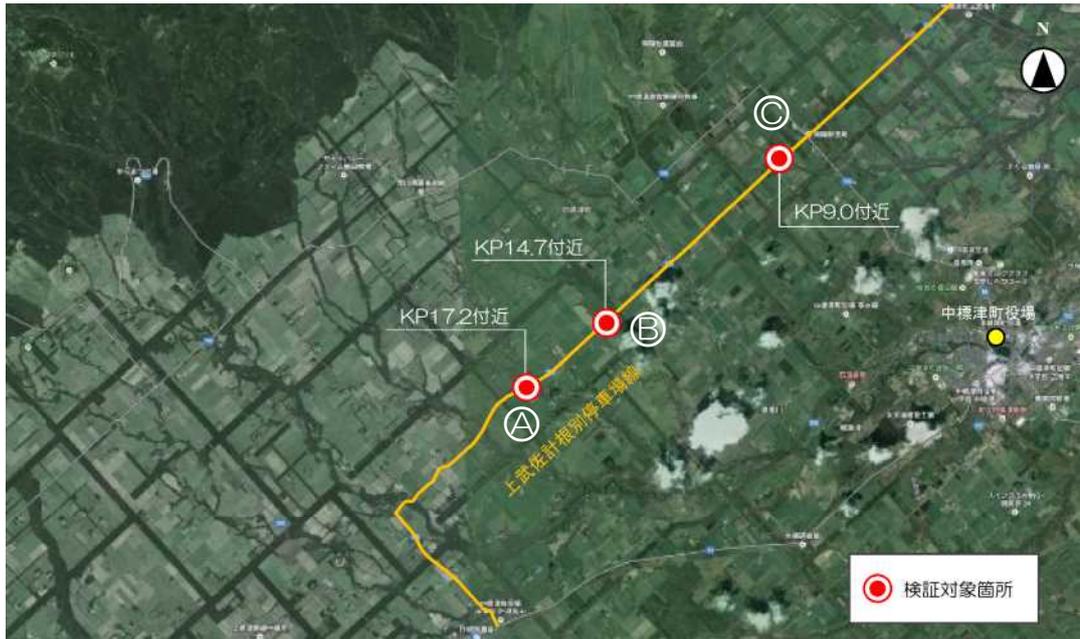


図 4-3-1 積雪深計設置箇所（上武佐計根別停車場線）

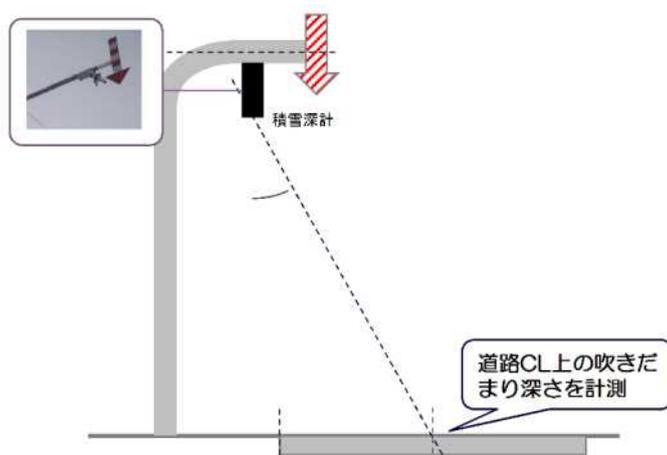


図 4-3-2 積雪深計測イメージ

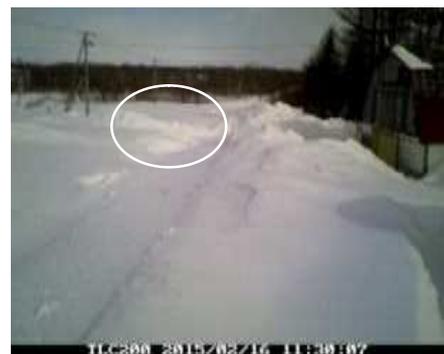


写真 4-3-1 積雪深計測状況

平成 26 年度、平成 27 年度調査結果では、3 地点において 11 事例の吹きだまりの発生過程のデータを得ることができた。

調査期間中もっとも顕著な事例では、約 5 時間で 147 cm の吹きだまりが発生している。

当日の吹きだまり発生過程を図 4-3-3 に示す。なお、図中の吹雪量は調査エリア近辺のアメダス上標津の観測値を用い、既往の手法<sup>2)</sup>により求めた。

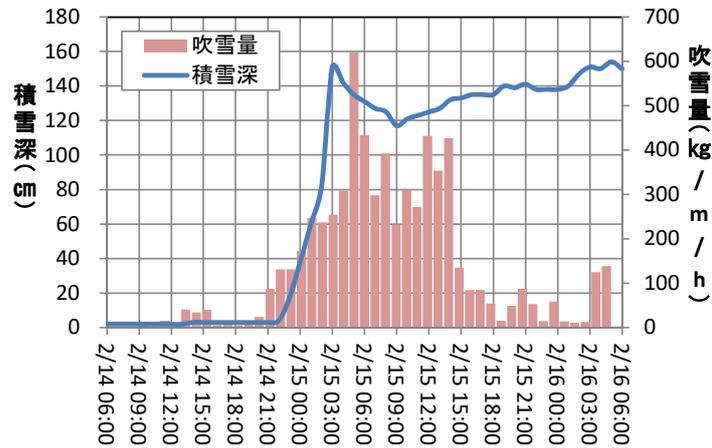


図 4-3-3 調査により得られた吹きだまり発生過程

## 2) 吹雪量と吹きだまり深さの関係式の構築

実道調査で得られた 3 地点 11 ケースの事例から、吹雪量－吹きだまり深さの散布図を図 4-3-4 に示す。

吹雪量と吹きだまり深さの間には相関が見られ、回帰分析の結果、決定係数は約 0.942 と高い値を示した。

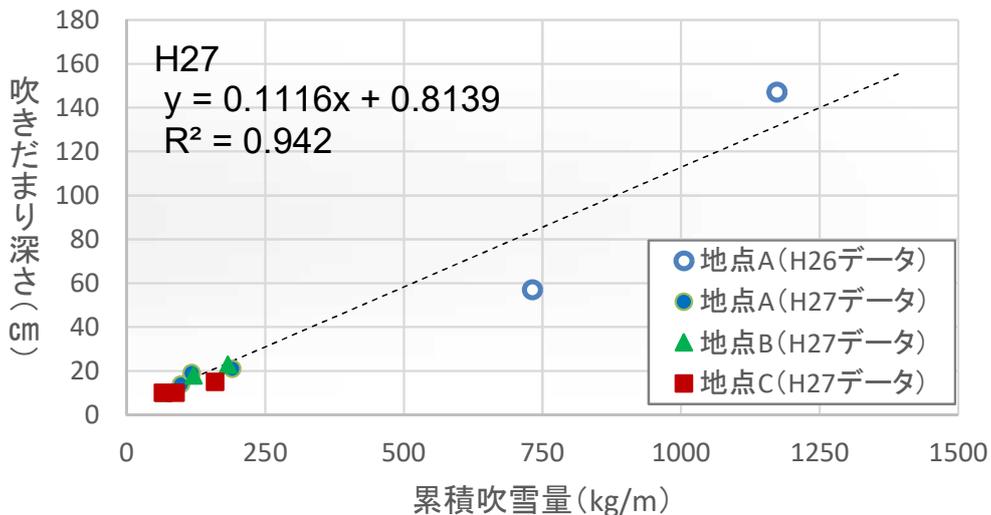


図 4-3-4 吹雪量－吹きだまり深さの散布図

3) 再現性検証

再現性検証に用いるデータは、平成 26 年度（2 月 10 日～3 月 15 日）、平成 27 年度（1 月 13 日～3 月 15 日）の 2 冬期にかけて道道上武佐計根別停車場線の 3 箇所に設置した積雪深センサーによって計測された吹きだまり深さをを用いる。

再現性検証にあたっては、11 事例の吹雪イベントを、除雪作業実施毎に 23 データに分割し検証を実施した。この結果、計測した吹きだまりの深さを適中率 91%で推計することができた。

表 4-3-1 平成 26～27 年度における実測および推計深さ（地点 A, B, C の 23 データ）

|                  |            | 推計深さ (cm)  |             |             |              |               |               |
|------------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
|                  |            | 0～10<br>未満 | 10～20<br>未満 | 20～50<br>未満 | 50～100<br>未満 | 100～150<br>未満 | 150～200<br>未満 |
| 実測<br>深さ<br>(cm) | 0～10 未満    | 1          | 0           | 0           | 0            | 0             | 1※1           |
|                  | 10～20 未満   | 2          | 7           | 3           | 0            | 0             | 0             |
|                  | 20～50 未満   | 0          | 1           | 5           | 0            | 0             | 0             |
|                  | 50～100 未満  | 0          | 0           | 0           | 1            | 0             | 1             |
|                  | 100～150 未満 | 0          | 0           | 0           | 0            | 0             | 1             |
|                  | 150～200 未満 | 0          | 0           | 0           | 0            | 0             | 0             |

■ : 適中 ■ : 広義の適中

$$\text{適中率} = \frac{1+7+5+1}{23} = \frac{14}{23} = 60.9\% \quad (5)$$

$$\text{広義の適中率} = \frac{1+7+5+1+2+1+3+1}{23} = \frac{21}{23} = 91.3\% \quad (6)$$

※±1 ランクまでを適中と定義



図 4-3-5 平成 26 年度の吹雪量・実測吹きだまり深さ・推計吹きだまり深さ（地点 B）

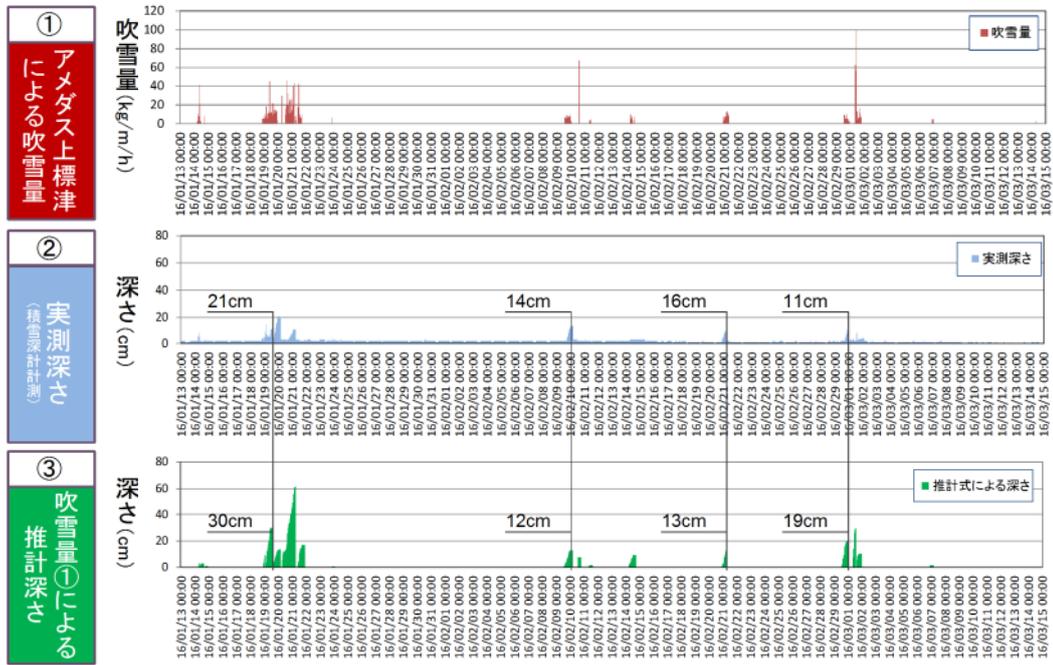


図 4-3-6 平成 27 年度の吹雪量・実測吹きだまり深さ・推計吹きだまり深さ (地点 B)

#### 4-4. 実道における吹きだまり判定技術の検証

##### 1) 検証概要

###### ①検証目的と検証区間

本技術の実道への適用性を確認することを目的とし、研究対象地域の道道中標津標茶線（KP18.4～26.4）の延長8km区間で検証を実施した。

検証対象路線および区間は図4-4-1に示すとおりである。



図4-4-1 検証対象路線および区間（延長L=8km）

###### ②検証対象日

検証の対象日は、雪堤の影響のない日として平成28年1月19日、雪堤の影響のある日として平成28年2月21日を抽出した。なお、両日の吹雪量は同程度、風向は同一であり、気象条件に差はない。

表4-4-1 検証対象日

|      |           |            |
|------|-----------|------------|
| 実道調査 | 雪堤の影響のない日 | 平成28年1月19日 |
|      | 雪堤の影響のある日 | 平成28年2月21日 |

表4-4-2 検証日の気象概況および吹きだまり発生延長

|                    | 1月19日<br>(雪堤の影響無) | 2月21日<br>(雪堤の影響有) |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| 直前の雪堤高さ (KP25.8付近) | 約10cm             | 約50cm             |
| 降水量                | 16.0mm            | 15.0mm            |
| 最多風向               | 北東                | 北東                |
| 平均風速               | 5.5m/s            | 3.6m/s            |
| 調査延長               | 8.0km             |                   |
| 吹きだまり発生延長          | 3.0km             | 5.2km             |

※気象条件は吹雪発生から除雪（調査）実施までの集計値

### ③検証方法

検証は、本技術による吹きだまり発生判定結果と、実道で吹きだまりの発生した区間を比較した。

吹きだまりの発生判定は、対象路線を 100m 区間に分割し、区間ごとの道路構造・沿道環境、および検証対象日の気象条件を基に、決定木により判定した。

実道の吹きだまりの発生は、検証対象日に除雪車に搭載したドライブレコーダの映像から目視により把握した。検証のイメージを図 4-4-2 に示す。

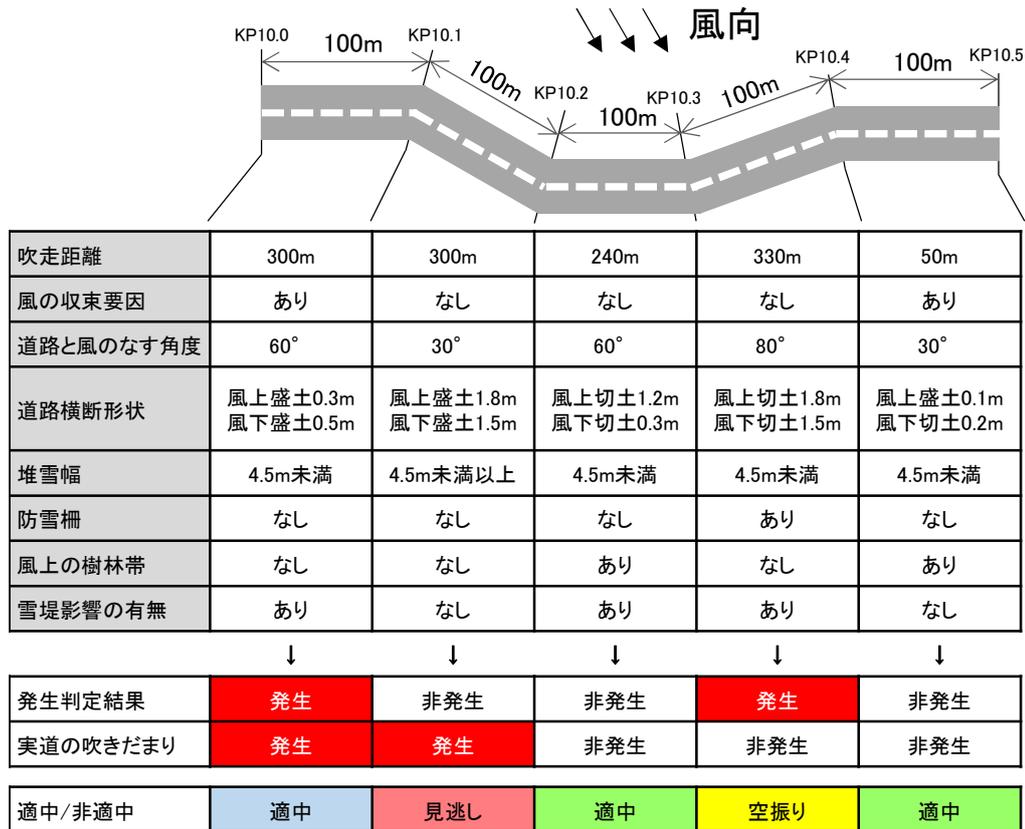


図 4-4-2 決定木による吹きだまり発生判定および検証のイメージ

2) 検証結果

吹きだまり発生判定結果と実道の吹きだまり発生区間の再現性検証結果を表4-4-3に、適中率（雪堤の影響の有無別）を表4-4-4に示す。

検証の結果、雪堤の影響のない場合、ある場合ともに、8割以上の精度で実道の吹きだまりの発生・非発生を適中できており、本技術の適用可能性を確認できた。

表 4-4-3 吹きだまり発生判定と実道の吹きだまり

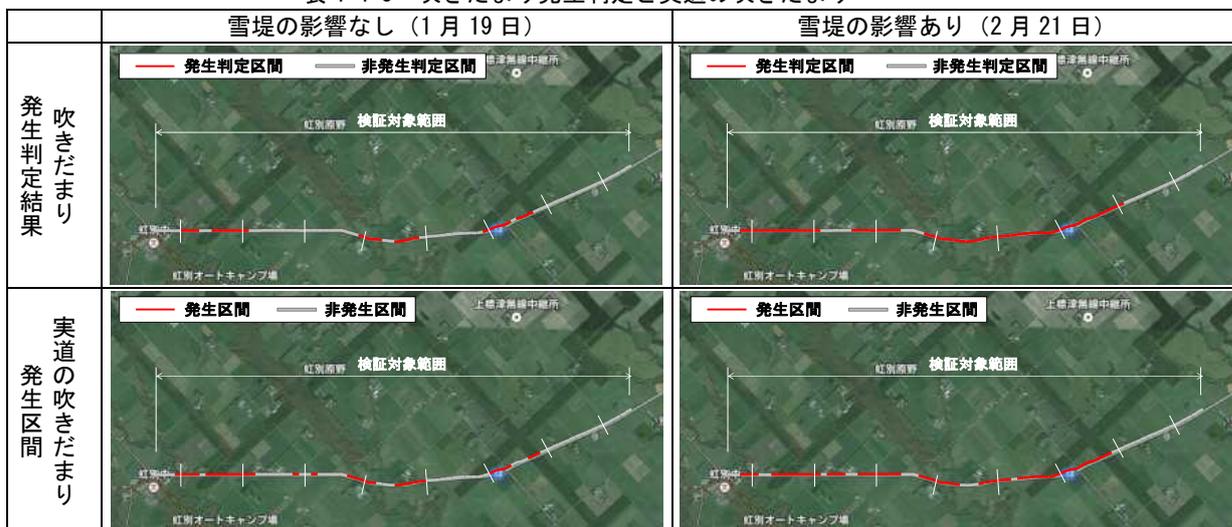


表 4-4-4 吹きだまり発生判定と実道の吹きだまりの適中率

| 調査延長<br>8.0km |     | 吹きだまり発生判定      |                |                |                |
|---------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|
|               |     | 雪堤の影響なし        |                | 雪堤の影響あり        |                |
|               |     | 発生             | 非発生            | 発生             | 非発生            |
| 実道の吹きだまり      | 発生  | 2.1km<br>(適中)  | 0.9km<br>(見逃し) | 4.8km<br>(適中)  | 0.4km<br>(見逃し) |
|               | 非発生 | 0.5km<br>(空振り) | 4.5km<br>(適中)  | 0.6km<br>(空振り) | 2.2km<br>(適中)  |
| 適中率           |     | 82.5%          |                | 87.5%          |                |

雪堤の影響なし : 82.5%=(2.1+4.5)/8.0 雪堤の影響あり : 87.5%=(4.8+2.2)/8.0

## 5. 道路管理での活用の可能性

本技術開発を進めるにあたって、開催した産学官テーマ推進委員会では、本研究の成果が実用化され、面的な吹雪状況や吹きだまりの把握、および予測が可能となれば、パトロールや除雪出動の判断、パトロール時に注意する区間の参考情報など、日常的な冬期道路管理に活用が可能であるとの意見を得ることができた。

産学官テーマ推進委員会で議論された活用可能性

### ①除雪作業での活用

- ・ 除雪対応の判断、除雪出動するタイミングの判断を支援・雪見パトロールの判断や、重点的に除雪対応する区間のプライオリティ検討を支援
- ・ 一次除雪のタイミングの判断を支援

### ②通行止めの実施・解除の判断での活用

- ・ 面的な吹雪状況、および吹雪の継続時間がわかることで、通行止めの判断を支援
- ・ 何時間後にどのくらいの吹きだまり深さになるか目安を示すことで除雪対応や通行止め対応の判断を支援

### ③予防除雪での活用

- ・ 堆雪や雪堤などが吹きだまりに及ぼす影響を明らかにすることで拡幅除雪や予防除雪の判断を支援

### ④防雪計画での活用

- ・ 吹きだまりの生じやすい道路環境条件を明らかにすることで防雪対策が必要な箇所について定量的に評価でき、防雪計画を支援



写真 5-1 拡幅除雪の実施



写真 5-2 ロータリーによる除雪

6. 研究成果を活用した情報提供プロトタイプシステムの開発

道路管理者へのヒアリングを実施し、道路の管理区分に応じた「対応」と「必要とする情報」を整理する。

表 6-1 道路管理区分に応じた対応と必要情報の整理

| 冬期道路管理の区分          | 対 応                     | 必要とする情報                        |
|--------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 【国道／地方道】<br>除雪重点路線 | 除雪の中断・規制検討              | ・急速に成長する吹きだまり（例：3時間で10cm以上）の情報 |
| 【地方道】<br>通常除雪路線    | 重点パトロールの検討              | ・吹きだまりの発生が予想される区間の情報           |
| 【地方道】<br>特殊通行規制路線  | 一次除雪の実施<br>(交通開放を早めるため) | ・規制実施区間内で50cmを超える吹きだまりの情報      |

- カメラが整備されていない地点の吹雪状況を把握することが可能

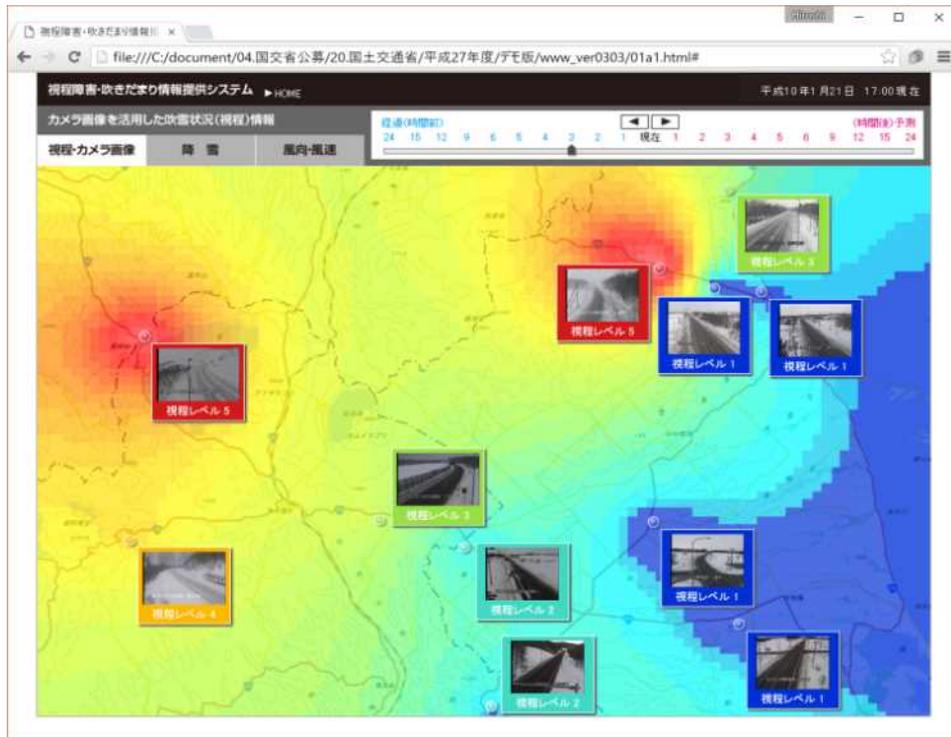


図 6-1 情報提供イメージ 1 (道路カメラを活用した面的な吹雪情報)

●吹きだまりの発生が予想される区間、除雪作業への活用

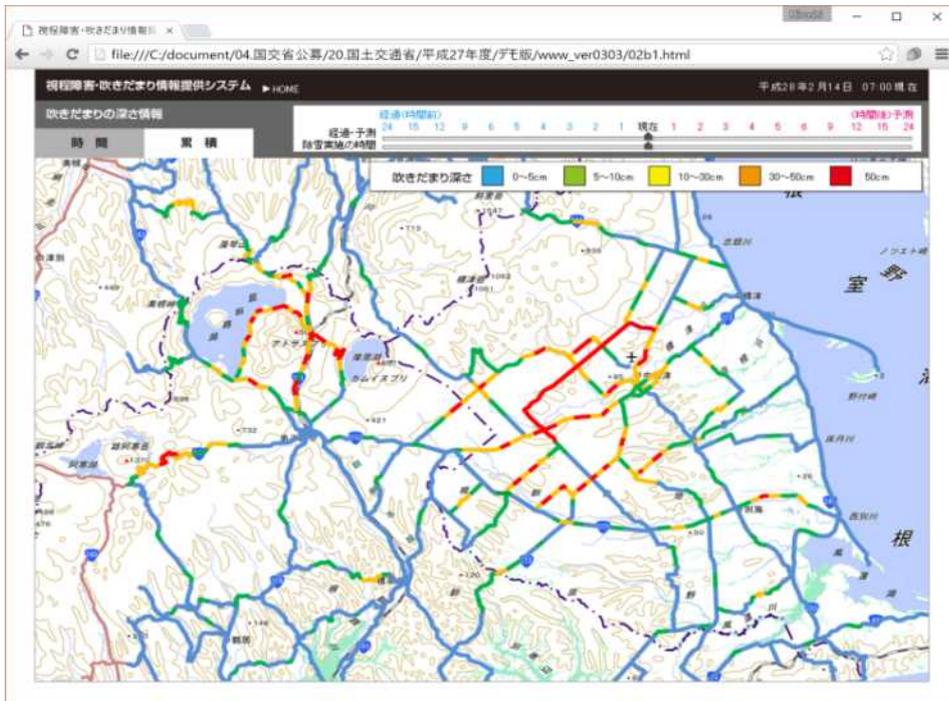


図 6-2 情報提供イメージ 2 (面的な吹きだまり発生区間情報)

●路線内の重点パトロール区間、除雪・通行規制対応の判断支援

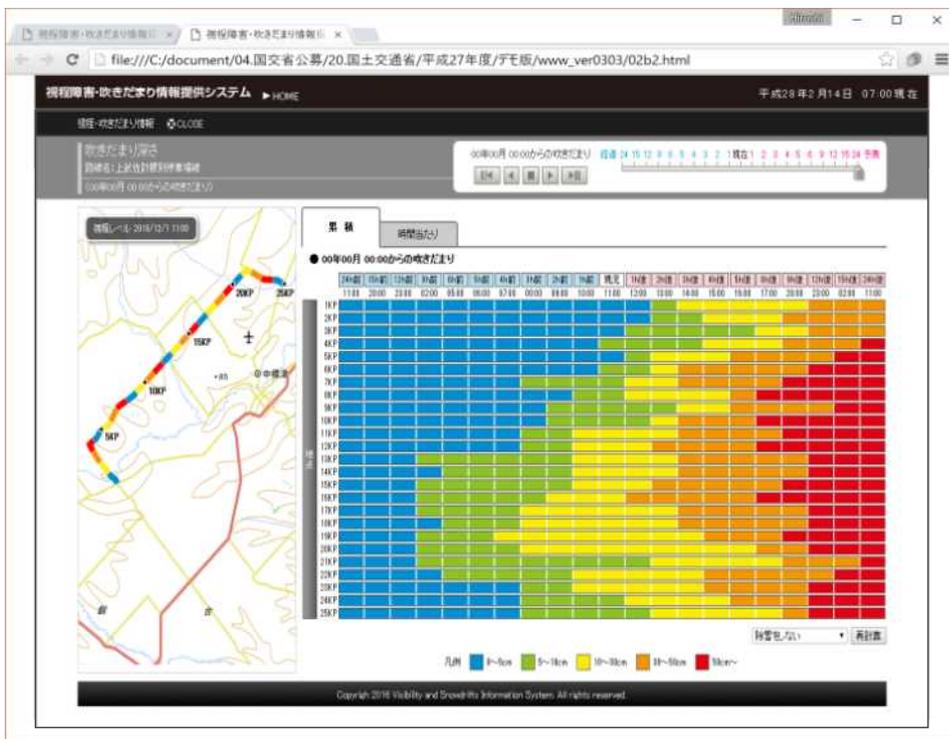


図 6-3 情報提供イメージ 3 (路線内の吹きだまり深さ情報)

## (8-2) 平成 28 年度の内容と成果

### 1. 視程障害・吹きだまり情報提供システムの概要

#### 1-1. 情報提供システムの検討・構築

平成 28 年度は、F/S および R&D1 年目の 2 年間で開発した技術を一連の処理として動作するシステムを構築した。また、構築したシステムの試行運用を行い、道路管理者等の利用者へのヒアリングからシステムの受容性等を評価し、今後の吹きだまりや視程障害の予測技術の精度の向上に向けた課題を整理した。

#### 1) システム処理フロー

##### ①カメラ画像を活用した吹雪量補正

- ・ 面的な吹雪量推計を行うために、インプットデータとして、CCTV カメラ画像および気象データ（降水短時間 GPV、メソ数値予報モデル GPV）を取得し、それぞれ吹雪量を算出する処理をプログラム化する。また、カメラ画像から求めた吹雪量を基準として、気象データから算出する吹雪量を補正し、面的・時間的な吹雪量算出処理を実施する。

##### ②吹きだまり発生区間推計

- ・ 道路構造・沿道環境データベースを活用して、吹きだまり発生判定フローにより吹きだまり発生区間の抽出を行う。また、①で算出する吹雪量を基に累積吹雪量と積雪深さの関係から、吹きだまり深さの推計を実施する。

##### ③視程障害発生区間推計

- ・ ①で算出された吹雪量を基に、視程障害発生区間の抽出を行う。

##### ④吹きだまり・視程障害情報提供

- ・ 冬期道路管理での活用を踏まえ、吹きだまりや視程障害の発生区間を地図上で提供する機能の他、しきい値設定によるアラート出力機能による情報提供機能を作成する。

#### 2) 情報提供システムによるフィールド検証

情報提供システムは、道東中標津地区の代表路線において、試行運用を実施した。国道管理者、道道管理者、町村道管理者を交え、判定性能や機能に関する評価を実施する。フィールド実験を通して出た課題について、事業化・製品化に向けフィードバックを行った。

また試行運用する代表路線において、定点カメラ、ドライブレコーダ、積雪深計を設置し、実道上における視程障害および吹きだまりの発生を調査し、実用化システムの検証を実施した。

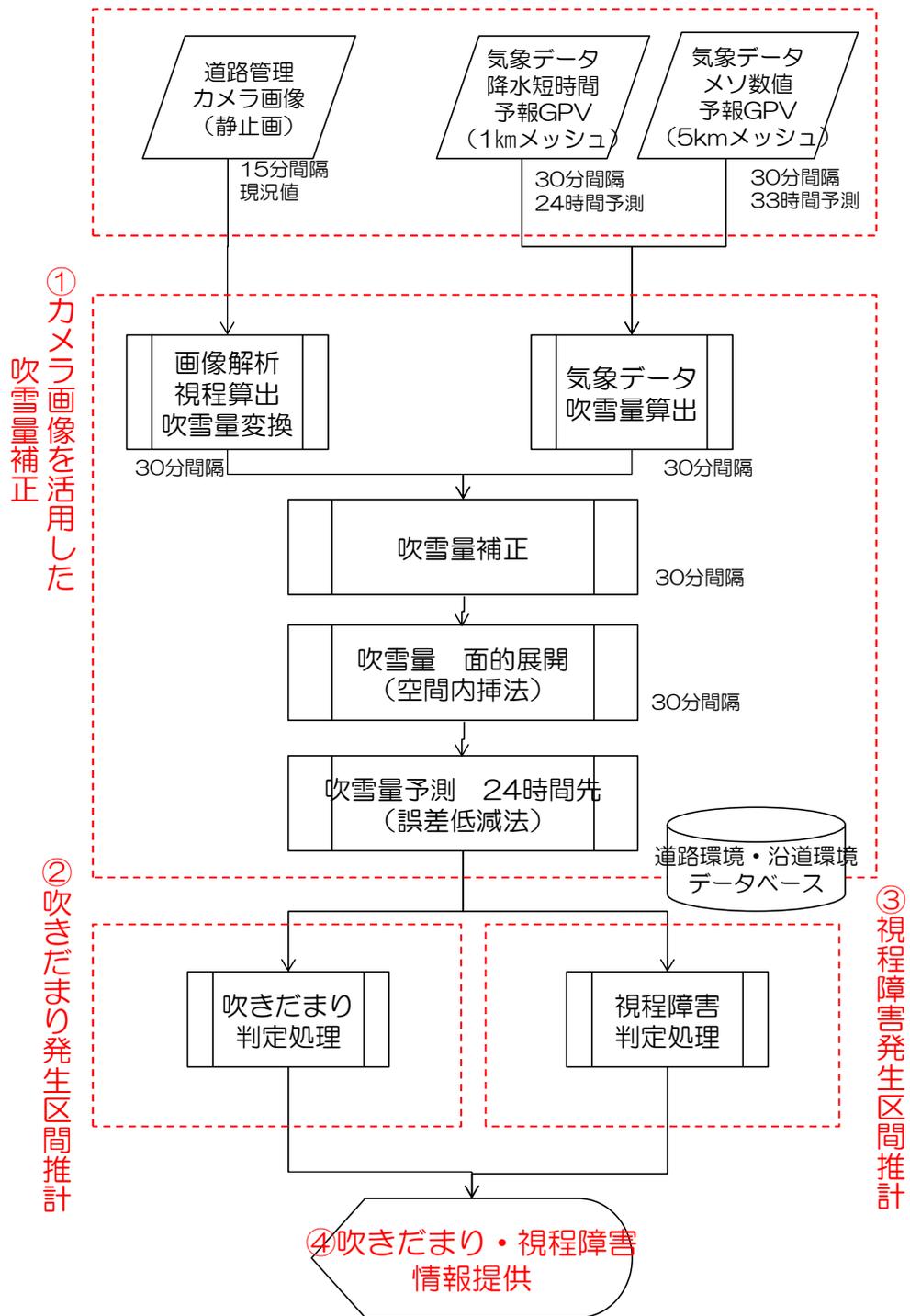


図 1-1-1 実用化システム処理フロー

## 1-2. 平成 28 年度試行の概要

1) 試行期間：平成 28 年 12 月 20 日～平成 29 年 3 月 31 日

2) 対象路線：

- ・ 国道 272 号
- ・ 道道中標津標茶線
- ・ 道道上武佐計根別停車場線
- ・ 町道俵橋南 1 号
- ・ 町道南中南 1 号



図 1-2-1 対象路線

3) 試行提供利用者：

- ・ **北海道開発局（約 30 名）**  
北海道開発局、釧路開発建設部、中標津道路事務所、中標津道路 除雪業者
- ・ **北海道（約 25 名）**  
北海道建設部、釧路建設管理部、中標津出張所、中標津出張所 維持業者
- ・ **中標津町（約 15 名）**  
中標津町役場総務課、中標津町役場建設管理課

4) システムの評価(利用者ヒアリングの実施)

- ・ **情報提供画面のわかりやすさ**  
視程障害・吹きだまりの発生箇所・時期が理解しやすいか  
操作方法が直感的でわかりやすいか
- ・ **提供された情報の精度**  
現況・予測の情報は当たっていたか、外れていたのはどんな場合か
- ・ **情報の活用方法・頻度**  
初動体制への移行に活用、パトロール実施の要注意箇所の参考として活用、通行止め実施の判断に活用
- ・ **今後に向けた要望**  
他路線での展開、メールでの通知、スマートフォンでの利用 など

5) 実施スケジュール

- ・ 平成 28 年 11 月 国道管理者、道道管理者、町道管理者への説明会
- ・ 平成 28 年 12 月 7 日 産学官テーマ推進委員会での最終確認
- ・ 平成 28 年 12 月 20 日 運用スタート
- ・ 平成 29 年 2 月 23 日 町道 中標津町役場ヒアリング
- ・ 平成 29 年 2 月 28 日 道道 釧路建設管理部中標津出張所ヒアリング
- ・ 平成 29 年 2 月 28 日 国道 釧路開発建設部中標津道路事務所ヒアリング
- ・ 平成 29 年 3 月 31 日 情報提供終了

表 1-2-1 スケジュール

|                | 11月 |  |   | 12月 |   |  | 1月 |   |   | 2月 |   |   | 3月 |   |   |
|----------------|-----|--|---|-----|---|--|----|---|---|----|---|---|----|---|---|
| 試行運用前の道路管理者説明会 |     |  | ■ |     |   |  |    |   |   |    |   |   |    |   |   |
| システム最終確認       |     |  |   |     | ■ |  |    |   |   |    |   |   |    |   |   |
| 試行運用           |     |  |   |     |   |  | ■  | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ | ■  | ■ | ■ |
| バージョンアップ       |     |  |   |     |   |  |    | ■ |   |    |   |   |    |   |   |
| 試行運用後ヒアリング     |     |  |   |     |   |  |    |   |   |    |   | ■ |    |   |   |
| 委員会（本局・本庁）     |     |  |   |     |   |  |    |   |   |    |   |   |    | ■ |   |

### 1-3. システムの概要

#### 1) 画面遷移

愛称を「吹雪丸」とした当該システムは、トップページからエリア別、路線別の吹きだまり情報ページ、視程障害情報ページにダイレクトにアクセス可能になっている。



図 1-3-1 トップページ



図 1-3-2 地域吹きだまり情報(対象 5 路線)



図 1-3-3 地域視程障害情報(メッシュ表示)



図 1-3-4 路線吹きだまり情報(テーブル表示)



図 1-3-5 路線視程障害情報(テーブル表示)

吹きだまりの予測情報を地域と路線単位で提供

視程障害の情報を面的なメッシュおよび路線の区間単位で提供

2) トップページ

トップページは、管轄地域の概況を一覧で表示している。

気象の概況として気象警報・注意報の発表状況や、カメラ画像の一覧、さらに視程障害・吹きだまりについて、24時間先までの発生の有無が確認可能である。

The screenshot shows the website's top page with the following callouts:

- ① 現在発表中の気象警報・注意報**: Points to the '気象警報・注意報の発表状況' table.
- ② 気象情報**: Points to the '吹きたまり・視程障害等の状況について' button.
- ③ 関係地域のライブカメラ画像**: Points to the 'ライブカメラ画像' section.
- ④ 国道・道道のカメラ画像**: Points to the '国道・道道のカメラ画像' section.
- ⑤ 吹雪の開始・終了時間予測**: Points to the '吹雪の開始・終了時間予測' section.
- ⑥ 吹きだまり予測**: Points to the '吹きたまり予測' section.
- ⑦ 視程障害予測**: Points to the '視程障害予測' section.
- ⑧ 関連リンク集**: Points to the 'リンク集' section.

**Table 1: 気象警報・注意報の発表状況**

| 気象警報・注意報の種類 | 発表状況 | 発表状況 | 発表状況 |
|-------------|------|------|------|
| 大雪          | 発生なし | 発生なし | 発生なし |
| 暴風警報・暴風     | 発生なし | 発生なし | 発生なし |
| 暴風・強風       | 発生なし | 発生なし | 発生なし |

**Table 2: 吹雪の開始・終了時間予測**

| 道路区間         | 開始時間 | 終了時間 |
|--------------|------|------|
| 国道272号       | なし   | なし   |
| 道道中標津停車場線    | なし   | なし   |
| 道道上佐佐計標津停車場線 | なし   | なし   |
| 町道豊橋南1号      | なし   | なし   |
| 町道南中央1号      | なし   | なし   |

**Table 3: 吹きたまり予測**

| 道路区間         | 現在まで | 6~12h内 | 12~24h内 | 24h以上 |
|--------------|------|--------|---------|-------|
| 国道272号       | 発生   | 発生     | 発生      | 発生    |
| 道道中標津停車場線    | 発生   | 発生     | 発生      | 発生    |
| 道道上佐佐計標津停車場線 | 発生   | 発生     | 発生      | 発生    |
| 町道豊橋南1号      | 非発生  | 非発生    | 非発生     | 非発生   |
| 町道南中央1号      | 非発生  | 非発生    | 非発生     | 非発生   |

**Table 4: 視程障害予測**

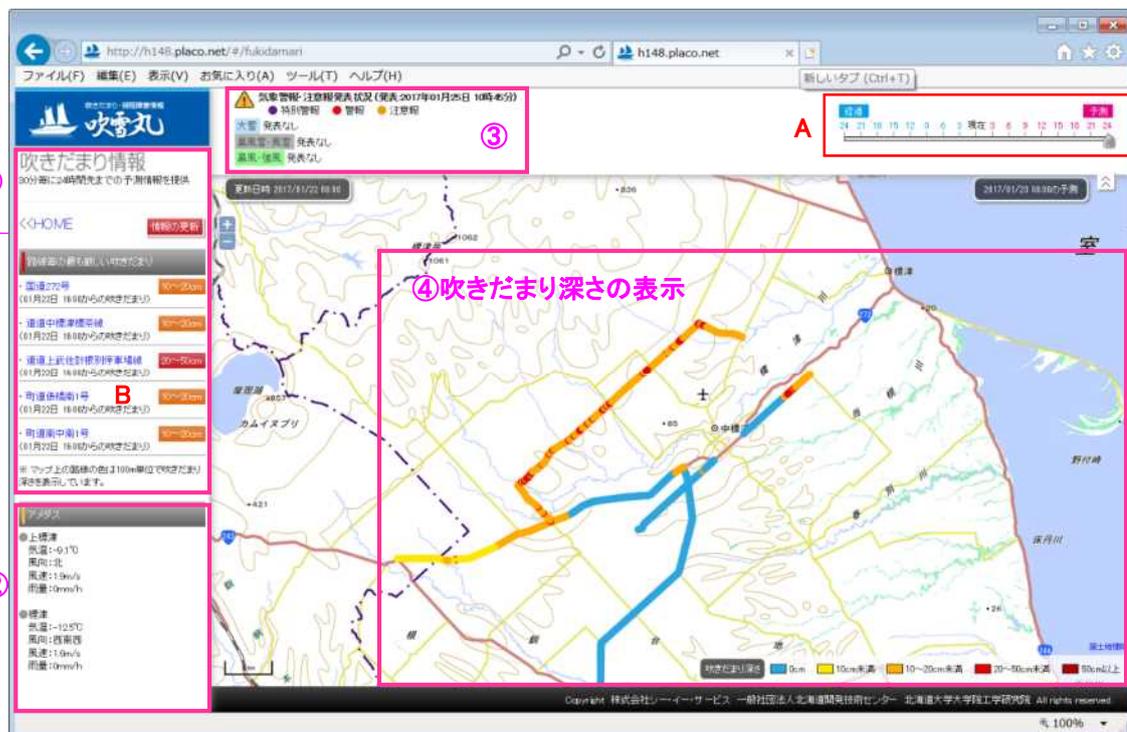
| 道路区間         | 現在  | 6~12h内 | 12~24h内 | 24h以上 |
|--------------|-----|--------|---------|-------|
| 国道272号       | 非発生 | 非発生    | 非発生     | 非発生   |
| 道道中標津停車場線    | 非発生 | 非発生    | 非発生     | 非発生   |
| 道道上佐佐計標津停車場線 | 非発生 | 非発生    | 非発生     | 非発生   |
| 町道豊橋南1号      | 非発生 | 非発生    | 非発生     | 非発生   |
| 町道南中央1号      | 非発生 | 非発生    | 非発生     | 非発生   |

図 1-3-6 トップページ詳細

### 3) 吹きだまり情報詳細 (エリア表示)

吹きだまり情報詳細(エリア表示)は、管内の吹きだまり深さ情報をエリア表示する。提供する吹きだまり情報は、24 時間先までの予測を表示し、吹雪の継続による累積の深さを表示する。

路線ごとのページヘリンク  
(次ページ参照)



#### 吹きだまり・気象の状況

- ①対象路線の危険度 (最大吹きだまり深さ)
- ②地域内のアメダス観測情報
- ③現在発表中の気象警報・注意報
- ④吹きだまり深さの表示

#### 操作インターフェース

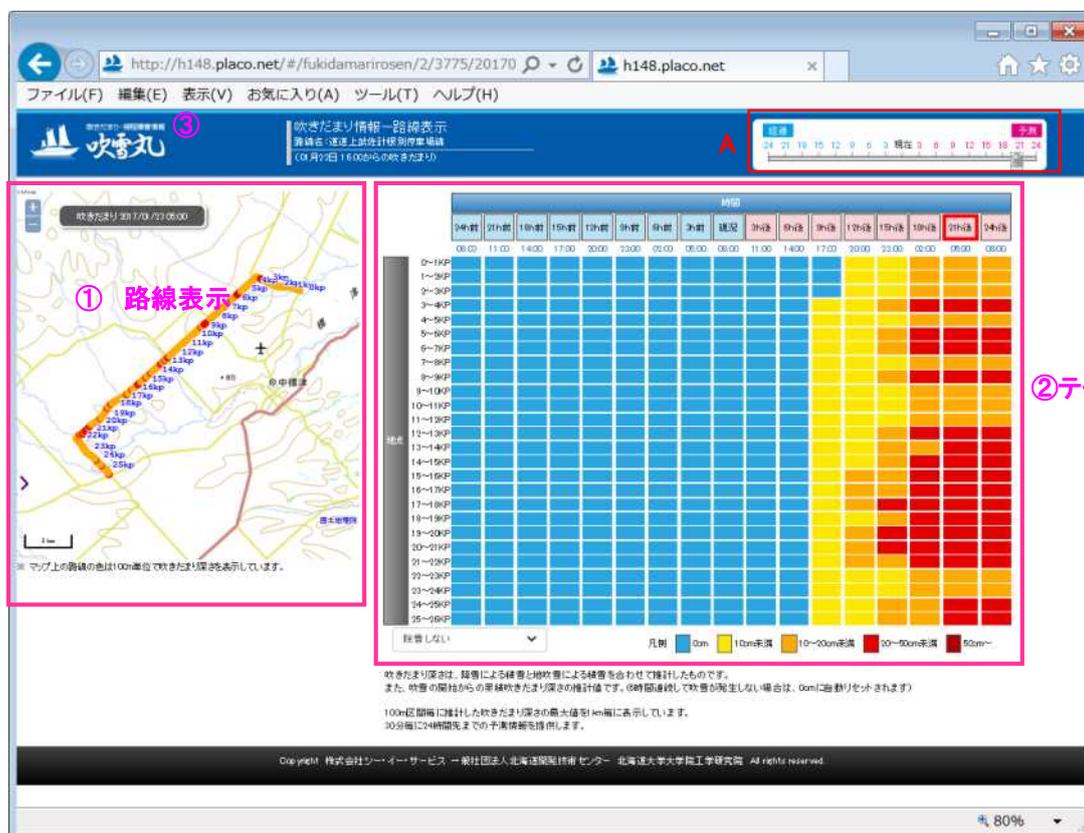
- A 表示情報時刻の切替  
… 表示される吹きだまりの累積深さを 24 時間前から 24 時間後まで切り替える
- B 各路線テーブル表示画面への移動 (次ページ参照)

図 1-3-7 吹きだまり情報 エリアページ詳細

#### 4) 吹きだまり情報詳細（路線表示）

吹きだまり情報詳細（路線表示）は、路線ごとの吹きだまりの情報を表示する。路線を 1km ごとの区間に区切り、吹きだまりの深さをマップ上の路線図とテーブルで提供する。

24 時間前から 24 時間先までの吹きだまり深さの推移が把握可能である。



#### 吹きだまりの状況

##### ① 路線表示

- … 吹きだまり深さに応じて路線図に色をつけることで吹きだまりの情報を表示
- A に示す時間切替スライダを操作することで、時間に応じた情報を表示

##### ② テーブル表示

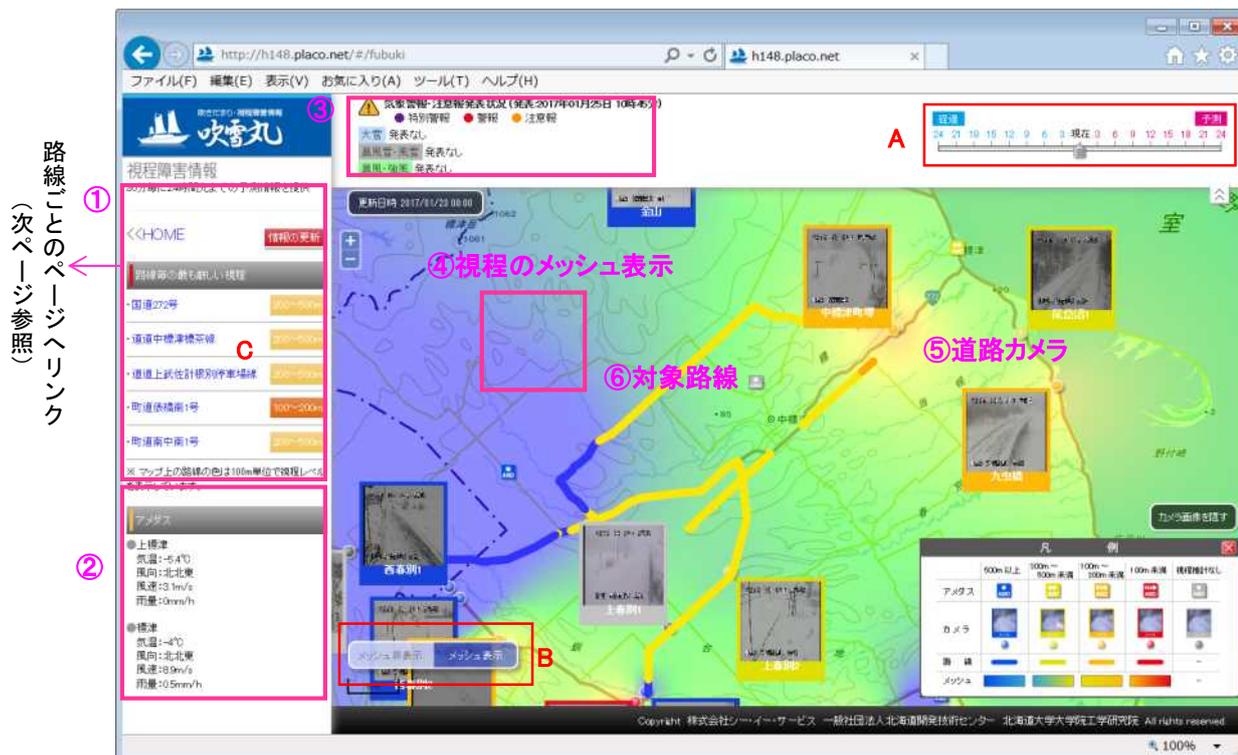
- … 縦軸に路線の KP を、横軸に時間を示した表区間ごとの吹きだまり深さの推移を一覧することができることで、除雪出動基準に達する時間が把握可能

図 1-3-8 吹きだまり情報 路線ページ詳細

5) 視程障害情報詳細 (エリア表示)

視程障害情報詳細 (エリア表示) は、現在の視界情報として、道路カメラおよびアメダスから算出した視界情報を提供する。予測の視界情報として、道路カメラ・アメダスおよび気象庁発表の GPV から算出した視界情報を提供する。

24 時間前から 24 時間後までの面的な視界状況の推移が把握可能である。



**視程・気象の状況**

- ①対象路線の危険度 (最小視程)
- ②地域内のアメダス観測情報
- ③現在発表中の気象警報・注意報
- ④視程のメッシュ表示
- ⑤道路カメラ画像
- ⑥対象路線

**操作インターフェース**

- A 表示情報時刻の切替  
… 表示される視程のメッシュを 24 時間前から 24 時間後まで切り替える
- B メッシュの表示・非表示切替
- C 各路線テーブル表示画面への移動 (次ページ参照)

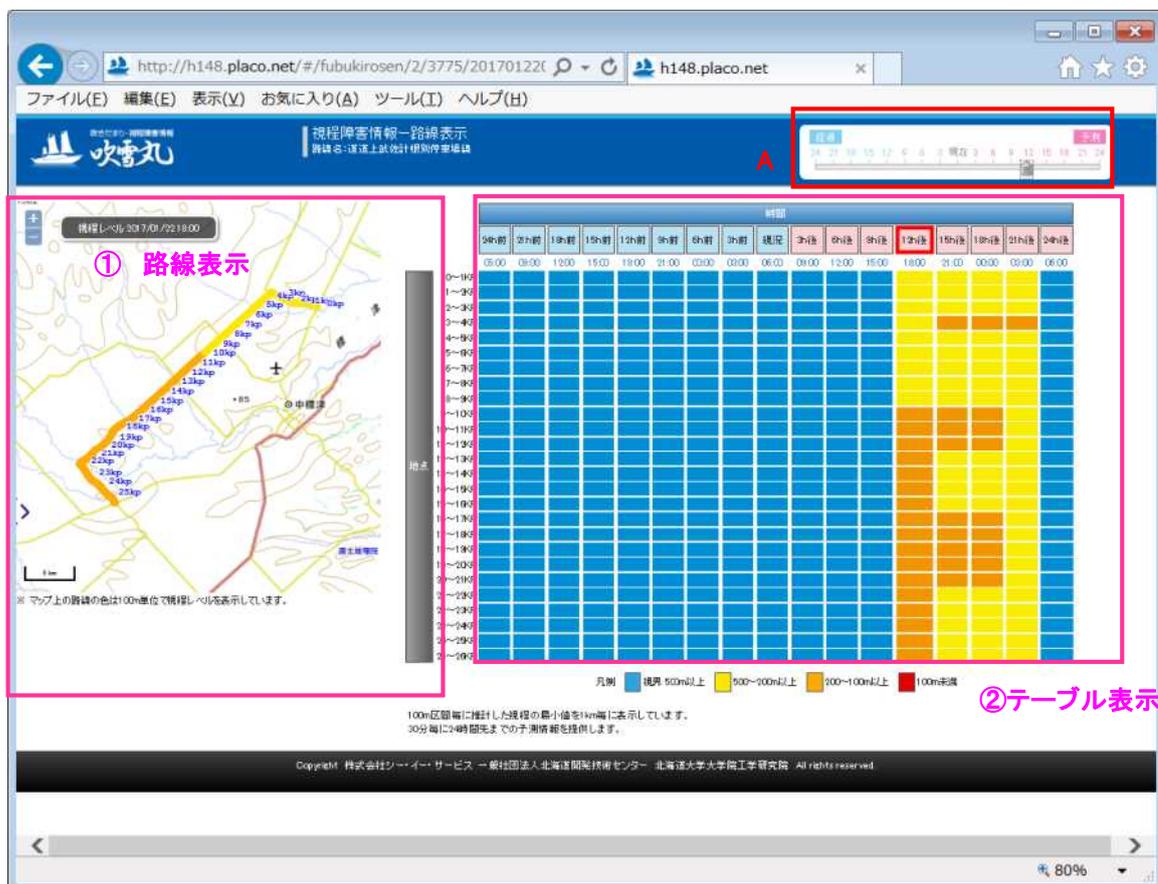
図 1-3-9 視程障害情報 エリアページ詳細

6) 視程障害情報詳細 (路線表示)

視程障害情報詳細 (路線表示) は、路線ごとの視程障害の情報を表示する。

提供する視程情報は、路線を 1km ごとの区間に区切り、視程障害の程度をマップ上の路線図とテーブルで提供する。

24 時間前から 24 時間先までの視程障害の推移が把握可能である。



**視程の状況**

① 路線表示

- … 視程に応じて路線図に色をつけることで視程障害の情報を表示
- A に示す時間切替スライダを操作することで、時間に応じた情報を表示

② テーブル表示

- … 縦軸に路線の KP を、横軸に時間を示した表区間ごとの視程の推移を一覧することができる
- とともに、視程障害の継続時間が把握可能

図 1-3-10 視程障害情報 路線ページ詳細

## 2. 試行期間の気象概況

### 2-1. 概況

試行期間中は、大雪警報(1月22日10:00~1月24日4:00)が発令されたほか、風雪注意報が14回、大雪注意報が4回、強風注意報が8回発表された。

気温は、 $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $-10^{\circ}\text{C}$ の氷点下となる気温がほとんどであり、 $-15^{\circ}\text{C}$ 前後におよぶ低温に見舞われる日もみられた。

風速は、平素は5m/s未満であるが、強風注意報の発令時には10m/s前後の強風に見舞われることもあった。

降水量は大雪警報、風雪注意報発表時に最大で2.5mm/h程度あった。積雪深としてみると、KP15.0の積雪深センサーの計測値で1月22日(大雪警報時)に最大70cmを記録した。

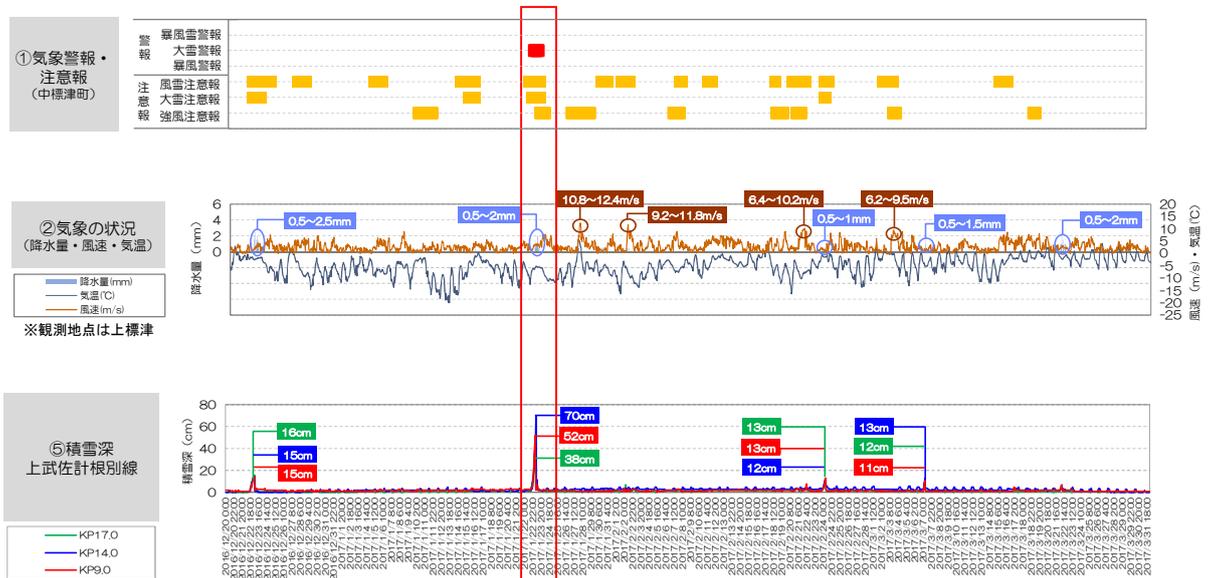


図 2-1-1 冬期間の気象概況



図 2-1-2 積雪深センサー位置図(道道上武佐計根別停車場線)

2-2. 大雪警報発表時の気象概況（20 cm以上の吹きだまり発生）

大雪警報発表時の気象状況をみると、大雪警報発表時(1月22日23:38～1月23日11:22)前より、風雪注意報が発表され、現地カメラ画像によると、1月22日17:00頃より1月23日7:00頃まで吹雪状態が継続した。

吹雪発生時の時間降水量は1mm～2mmであるが、降雪量は最大で70cm(KP15センサー)を計測した。また、気温は-5℃、風速は2m/s～3m/sであった。

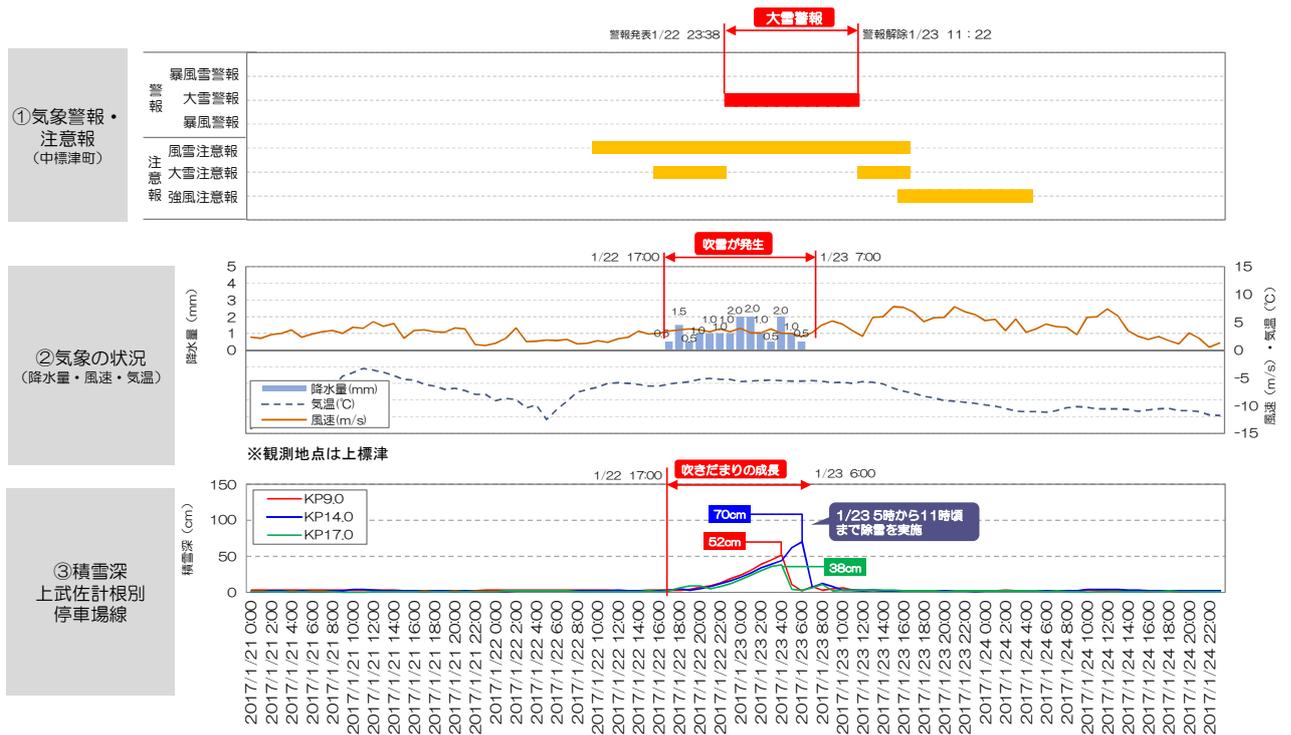


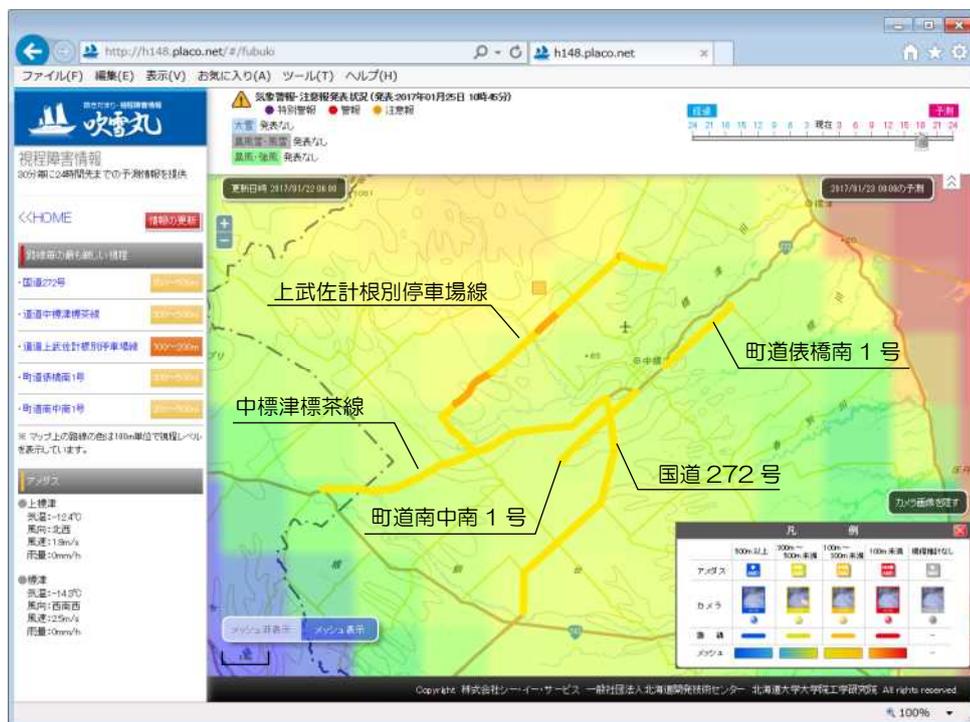
図 2-2-1 大雪警報発表時の気象概況

### 3. 大雪警報発表時の情報提供の結果

ここでは大雪警報発表時(1月22日～1月23日)に当該システムが行った情報提供の結果を示す。

#### 1) 視程障害予測マップ

図3-1は、1月22日6:00から予測した1月23日4:00の視程状況の予測マップである。上武佐計根別停車場線の一部区間において200m未満の視程障害が発生するとして予測結果を示している。



※1月22日6:00更新の予測

図3-1 視程障害予測マップ (1/23 4:00 予測マップ)

2) 吹きだまり予測マップ

図 3-2 は、1 月 23 日 4:00 の吹きだまりの発生状況の予測マップである。5 路線すべてにおいて、一部の区間で 20cm 以上の吹きだまりが発生すると予測している。



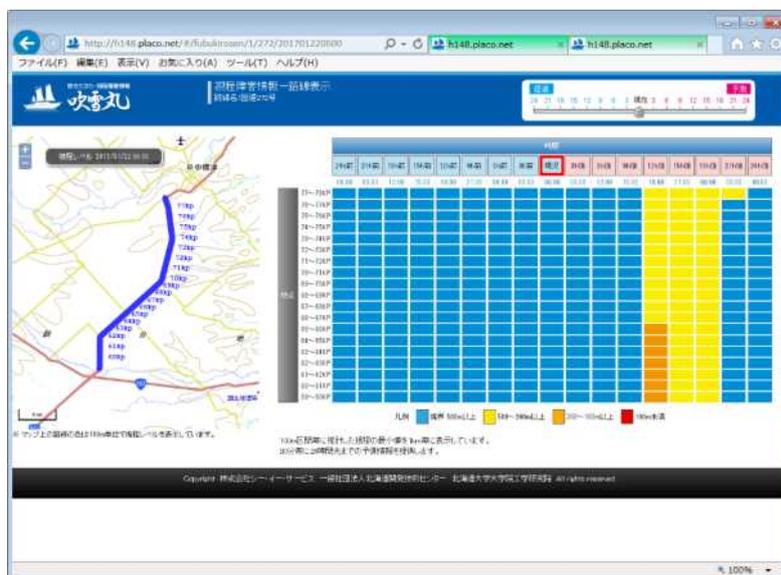
※1 月 22 日 6:00 更新時の予測

図 3-2 吹きだまり予測マップ (1/23 4:00 予測)

### 3) 各路線別の視程障害・吹きだまり予測

#### ①国道 272 号

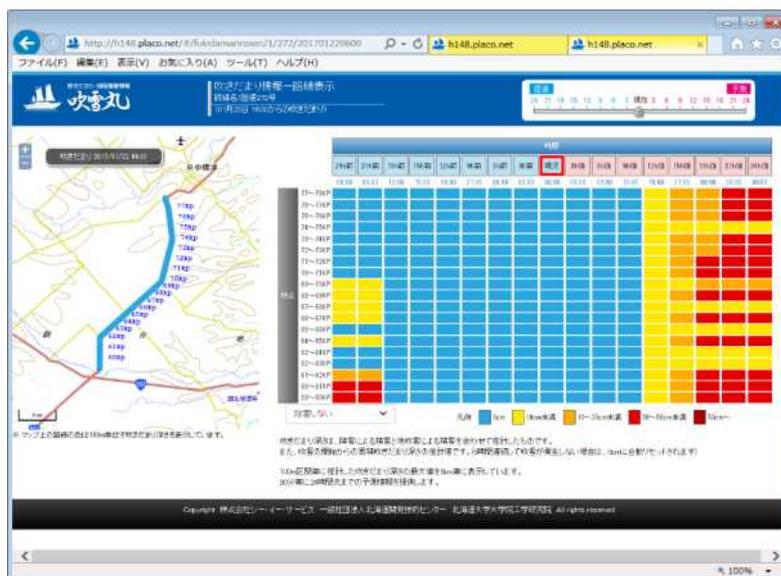
図 3-3 は、1 月 22 日 6:00 時点の視程障害発生状況の予測結果である。12 時間後の 1 月 22 日 18:00 から 1 月 23 日 0:00 に視程障害の発生を予測している。また、1 月 22 日 18:00 に、一部の区間において 200m 未満の視程障害が発生すると予測している。



※1 月 22 日 6:00 更新時の予測

図 3-3 国道 272 号 視程障害予測

図 3-4 は、1 月 22 日 6:00 時点の吹きだまり発生状況の予測結果である。1 月 22 日 18:00 頃から吹きだまりが発生し始めると予測している。また、1 月 23 日 0:00~6:00 では、一部の区間において 20cm 以上吹きだまりが発生すると予測している。

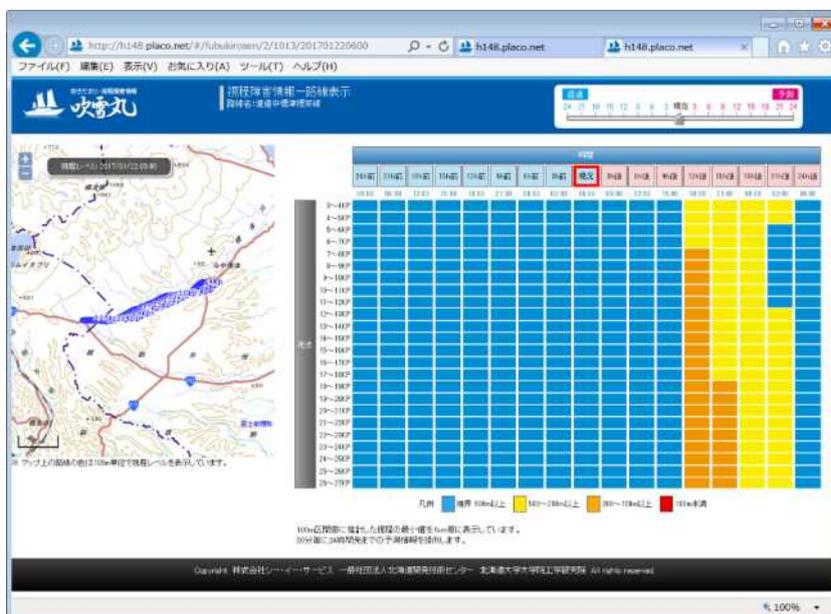


※1 月 22 日 6:00 更新時の予測

図 3-4 国道 272 号 吹きだまり予測

②道道中標津標茶線

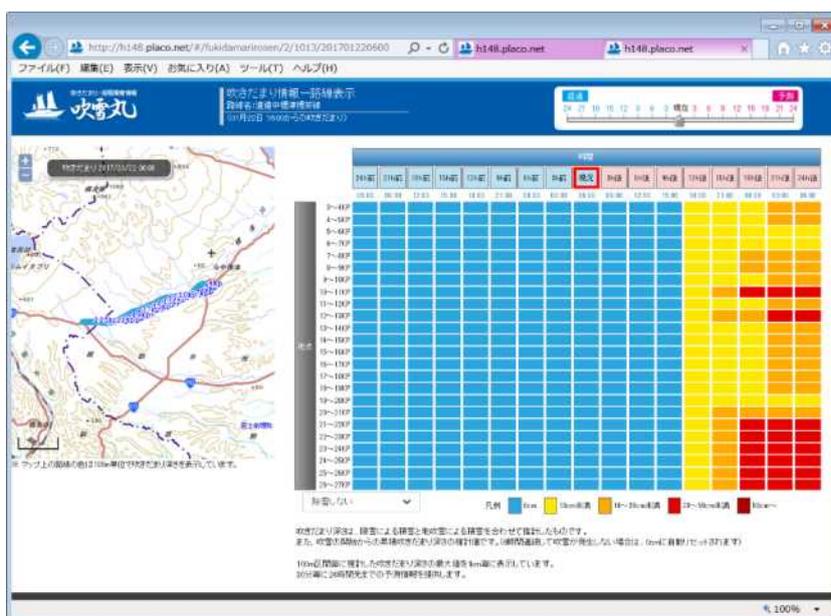
図3-5は、1月22日6:00時点の視程障害発生状況の予測結果である。12時間後の1月22日18:00から1月23日0:00に視程障害の発生を予測している。また、1月22日18:00と21:00では、一部の区間内で200m未満の視程障害が発生すると予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-5 道道中標津標茶線 視程障害予測

図3-6は、1月22日6:00時点の吹きだまり発生状況の予測結果である。1月22日18:00から吹きだまりが発生し始めると予測している。また、1月23日0:00~6:00では、一部の区間において20cm以上の吹きだまりが発生すると予測している。

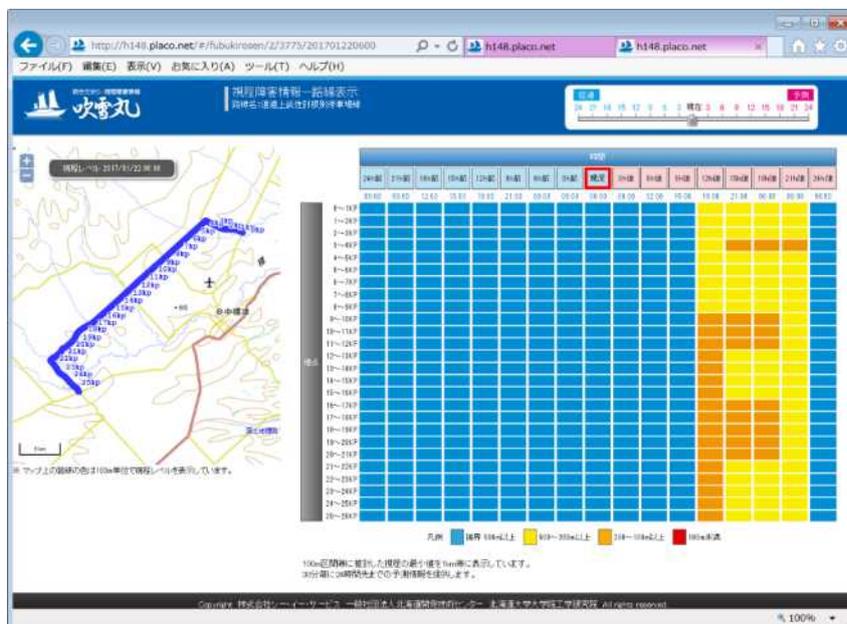


※1月22日6:00更新時の予測

図3-6 道道中標津標茶線 吹きだまり予測

③道道上武佐計根別停車場線

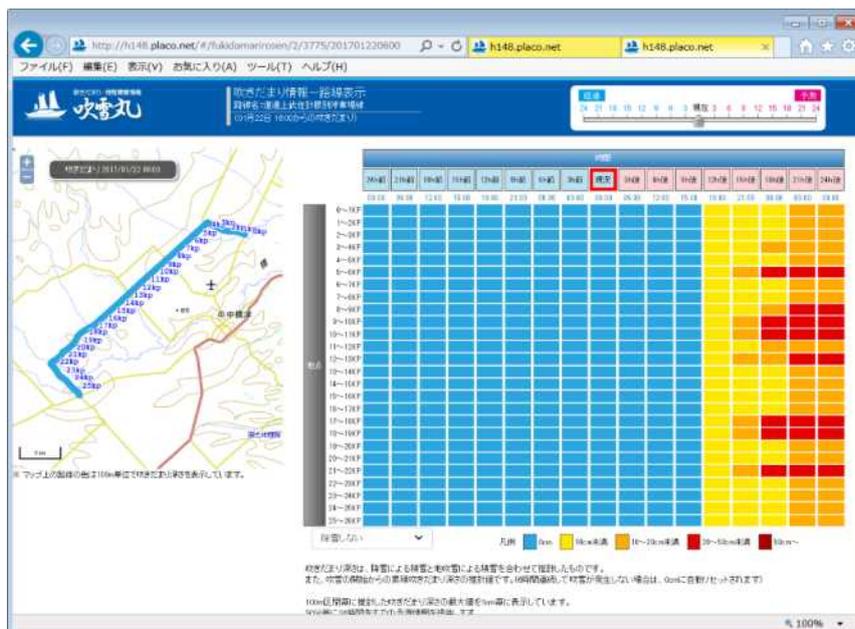
図3-7は、1月22日6:00時点の視程障害発生状況の予測結果である。12時間後の1月22日18:00から1月23日0:00に視程障害の発生を予測している。また、1月22日18:00から1月23日3:00では、一部の区間内で200m未満の視程障害が発生すると予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-7 道道上武佐計根別停車場線 視程障害予測

図3-8は、1月22日6:00時点の吹きだまり発生状況の予測結果である。1月22日18:00から吹きだまりが発生し始めると予測している。また、1月23日0:00~6:00では、一部の区間において20cm以上の吹きだまりが発生すると予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-8 道道上武佐計根別停車場線 吹きだまり予測

④町道俵橋南1号

図3-9は、1月22日6:00時点の視程障害発生状況の予測結果である。1月22日18:00から1月23日3:00まで視程障害の発生を予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-9 町道俵橋南1号 視程障害予測

図3-10は、1月22日6:00時点の吹きだまり発生状況の予測結果である。1月22日18:00頃から吹きだまりが発生し始めると予測している。また、1月23日0:00~6:00では、一部の区間において20cm以上の吹きだまりが発生すると予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-10 町道俵橋南1号 吹きだまり予測

⑤町道南中南1号

図3-11は、1月22日6:00時点の視程障害発生状況の予測結果である。1月22日18:00から1月23日3:00まで視程障害の発生を予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-11 町道南中南1号 視程障害予測

図3-12は、1月22日6:00時点の吹きだまり発生状況の予測結果である。1月22日18:00頃から吹きだまりが発生し始めると予測している。また、1月23日0:00~6:00では、一部の区間において20cm以上の吹きだまりが発生すると予測している。



※1月22日6:00更新時の予測

図3-12 町道南中南1号 吹きだまり予測

#### 4. 予測結果の検証

##### 4-1. 吹きだまり予測結果の検証

###### 1) 情報提供結果の検証(吹きだまり深さの予測)

積雪深センサーが設置されている道道上武佐計根別停車場線の大雪警報時（1月22日～23日）の情報提供(予測)の結果とセンサー計測値を比較した。

この結果、表 4-1-1 に示す通り積雪深センサーが設置されている3地点では、概ね20cm以上の吹きだまりの発生を予測しており、当該システムの有用性は確保されていると判断できる。

表 4-1-1 吹きだまり深さ（24時間予測）と積雪深センサー計測値の比較

| センサー       | KP17.0 | KP14.0 | KP9.0 |
|------------|--------|--------|-------|
| 積雪深センサー計測値 | 38cm   | 70cm   | 52cm  |
| システム予測値    | 36cm   | 23cm   | 34cm  |



38cm 70cm 52cm 1月23日 積雪深センサー値のピーク

| 予報発表時刻     | 予測時間       | 1月23日 6:00 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            |            | 07:25.0    | 07:24.0 | 07:23.0 | 07:22.0 | 07:21.0 | 07:20.0 | 07:19.0 | 07:18.0 | 07:17.0 | 07:16.0 | 07:15.0 | 07:14.0 | 07:13.0 | 07:12.0 | 07:11.0 | 07:10.0 | 07:09.0 | 07:08.0 | 07:07.0 | 07:06.0 | 07:05.0 | 07:04.0 | 07:03.0 | 07:02.0 | 07:01.0 | 07:00.0 |
| 1月22日 6:00 | 4:00 現況    | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:05 1時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:10 2時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:15 3時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:20 4時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:25 5時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:30 6時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:35 7時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:40 8時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:45 9時間後  | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:50 10時間後 | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
|            | 4:55 11時間後 | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| 5:00 12時間後 | 2          | 2          | 2       | 2       | 4       | 2       | 2       | 5       | 5       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 1       | 1       |         |
| 5:05 13時間後 | 3          | 3          | 3       | 3       | 7       | 3       | 3       | 8       | 8       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 2       | 2       |         |
| 5:10 14時間後 | 4          | 4          | 4       | 4       | 10      | 4       | 4       | 11      | 11      | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 4       | 3       | 3       |         |
| 5:15 15時間後 | 5          | 5          | 5       | 5       | 14      | 5       | 5       | 15      | 15      | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 4       | 4       |         |
| 5:20 16時間後 | 6          | 6          | 6       | 6       | 16      | 7       | 7       | 19      | 19      | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       | 6       | 6       |         |
| 5:25 17時間後 | 7          | 7          | 7       | 7       | 19      | 8       | 8       | 22      | 22      | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 7       | 7       |         |
| 5:30 18時間後 | 8          | 8          | 8       | 8       | 22      | 9       | 9       | 26      | 26      | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 9       | 8       | 8       |         |
| 5:35 19時間後 | 9          | 9          | 9       | 9       | 24      | 10      | 10      | 29      | 29      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      | 10      |         |
| 5:40 20時間後 | 10         | 10         | 10      | 10      | 26      | 11      | 11      | 31      | 31      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      | 11      |         |
| 5:45 21時間後 | 10         | 10         | 10      | 10      | 27      | 12      | 12      | 33      | 33      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 12      | 11      | 11      |         |
| 5:50 22時間後 | 11         | 11         | 11      | 11      | 28      | 13      | 13      | 36      | 36      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 11      | 11      |         |
| 5:55 23時間後 | 11         | 11         | 11      | 11      | 29      | 13      | 13      | 37      | 37      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 11      | 11      |         |
| 6:00 24時間後 | 11         | 11         | 11      | 11      | 30      | 13      | 13      | 38      | 38      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 13      | 11      | 11      |         |

吹きだまり発生要素 (道路構造・沿道環境)
 

- 吹走距離長い 両切土
- 吹走距離長い 風の収束要素 両切土
- 吹走距離長い 両切土
- 吹走距離長い 風の収束要素 平坦 (低盛土)
- 吹走距離長い 風の収束要素
- 風の収束要素 両切土
- 吹走距離長い 平坦 (低盛土)

図 4-1-1 1月22日 6:00 発表の予測吹きだまり深さ（24時間予測）と積雪深センサー計測値の比較

2) アンケート結果（1月24日実施）

大雪警報時（1月22日～23日）直後にシステム利用者に対し、システムの受容性、有用性などについてアンケート調査を行った。

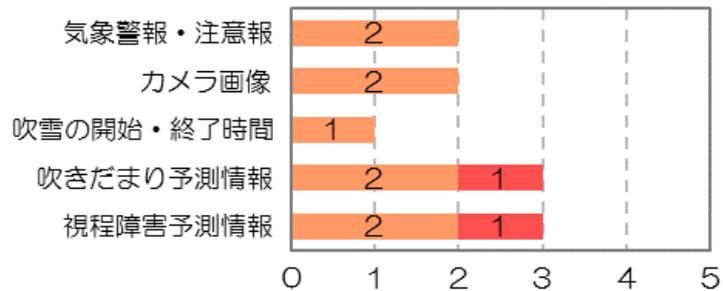
調査の結果は、以下のとおりである。

問1では国道管理者の回答者全員が、「吹きだまり予測情報」と「視程障害情報」を利用、道道管理者では、回答者全員が「カメラ画像」を利用。  
 問2では国道管理者が、「除雪の初動体制と出勤」、道道管理者では「通行規制の実施と解除」で参考になったと回答。

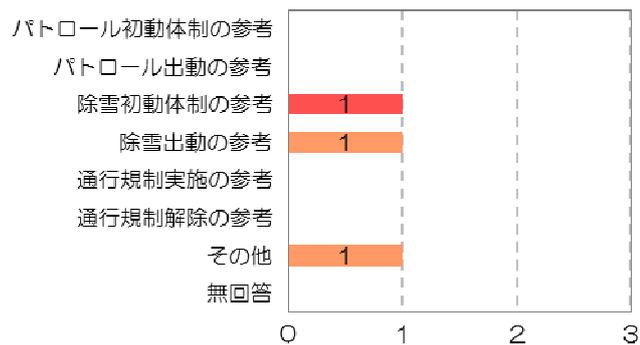
国道管理者（3名）

■ 中標津道路事務所（2名） ■ 中標津道路 除雪業者（1名）

問1. 利用した情報について



問2. 情報を見て道路管理の参考にしたこと（複数回答）



問3. 利用してみて気付いた点やご要望

- 吹きだまり深さに関してですが、路肩の形状（雪山の有り無し）によっても吹きだまりの変化が起きるので、予想の地点以外でも発生しています（中標津道路）。
- 大まかな範囲での吹きだまり予想で考えれば、参考になると思われます（中標津道路 除雪業者）。

問 4. 提供した「吹きだまり情報」について

回答者数：中標津道路 除雪業者 1名

|         | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あたっていない |
|---------|--------|----------|---------------|---------|
| 発生区間    | 0      | 1        | 0             | 0       |
| 吹きだまり深さ | 0      | 1        | 0             | 0       |
| 発生時期    | 0      | 1        | 0             | 0       |

※除雪業者のみ回答

問 5. 提供した「視程障害情報」について

回答者数：中標津道路 除雪業者 1名

|       | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あたっていない |
|-------|--------|----------|---------------|---------|
| 発生区間  | 0      | 1        | 0             | 0       |
| 視界の程度 | 0      | 1        | 0             | 0       |
| 発生時期  | 0      | 1        | 0             | 0       |

※除雪業者のみ回答

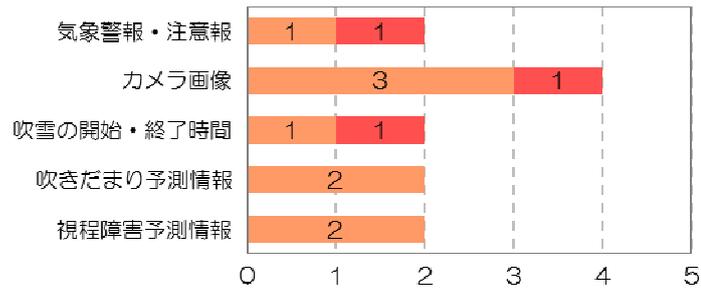
問 6. パトロールや除雪を行う上で気付いた点やご要望

- ・無回答

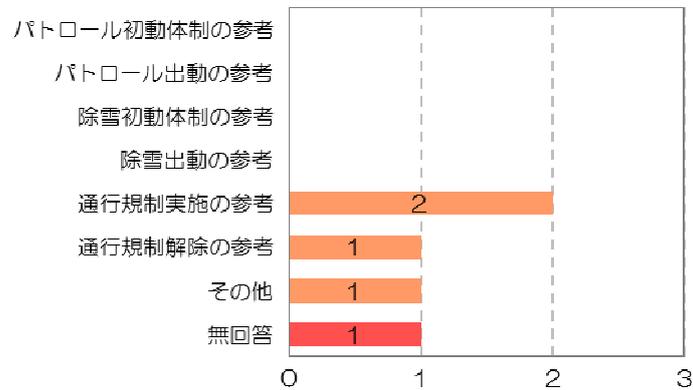
## 道道管理者（4名）

■ 中標津出張所（3名） ■ 中標津出張所 除雪組合（1名）

### 問 1. 利用した情報について



### 問 2. 情報を見て道路管理の参考にしたこと（複数回答）



### 問 3. 利用してみて気付いた点やご要望

- 山沿いだけではなく、浜側の情報などもあればいい。あと、地域別の風の強さも知りたい（中標津出張所 除雪組合）。
- 今回の吹雪は、中標津町よりも別海町方面がひどかったようです。しかし、カメラを確認材料として活用しました（中標津出張所）。

問 4. 提供した「吹きだまり情報」について

回答者数：中標津出張所 除雪組合 1名

|         | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あっていない |
|---------|--------|----------|---------------|--------|
| 発生区間    | 0      | 1        | 0             | 0      |
| 吹きだまり深さ | 0      | 1        | 0             | 0      |
| 発生時期    | 0      | 1        | 0             | 0      |

※除雪業者のみ回答

問 5. 提供した「視程障害情報」について

回答者数：中標津出張所 除雪組合 1名

|       | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あっていない |
|-------|--------|----------|---------------|--------|
| 発生区間  | 0      | 1        | 0             | 0      |
| 視界の程度 | 0      | 1        | 0             | 0      |
| 発生時期  | 0      | 1        | 0             | 0      |

※除雪業者のみ回答

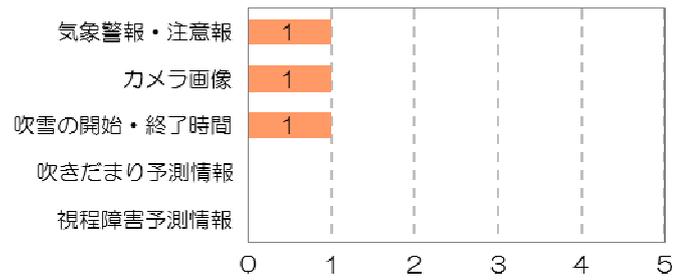
問 6. パトロールや除雪を行う上で気付いた点やご要望

- ・無回答

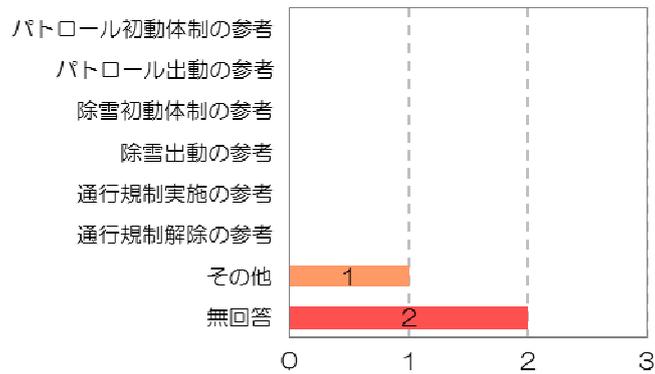
## 町道管理者（3名）

■ 中標津町総務課（2名）    ■ 中標津町建設管理課（1名）

### 問 1. 利用した情報について



### 問 2. 情報を見て道路管理の参考にしたこと（複数回答）



### 問 3. 利用してみて気付いた点やご要望

- ・ 無回答

問 4. 提供した「吹きだまり情報」について

回答者数：なし

|         | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あたっていない |
|---------|--------|----------|---------------|---------|
| 発生区間    | 0      | 0        | 0             | 0       |
| 吹きだまり深さ | 0      | 0        | 0             | 0       |
| 発生時期    | 0      | 0        | 0             | 0       |

※除雪業者のみ回答

問 5. 提供した「視程障害情報」について

回答者数：なし

|         | あたっていた | ややあたっていた | ややあたって<br>いない | あたっていない |
|---------|--------|----------|---------------|---------|
| 発生区間    | 0      | 0        | 0             | 0       |
| 吹きだまり深さ | 0      | 0        | 0             | 0       |
| 発生時期    | 0      | 0        | 0             | 0       |

※除雪業者のみ回答

問 6. パトロールや除雪を行う上で気付いた点やご要望

- 吹雪が始まってしまえば、PC環境でデータを確認する機会がなく現場に張りきになる。スマートフォン等で現場でも確認できるとなお良い(中標津町 建設管理課)。

#### 4-2. 強風注意報時の吹きだまり予測結果の検証

##### 1) 強風注意報時の概況

強風注意報発表時(2月21日3:28~2月21日15:31)の内、特に10:00~15:00の時間帯は風速9m/s~10m/sの強風で、道道摩周湖中標津線を中心に、吹雪や吹きだまりが発生した。



図 4-2-1 強風注意報時の気象概況

##### 2) 強風注意報時の情報提供の検証(2月21日摩周湖中標津線 養老牛カメラ周辺)

道路カメラが設置されている摩周湖中標津線の養老牛で、当該システムの吹きだまり予測値をカメラ画像の目視により検証した。

本システムでは、強風注意報発令時(2月21日3:28~2月21日15:31)の内、13:00~16:00の時間帯に、吹きだまり高さを2.3cm~12.4cmと予測した。また地吹雪による視程障害も予測できた。

カメラ画像では同時時間帯に吹きだまりの発生、地吹雪による視程障害も確認することができた。

このことから地吹雪による吹きだまり深さや視程を検知することが可能であり、強風時における当該システムの吹きだまり予測技術の有用性は評価できる。

図 4-2-2 に、強風注意報時の吹きだまり高さの予測値と当時の写真をマッチング整理した。



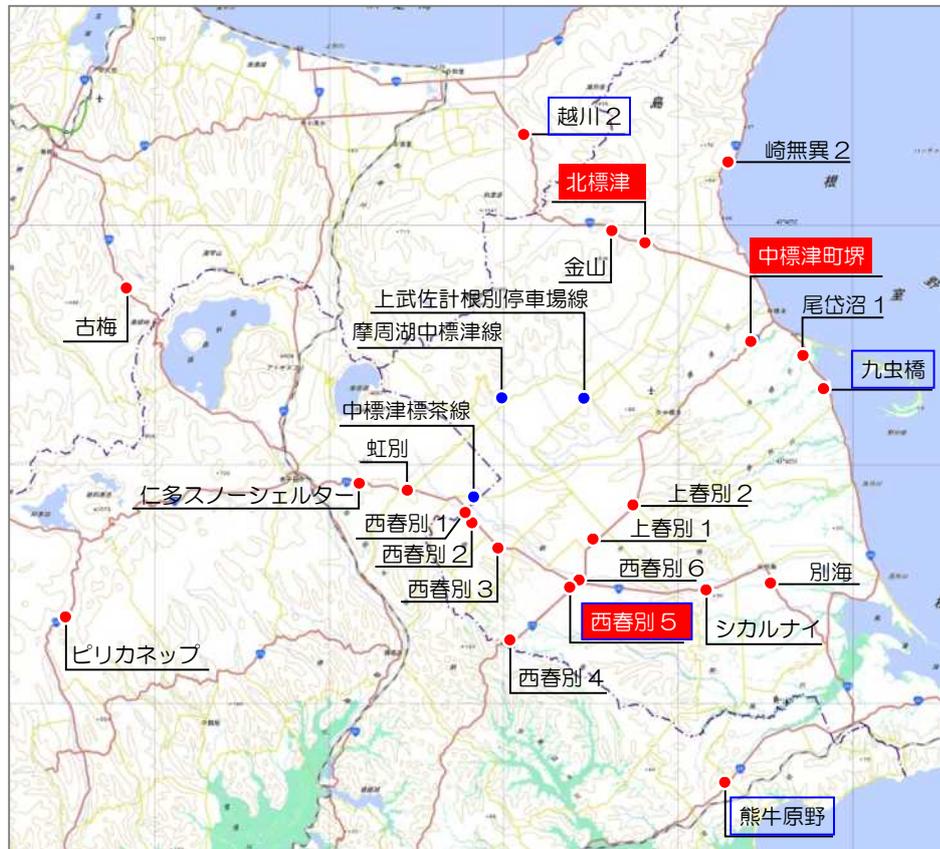
図 4-2-2 強風注意報時の吹きだまり高さの予測と現地の道路状況

#### 4-3. カメラ画像による視界レベルの検証

本システムでは、道路カメラ画像のコントラストから画像評価値(WIPS)を算出し、視程を推計する技術を用いている。ここでは、システムによる画像評価と画像目視による視界レベルの評価を比較して双方の適中率を検証した。

##### 1) 情報提供で使用したカメラ

エリア内には、国道 22 箇所、道道 3 箇所にカメラが設置されている。このうち、検証に使用するカメラは、日中の検証カメラとして「中標津町界」、「北標津」、「西春別 5」の 3 箇所、夜間の検証カメラとして「西春別 5」の 1 箇所とした。



- 国道 22 地点 (夜間時使用 4 地点)
  - ・ 12 月 12 日から稼働開始
- 道道 3 地点 (夜間時使用 0 地点)
  - ・ 2 月 15 日から稼働開始



図 4-3-1 カメラ配置図 (情報提供で使用したカメラ)

2) 画像目視結果と道路カメラ画像の視界レベル比較

道路カメラ画像の解析(コントラストからの視界レベル推測)による視界レベルの評価と目視による視界レベルの比較検証を行った。その結果、日中の検証では適中率：98%となり、道路カメラ画像の解析による目視評価は概ね正しく判定されたことが確認できた。

しかし、夜間映像では、画像の目視判定が難しいため適中率の算出は実施していないが、一定程度の適中状況となっている。

表 4-3-1 日中の検証カメラ (中標津町界・北標津・西春別 5)

| 全データ：9,535        |          | 画像目視による視界レベル |          |          |         |
|-------------------|----------|--------------|----------|----------|---------|
|                   |          | 100m 未満      | 100-200m | 200-500m | 500m 以上 |
| カメラ画像による<br>視界レベル | 100m 未満  | 29           | 7        | 0        | 0       |
|                   | 100-200m | 14           | 73       | 4        | 0       |
|                   | 200-500m | 3            | 19       | 284      | 52      |
|                   | 500m 以上  | 1            | 1        | 87       | 8961    |
| 適中率：98%           |          |              |          |          |         |

表 4-3-2 夜間の検証カメラ (西春別 5)

| 全データ：4,385                       |          | 画像目視 (光膜の状況などで推定) |          |          |         |
|----------------------------------|----------|-------------------|----------|----------|---------|
|                                  |          | 100m 未満           | 100-200m | 200-500m | 500m 以上 |
| カメラ画像による<br>視界レベル                | 100m 未満  | 3                 | 0        | 0        | 0       |
|                                  | 100-200m | 0                 | 8        | 0        | 0       |
|                                  | 200-500m | 0                 | 2        | 29       | 0       |
|                                  | 500m 以上  | 0                 | 0        | 53       | 4290    |
| 適中率：算出していない (夜間映像の画像目視による評価が難しい) |          |                   |          |          |         |

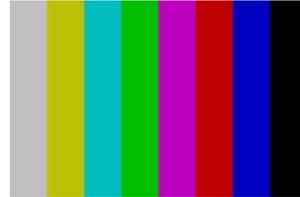
### 3) カメラ画像異常時の事象例

道路カメラ画像のコントラストから画像評価値(WIPS)を算出する場合、以下に示す異常事象が発生すると正しい画像判定が出来ない事象が発生した。このため、今後はこのような事象の写真への対応方策について検討する必要がある。

- 画像分析技術を活用する上での検討事項(カメラ画像の異常例)

(i) 画像の更新停止時

(ii) カメラメンテナンス画像、異常画像



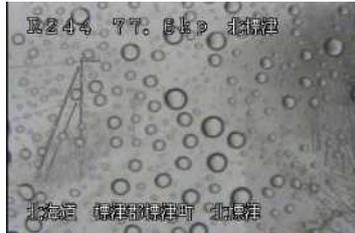
(iii) 夜間車両の前照灯



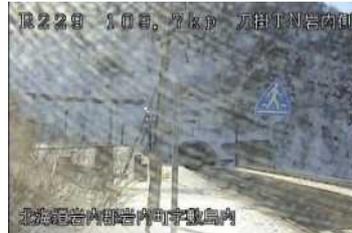
(iv) カメラの画角変更時



(v) 着雪時・水滴



(vi) カメラ前面の汚れ発生時



(vii) 濃霧時



人間の目でも  
判別が難しい

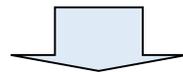
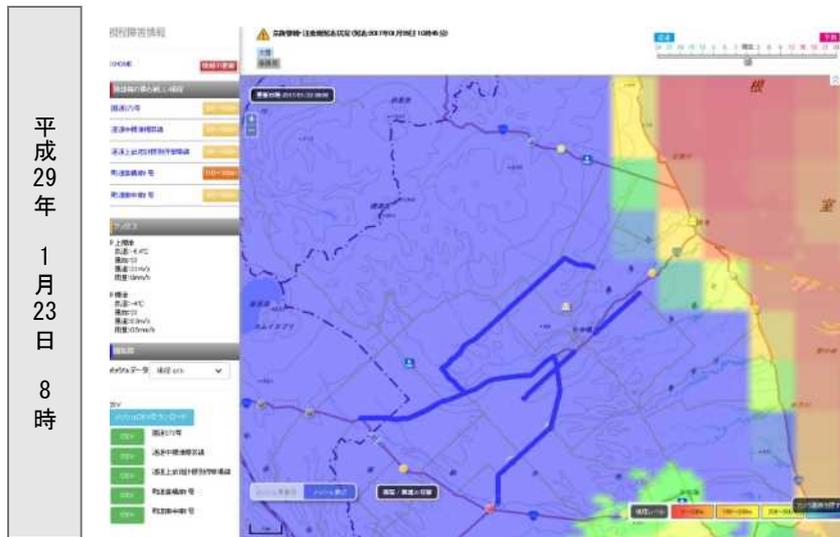
4) 空間内挿による視程評価の検証(GPV 気象データとの比較)

本システムでは、カメラ画像から画像分析技術を用いて吹雪量を算定し、吹雪量を面的に推計している。この画像評価値(WIPS)から算定した視程を面的に展開するためエリア内に設置している道路カメラ画像、アメダスデータを既知点とした1km空間内挿により得られた視程の面的推計レベルと GPV 気象データによる視界レベルを比較した。

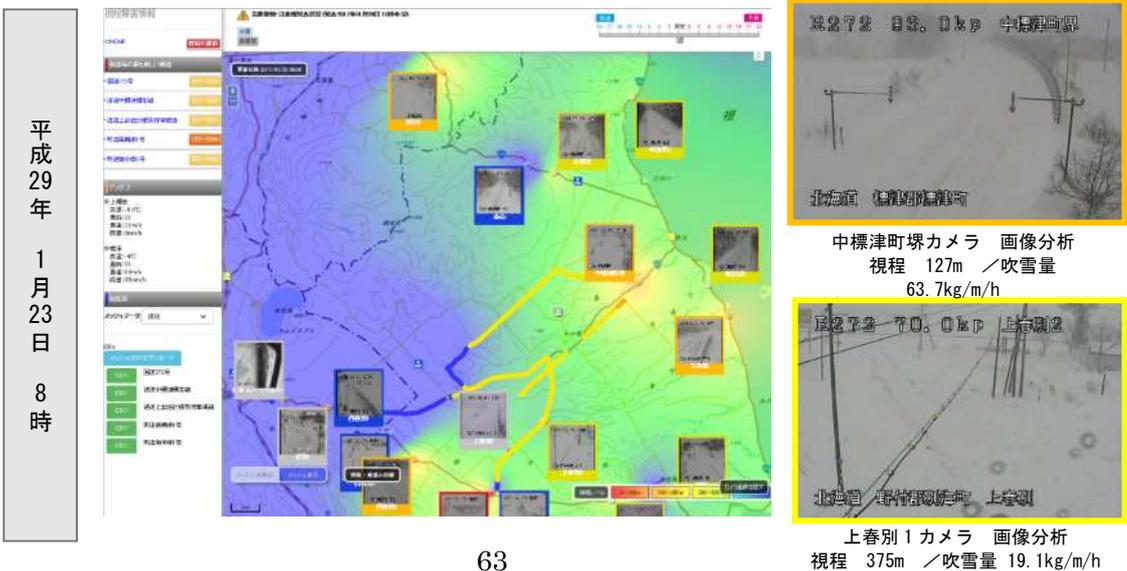
①1月23日 大雪警報発表時\_8:00

カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ10箇所（越川2、北標津、崎無異2、中標津堺、丸虫橋、尾岱沼1、上春別2、西春別3、西春別5、西春別4）で視程障害を検知し、GPV 気象データによる視界レベルよりも対象路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】GPV 気象データによる視界レベル



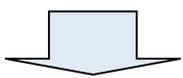
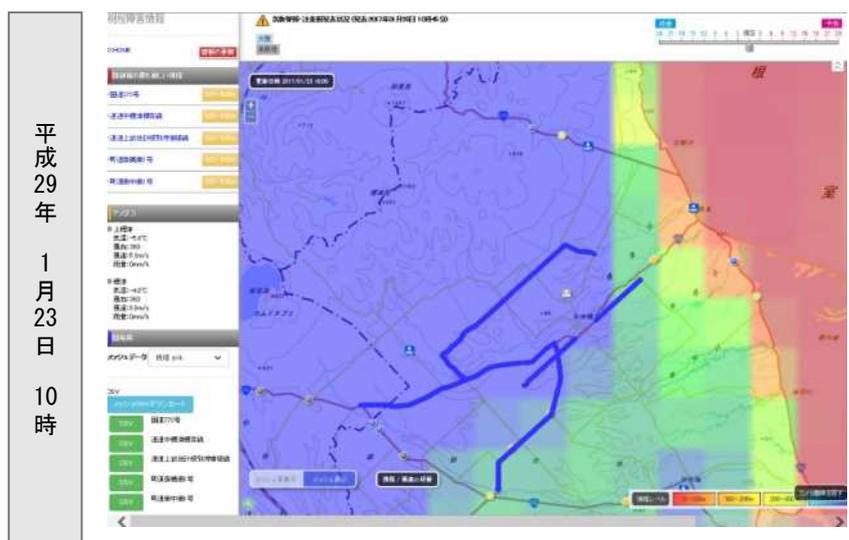
【本技術】カメラ画像による視界レベル（空間内挿）



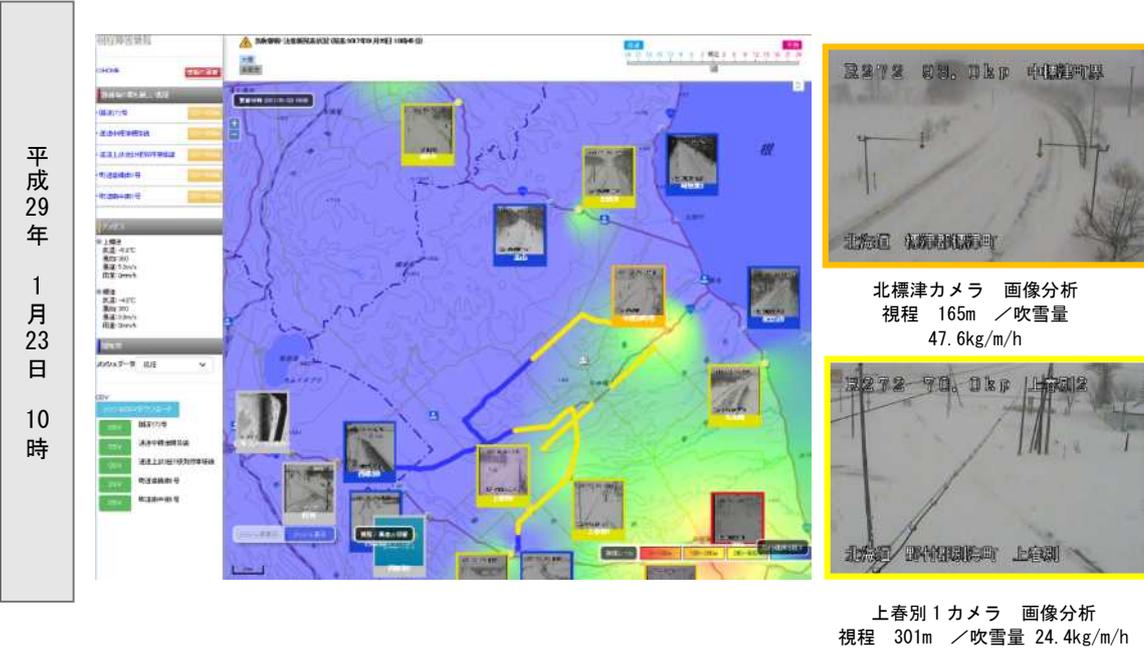
1月23日 大雪警報発表時\_10:00

カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ10箇所（越川2、北標津、崎無異2、中標津塚、九虫橋、尾岱沼1、上春別2、西春別3、西春別5、西春別4）で視程障害を検知し、GPV 気象データによる視界レベルよりも対象路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】 GPV 気象データによる視界レベル



【本技術】 カメラ画像による視界レベル（空間内挿）



②2月19日 強風注意報発表時\_11:00

GPV 気象データでは、視程障害の発生を予測できていないが、カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ4箇所（越川2、北標津、崎無異2、中標津塚）で視程障害を検知し、GPV 気象データによる視界レベルよりも対象路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】GPV 気象データによる視界レベル

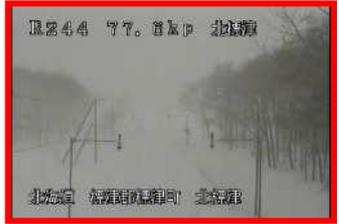
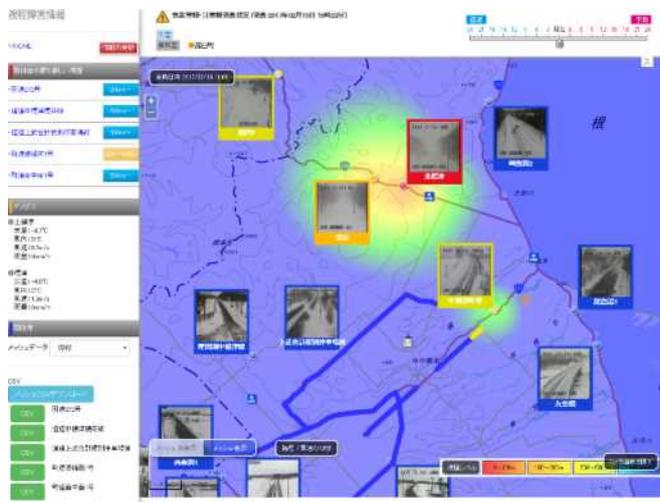


GPV 気象データ（GPV）による視程は、エリア内全域 1000m 以上  
 （降水量 0mm 風速 約 5m/s 気温 -7.0°C）



【本技術】カメラ画像による視界レベル（空間内挿）

平成  
29年  
2月  
19日  
11時



北標津カメラ 画像分析  
 視程 95m / 吹雪量 87.9kg/m/h

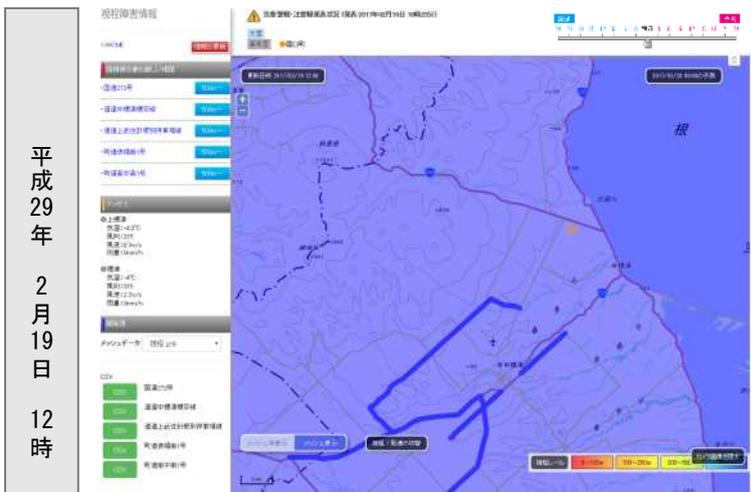


中標津町界カメラ 画像分析  
 視程 294m / 吹雪量 25.1kg/m/h

2月19日 強風注意報発表時\_12:00

GPV 気象データでは、視程障害の発生を予測できていないが、カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ4箇所（越川2、北標津、崎無異2、中標津堺）で視程障害を検知し、GPV 気象データよりも路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】 GPV 気象データによる視界レベル



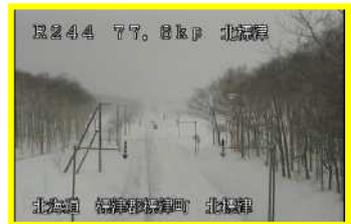
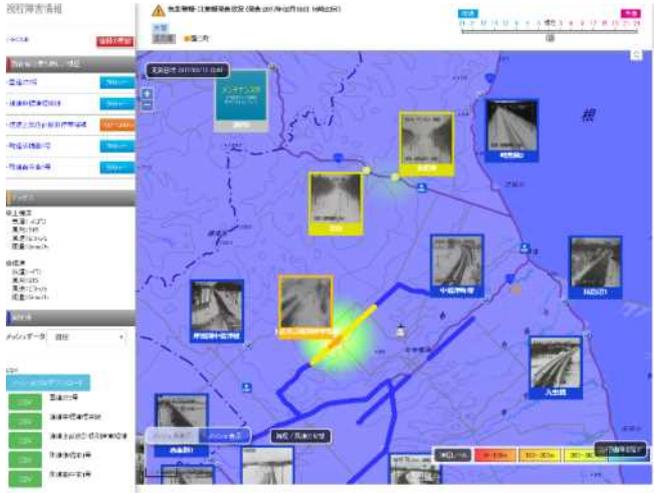
平成  
29年  
2月  
19日  
12時

GPV 気象データ (GPV) による視程は、エリア内全域 1000m 以上  
(降水量 0mm 風速 約 5m/s 気温 -7.0°C)



【本技術】 カメラ画像による視界レベル（空間内挿）

平成  
29年  
2月  
19日  
12時



北標津カメラ 画像分析  
視程 431m / 吹雪量 16.4kg/m/h

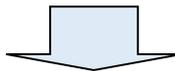


上武佐計根別カメラ 画像分析  
視程 177m / 吹雪量 44.0kg/m/h

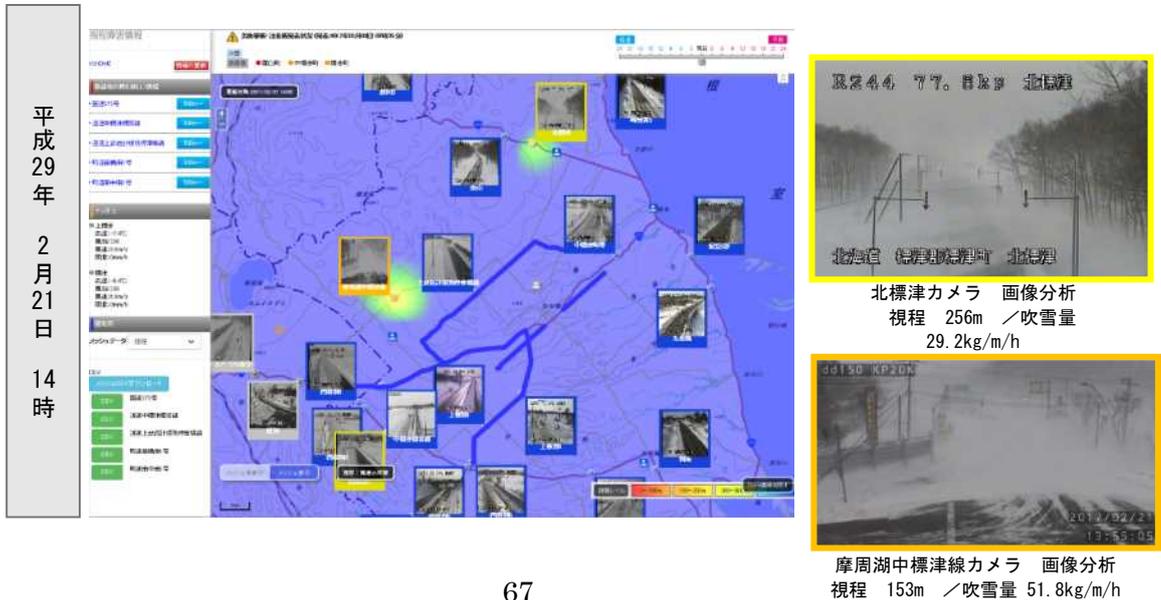
③2月21日 強風注意報発表時\_14:00

GPV 気象データでは、視程障害の発生を予測できていないが、カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ5箇所（北標津、西春別1、西春別2、西春別3、摩周湖中標津線）で視程障害を検知し、GPV 気象データよりも路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】 GPV 気象データによる視界レベル



【本技術】 カメラ画像による視界レベル（空間内挿）



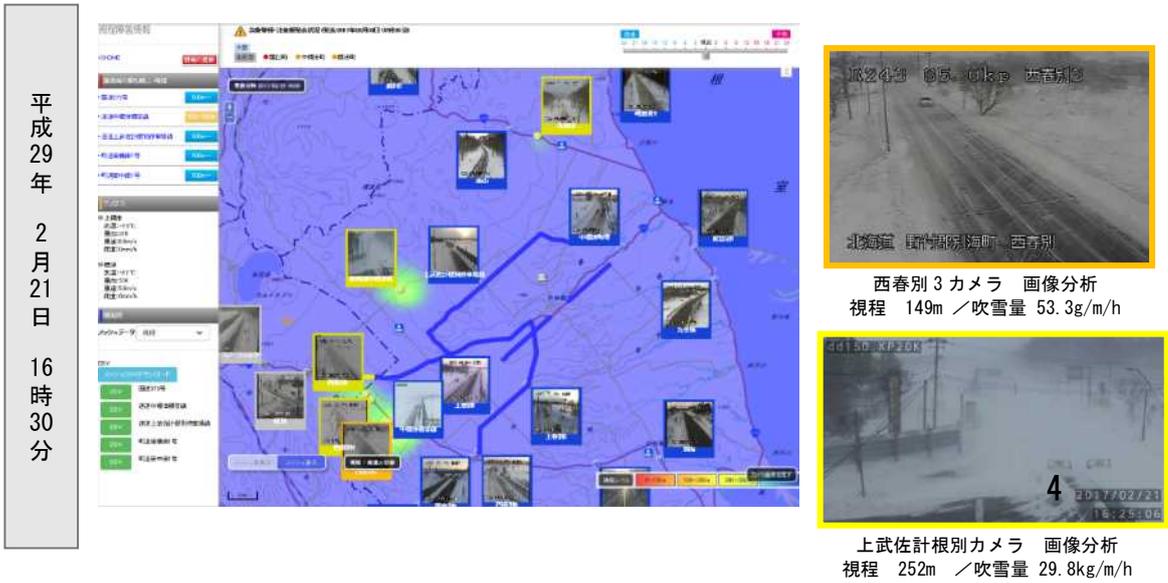
2月21日 強風注意報発表時\_16:30

GPV 気象データでは、視程障害の発生を予測できていないが、カメラ画像による視界レベル（空間内挿）では、エリア内に設置されたカメラ5箇所（北標津、西春別1、西春別2、西春別3、摩周湖中標津線）で視程障害を検知し、GPV 気象データよりも路線内の吹雪を的確に判定している。

【従来技術】 GPV 気象データによる視界レベル



【本技術】 カメラ画像による視界レベル（空間内挿）



5. システム運用の状況(アクセス状況)

今回の試行期間 (2016年12月20日～2017年3月31日 管理者ID配布) における道路管理者(利用者)のシステム運用状況をシステムへのアクセス状況として見ると以下のとおりに整理できる。

1) トップページ別のアクセス数

最もアクセスが多かったのは、1月23日(大雪警報発表時)で93アクセスがあった。

平常時は平均10.3アクセスに対し、注意報発表時は23.5アクセスと約2.3倍に増加した。悪天候時のシステム利用の関心が高いことが伺える。

表 5-1 アクセス数

| 分類             | アクセス数 |
|----------------|-------|
| 累積アクセス数        | 1,541 |
| 日平均アクセス数       | 15.1  |
| 最大アクセス数(大雪警報時) | 93    |
| 注意報発令時平均アクセス数  | 23.5  |
| 非発表時平均アクセス数    | 10.3  |

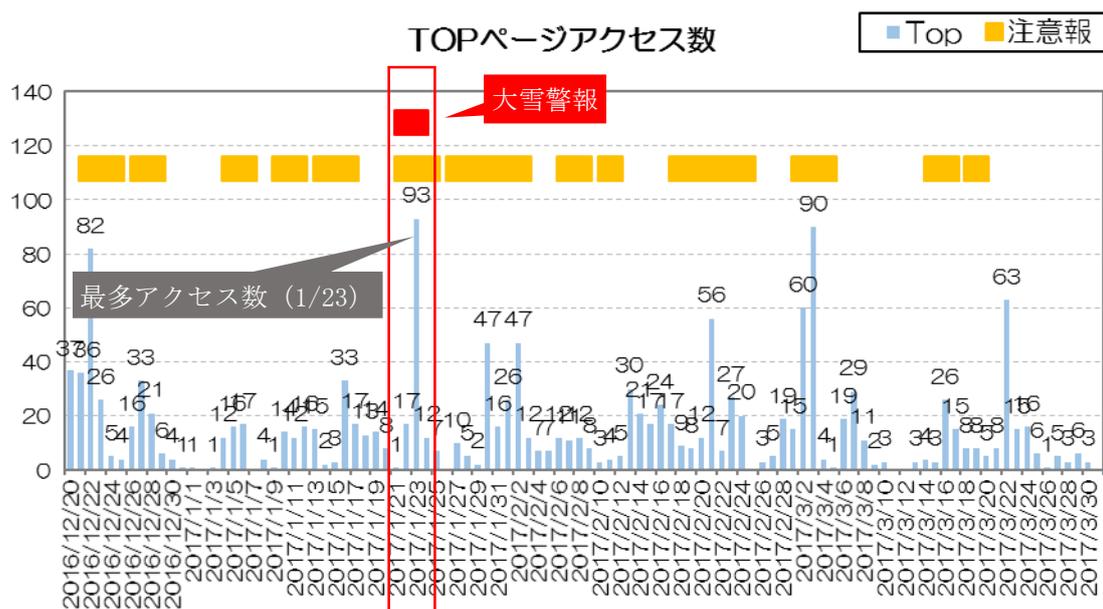
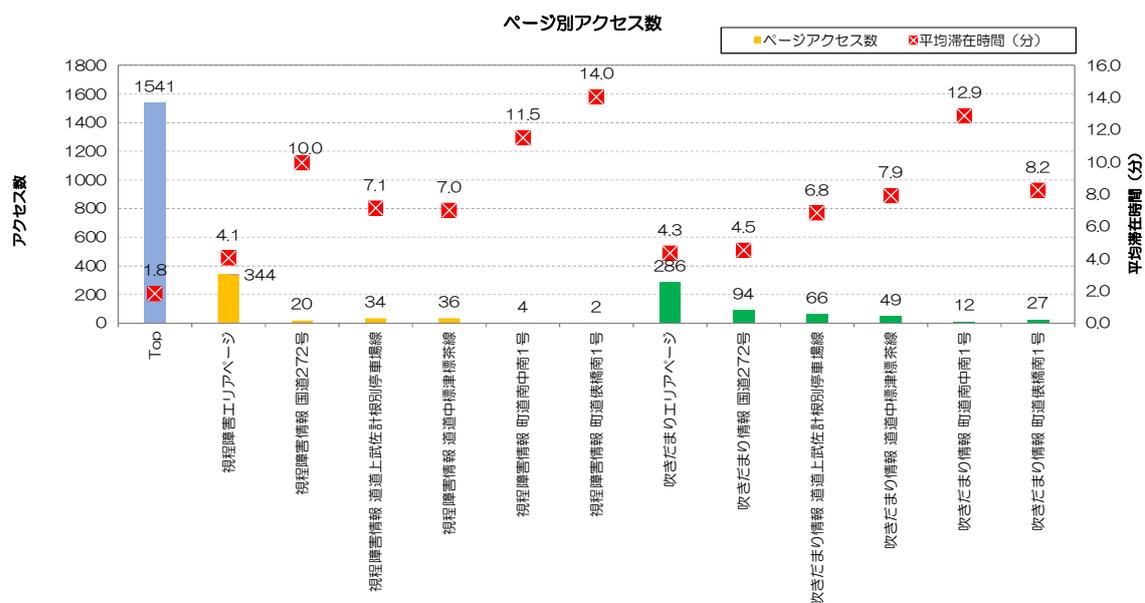


図 5-1 トップページアクセス数

2) ページ別のアクセス数

トップページへのアクセスが最も多く、次いで視程障害エリアページ、吹きだまりエリアページの順になっている。

ページ滞在時間は、トップページが平均 1.8 分。視程障害情報、吹きだまり情報の各路線ページは滞在時間が平均 4 分～14 分と長い。



※集計対象：推進委員、研究開発メンバー、その他関係者 IDは除く

図 5-2 ページ別アクセス数

### 3) 管理者別のアクセス数

各管理者ともにほぼ毎日、当該システムにアクセスをしている。



※警報・注意報は中標津町で発表されたもの。

図 5-3 管理者別アクセス数

4) 道路管理者別・ページ別のアクセス数

①国道管理者

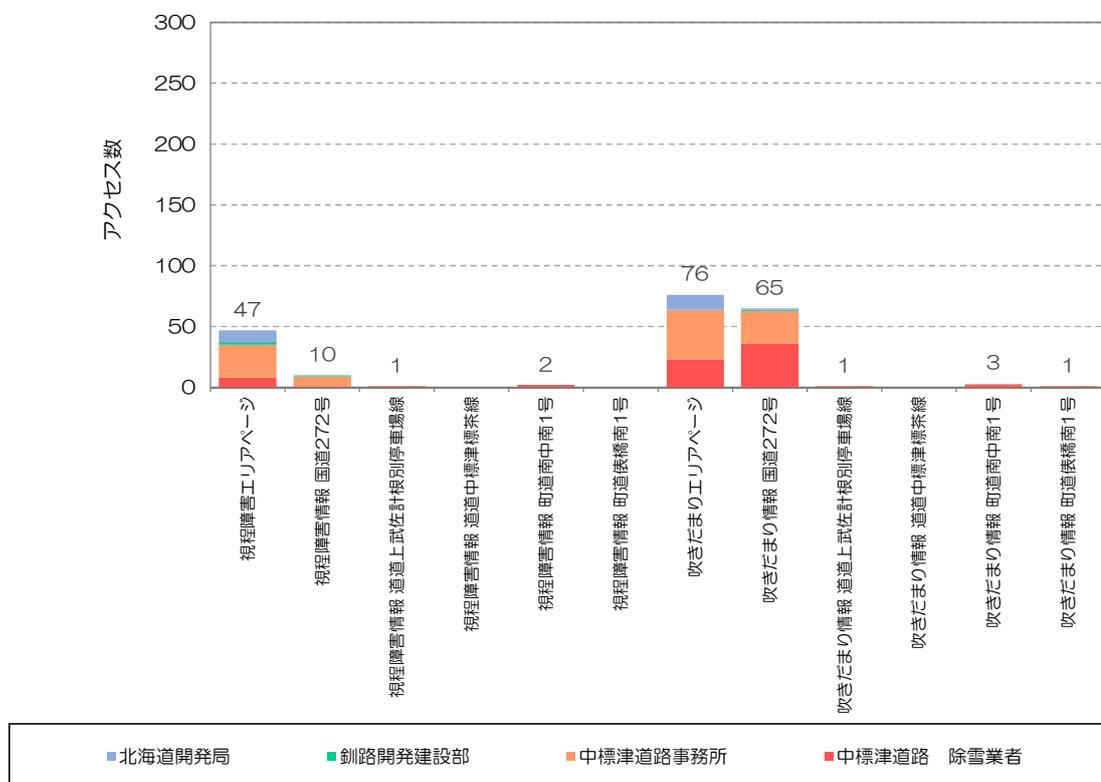


図 5-4 ページ別アクセス数(国道管理者)

②道道管理者

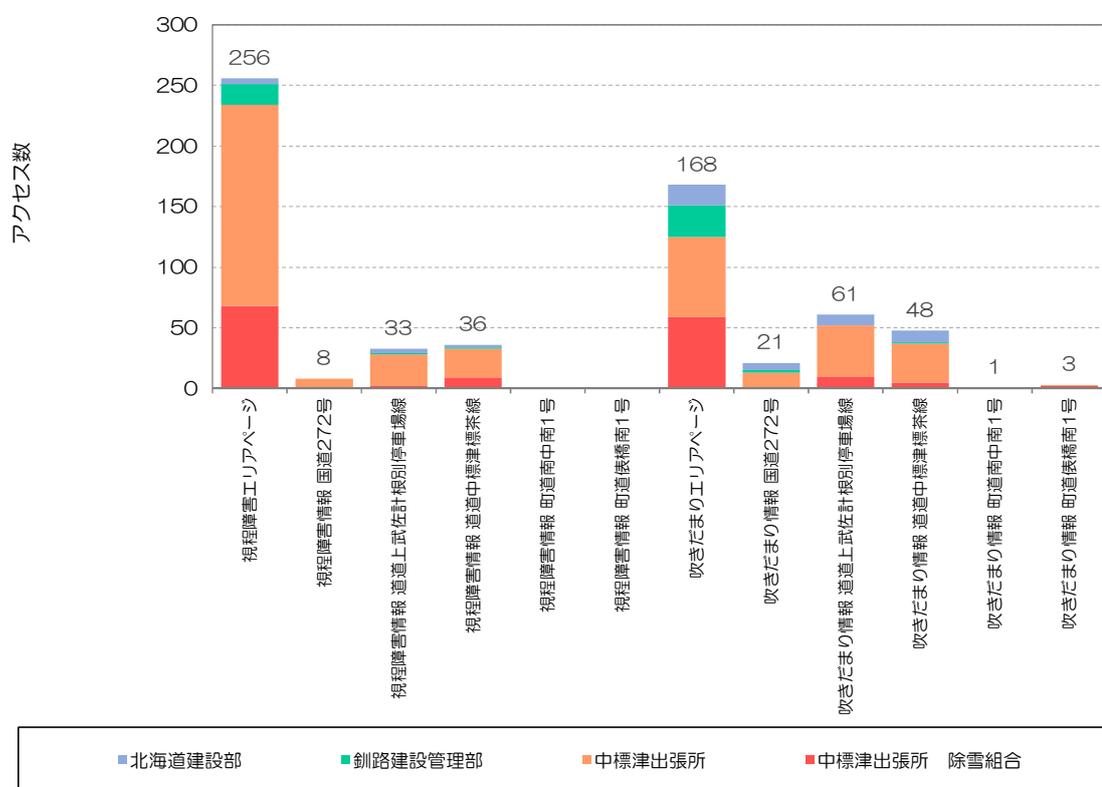


図 5-5 ページ別アクセス数(道道管理者)

③町道管理者

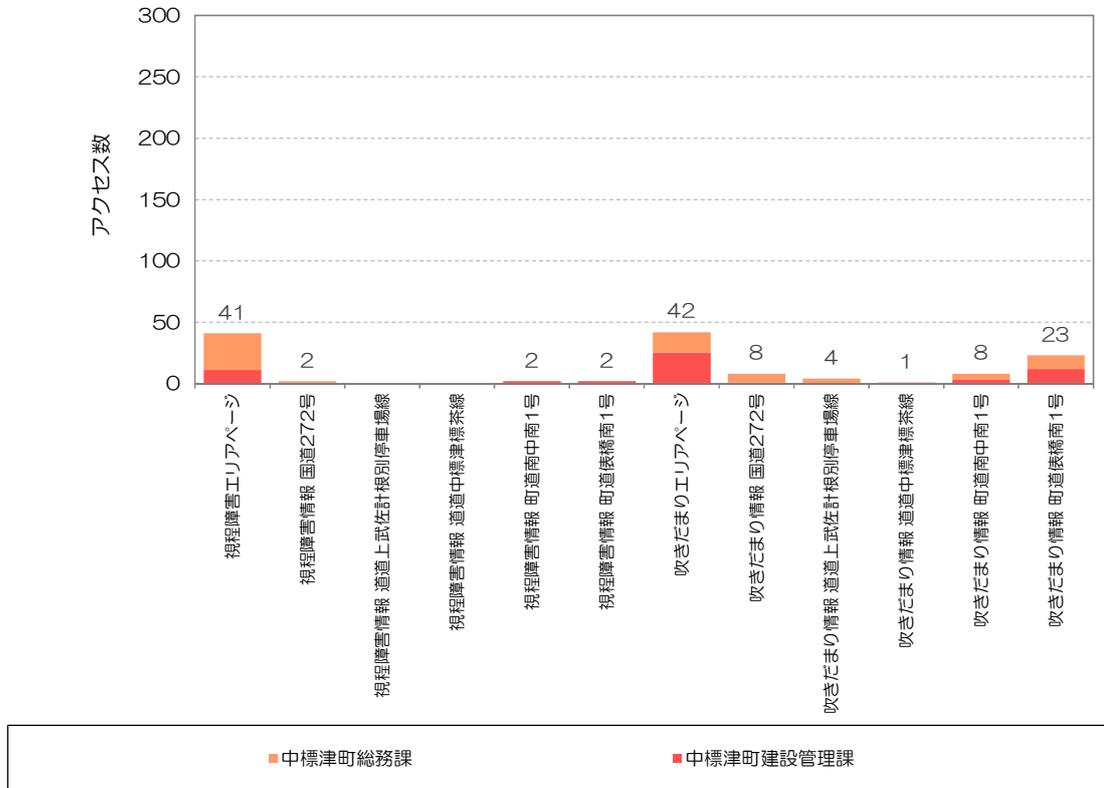


図 5-6 ページ別アクセス数(町道管理者)

6. ヒアリング調査

当該システムを利用した感想・意見について各道路管理者にヒアリング調査を行った。

平成 29 年 2 月 23 日 町道 中標津町役場ヒアリング

平成 29 年 2 月 28 日 道道 釧路建設管理部中標津出張所ヒアリング

平成 29 年 2 月 28 日 国道 釧路開発建設部中標津道路事務所ヒアリング

表 6-1 に調査結果の要約を整理する。

表 6-1 道路管理者ヒアリング結果のまとめ(1/2)

| 区分                          |            | 感想・意見   |
|-----------------------------|------------|---|
| 本年度の「視程障害・吹きだまり情報システム」の活用状況 | 吹きだまり情報    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国道・道道・町道管理者ともに除雪作業の参考として活用。</li> <li>・ 特に吹きだまり深さが大きく予測された場合は、危険区間としてパトロール等の参考として活用した。(中標津道路事務所)</li> <li>・ 除雪作業時には、車両に積んでいるノートパソコンを使用して作業の参考とした。(国道除雪業者)</li> <li>・ 予測情報の精度が高まってくると、雪見パトロールに出動する判断材料として活用できると思う。(中標津道路事務所、中標津出張所)</li> <li>・ 吹きだまり深さの予測がわかることで、除雪車オペレータの休憩・交代などの体制検討に活用できる。(道道除雪業者)</li> <li>・ 小学校の登下校時間の繰り下げ繰り上げ、臨時休校の判断材料として活用した。(中標津町役場)</li> <li>・ 町内のごみ収集車、町有バス運行の判断材料として活用した。(中標津町役場)</li> </ul> |
|                             | 吹雪・視程障害情報  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 24 時間先まで面的に視界や吹雪の状況が提供されるのは非常に有効。</li> <li>・ 吹雪の開始終了時間がわかることで、作業終了見込みが立てられ心理的負担が軽減される。(中標津町役場)</li> <li>・ カメラが設置されていないエリアについて面的に情報提供されるのは非常に有効(中標津道路事務所、中標津出張所)</li> <li>・ 警報や注意報が発表されていない状況でも 15 回ほど除雪出動を強いられている。カメラ画像や視程吹雪の情報は特に活用。(中標津町役場)</li> </ul>   |
|                             | 拡張シミュレーション | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 拡幅除雪や段切りの必要性を判断する材料として利用できると思う。防雪柵の有無が反映されるとなお良い。(国道除雪業者)</li> </ul>   |

表 6-1 道路管理者ヒアリング結果のまとめ(2/2)

| 区分     | 感想・意見  |
|--------|--|
| 要望について | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 提供路線拡充、サイト軽量化など今後の要望が寄せられた。</li> <li>・ 本年度は海沿いでの吹雪が目立った。提供路線の拡充をしてほしい。(中標津道路事務所, 道道除雪業者)</li> <li>・ 現場に出ている情報を得たいため、通信速度の遅い郊外部でも利用できるよう、サイトの軽量化に取り組んでほしい(道道除雪業者)</li> <li>・ 中標津地域は風向や風速の変化が著しく、吹きだまりの発生箇所も変化するため、風の情報を詳しく提供してほしい。(道道除雪業者)</li> <li>・ 沿道環境の変化(防風林の伐採、防雪柵の更新)に対応できることが重要。(道道除雪業者)</li> <li>・ 今後、過去の実績として吹きだまりの結果を記録蓄積できると、防雪施設計画や除雪計画など、非常に参考になると思う。(中標津出張所, 道道除雪業者)</li> </ul> |
| 今後の期待  | <p><b>【国道管理者】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後も情報が提供されれば利用を継続したい。</li> </ul> <p><b>【道道管理者】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データを蓄積していくことで、防雪対策の検討にも活用できると思う。取組は継続したほうが良い。</li> </ul> <p><b>【町道管理者】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常に役立っている。今後の具体的な活用について引き続き検証する価値がある。</li> </ul>  |

## 7. まとめ

### 7-1. 成果のポイント

平成26年度～平成28年度にかけて、これまで困難であった道路上に発生する吹きだまりの的確な予測手法について研究した。各要素技術は実道での検証を行い一定程度の適中率、適用可能性を得ることができた。

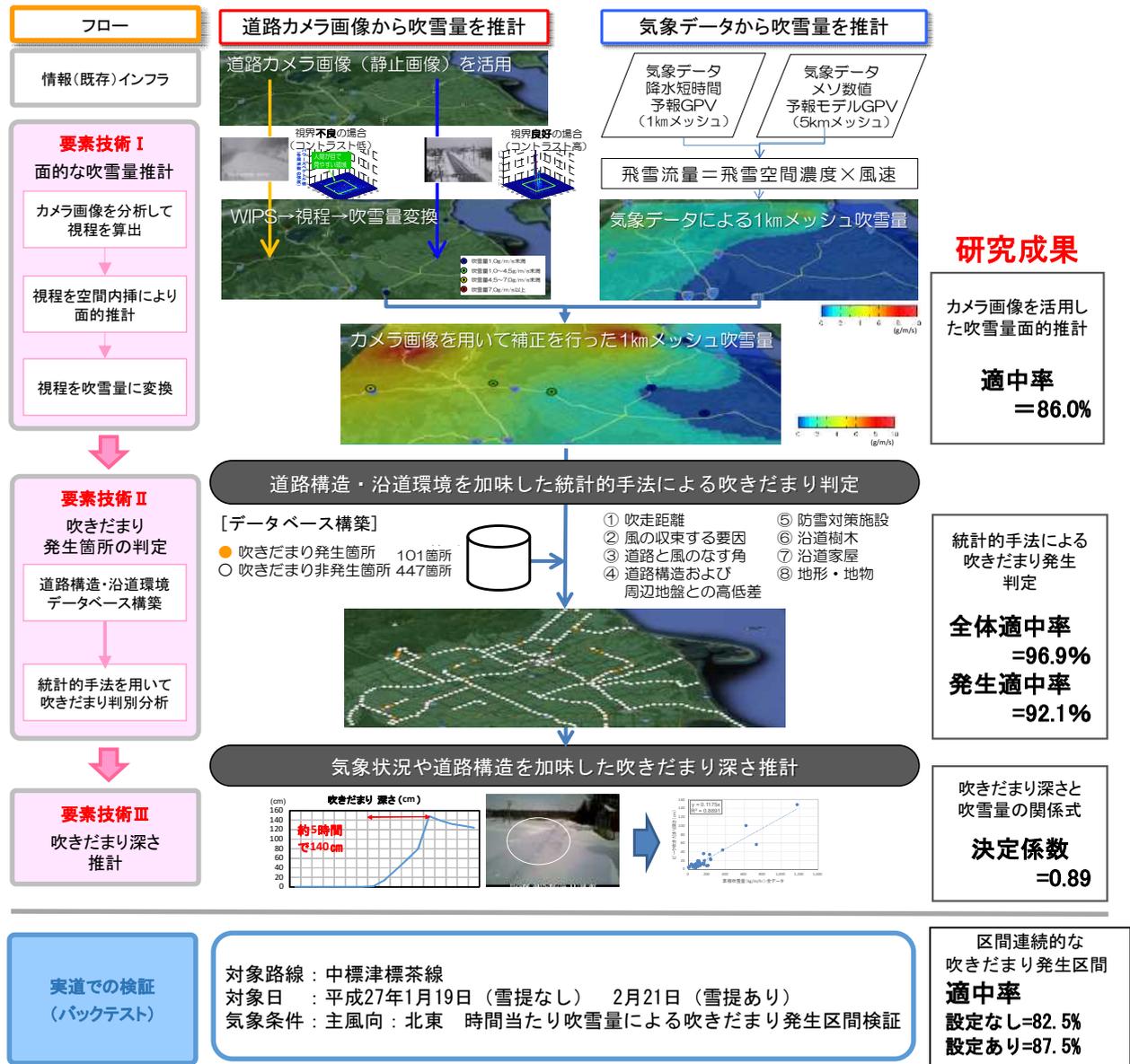


図 7-1-1 本研究開発の全体構成と成果

- 既存の社会インフラの長所を組合せて効果的に予測(新たなインフラ投資を必要としない)
  - 気象庁から配信される気象データの活用
  - 道路管理者が有するカメラ画像の活用
- 経験知の可視化(決定木分析で要因の複雑な関係性を体系整理)
  - 地域を守るノウハウを次世代に継承  
→ 除雪、先手対応、注意喚起、防雪対策に効果的

## 7-2. 産学官テーマ推進委員会における総評

本研究開発にあたっては、平成26年・27年・28年の3年間にわたり計9回の委員会を開催し、学識経験者、雪氷専門家、道路管理者から構成される委員から貴重な意見・アドバイスをいただき効果的・効率的に推進を行った。

### 《委員会開催概要》

|        |     |        |
|--------|-----|--------|
| 平成26年度 | 第1回 | 7月28日  |
| 平成26年度 | 第2回 | 11月10日 |
| 平成27年度 | 第3回 | 3月2日   |
| 平成27年度 | 第4回 | 10月7日  |
| 平成27年度 | 第5回 | 12月7日  |
| 平成28年度 | 第6回 | 3月4日   |
| 平成28年度 | 第7回 | 8月2日   |
| 平成28年度 | 第8回 | 12月7日  |
| 平成28年度 | 第9回 | 3月7日   |

表7-2-1に委員会の最終回（第9回）における各委員からの総評を整理する。

表 7-2-1 委員会の総評(第9回委員会)

| 委員                        | 総評   |
|---------------------------|--|
| 北見工業大学<br>教授 高橋委員         | <ul style="list-style-type: none"> <li>この技術の最も良いところは24 時間先などの予測ができるということである。予測をして、その情報から行動計画を立てられるというのがポイントなので、今後はそこを強化する取組みが良いのかと思う。</li> <li>24 時間先の予測があてられたというのは良いことで、その特徴を活かしながら何に活用するのかを明示することが大切である。</li> <li>予測の精度に加えて、情報提供の精度も考えていく必要がある。技術的な課題もあるが、最終的なアウトプットである吹きだまりという情報をどこまで道路管理者に理解してもらって提供をするのが重要な点である。</li> </ul> |
| 日本気象協会<br>担当部長 佐藤委員       | <ul style="list-style-type: none"> <li>気象データでは捉えきれない吹雪の発生をカメラで捉えられるというのは非常に大きなメリットだと思う。</li> <li>現状、一般的に用いられる吹雪発生判定モデルでは実際とは異なる場合もあると思う。そういった問題の解決にカメラを用いて成果を上げていることは評価ができる。</li> </ul>  |
| 日本気象協会<br>防災対策室長 松岡氏      | <ul style="list-style-type: none"> <li>国道・道道・町道の各管理者の方が、情報過多の状況にあるので、吹雪丸を見てワンストップである程度のことが把握できるというのは非常に良いと思う。特に、除雪業者の方や転勤の多い道路管理者には非常に役立つと思う。</li> </ul>   |
| 北海道開発技術センター<br>統括部長 金田委員  | <ul style="list-style-type: none"> <li>利用者にはシステムで提供可能な情報精度の限界を伝えることも重要だと思う。システムの情報の質を理解していただいた上で、「吹雪丸」の情報とこれまでの現場経験で対応という両面を説明していくことが重要と思う。</li> <li>3 ヶ年の研究開発では、実用モデルに育て上げていく為の良い材料が揃ったのではないかなと思う。</li> </ul>   |
| 株式会社シー・イー・サービス<br>理事 正岡委員 | <ul style="list-style-type: none"> <li>サイトの目的として、俯瞰的に 24 時間先の情報を伝え、体制を整えることを支援するのが目指すところかなと思う。今後はそういった点を強調するように検討をしていきたい。</li> </ul>   |
| 北海道開発局道路防災対策官 中島委員        | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術的な課題もあるが、一方では使いどころのあるシステムだと思う。道路管理の視点では、危険だという情報が提供された場合にアラートで知らせるような機能も大切だと考える。</li> </ul>   |
| 北海道大学<br>教授 萩原委員長         | <ul style="list-style-type: none"> <li>「吹雪丸」は世界でも例を見ない先進的で珍しいシステムといえる。世界の積雪寒冷地で活用の可能性があり得る。</li> <li>道路管理の実情として、コストや人手をあまりかけずに地域の安全を保持していかなくてはならない中で、こういったシステムの活躍する場はあるのではないかな。</li> </ul>   |

### 7-3. 今後の課題

これまでの3カ年の研究成果を踏まえ、今後、吹きだまり・視程障害検知に関する予測精度の向上および高度化させていくための課題を整理すると以下のとおりにまとめられる。

- 1) 予測モデルの信頼性向上
  - カメラ画像異常時（着雪、画角変更、反射光 等）への対応
  - 吹きだまりに大きな影響をおよぼす“除雪による雪堤”の把握方法
  - 精度の高いLFM（2kmメッシュ）の風向・風速の活用 等
- 2) 他地域展開の可能性検討
  - 中標津地域で構築した予測モデルを他地域で検証
  - 地域に合わせたチューニングやカスタマイズの必要性の検討 等
- 3) 「吹雪丸」の機能改良
  - 提供路線の拡充
  - サイトの軽量化
  - 風に関する情報の詳細化

<引用文献>

- 1) 道路監視用 CCTV カメラの画像を利用した視認性情報システムの実用可能性についての研究, 機関誌「交通工学」, Vol. 44, No. 3, pp. 89-99 (2009) (永田泰浩, 萩原亨, 金田安弘, 荒木啓司, 佐々木博一)
- 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—運営費交付金 (平 23~平 27) (寒地道路研究グループ: 松澤勝, 國分徹哉, 武知洋太, 原田裕介, 大宮哲)

## (9) 成果の刊行に関する一覧表

| 刊行書籍 又は 雑誌名 (巻号数、論文名)   | 刊行年月日        | 刊行・発行元  | 原著者  |
|---|--------------|---|------|
| 寒地技術論文・報告集<br>(Vol.31 道路カメラ画像を活用した吹雪量推計および道路構造・沿道環境を考慮した吹きだまり推計技術の開発)   | 平成 27 年 11 月 | 第 31 回寒地技術シンポジウム  | 正岡久明 |
| 寒地技術論文・報告集<br>(Vol.31 CCTV カメラの画像を活用した吹雪量推定の可能性について)  | 平成 27 年 11 月 | 第 31 回寒地技術シンポジウム  | 永田泰浩 |
| 寒地技術論文・報告集<br>(Vol.31 道路構造および沿道環境が吹きだまりの発生に与える影響について)   | 平成 27 年 11 月 | 第 31 回寒地技術シンポジウム  | 星野洋  |
| 寒地技術論文・報告集<br>(Vol.31 吹きだまり推計技術の高度化に向けた基礎調査)  | 平成 27 年 11 月 | 第 31 回寒地技術シンポジウム  | 間山大輔 |
| 第 52 回土木計画学研究発表会<br>(暴風雪時の住民の意識と行動の変容に関する実証的研究)   | 平成 27 年 11 月 | 土木学会  | 萩原亨  |
| Presented at 75th Annual meeting of Transportation Research Board<br>(Paper No. 16-3287 Development of Snow Transport Estimating Models Based on Road Images) | 平成 28 年 1 月  | Presented at 75th Annual meeting of Transportation Research Board | 萩原亨  |
| 北海道地区自然災害科学資料センター報告<br>(暴風雪時の地域リスクマネジメントに関する実証的研究)  | 平成 28 年 1 月  | 北海道地区自然災害科学資料センター報告   | 萩原亨  |
| 土木学会北海道支部論文集<br>(暴風雪時の情報収集に着目した住民の防災意識と行動に関する研究)  | 平成 28 年 1 月  | 土木学会北海道支部   | 萩原亨  |
| CCTV カメラの画像を用いた飛雪状況の評価の可能性について  | 平成 28 年 9 月  | 雪氷研究大会 (2016・名古屋)   | 永田泰浩 |
| 寒地技術論文・報告集<br>(Vol.32 道路カメラ画像および GPV 気象予報にもとづく道路構造・沿道環境を加味した吹きだまり深さ予測技術の開発)   | 平成 28 年 11 月 | 第 32 回寒地技術シンポジウム  | 星野洋  |
| 第 14 回 ITS シンポジウム 2016<br>(道路カメラ画像および GPV 気象予報にもとづく道路構造・沿道環境を加味した吹きだまり深さ予測技術の開発)  | 平成 28 年 11 月 | ITS Japan   | 間山大輔 |

| 刊行書籍 又は 雑誌名 (巻号数、論文名)  | 刊行年月日        | 刊行・発行元  | 原著者  |
|--|--------------|---|------|
| 暴風雪時の外出判に影響を与える要因に関する研究  | 平成 28 年 11 月 | 第 54 回土木計画学研究発表会  | 川崎雅和 |
| Presented at 76th Annual meeting of Transportation Research Board (A Simple Snow Transport Estimation Method Based on Closed-Circuit Television Road Images) | 平成 29 年 1 月  | Presented at 76th Annual meeting of Transportation Research Board | 永田泰浩 |
| ふゆトピア・フェア in 函館 (カメラ画像を活用した吹きだまり検知に関する技術開発について)  | 平成 29 年 2 月  | ふゆトピアシンポジウム事務局  | 間山大輔 |

(10) 成果による知的財産権の出願・取得状況

| 知的財産権の内容                              | 知的財産権の種類・番号    | 出願年月日    | 取得年月日 | 権利者   |
|---------------------------------------|----------------|----------|-------|---|
| 吹きだまり予測モデルの構築方法、吹きだまり予測方法および吹きだまり予測装置 | 特願 2015-182139 | H27.9.15 | (出願中) | 正岡 久明<br>星野 洋<br>間山 大輔<br>荻原 亨<br>金田 安弘<br>越後 謙二<br>永田 泰浩 |

(11) 成果の実用化<sup>\*</sup>の見通し ※論文発表や現場試行ではなく実業務での社会実装

3 ヶ年の本研究開発にて構築した技術を活用し、視程障害および吹きだまり深さを情報提供するシステムを構築した。構築したシステムでの試行運用として、冬期間(平成 28 年 12 月～平成 29 年 3 月)、北海道東中標津地域の国道・道道・町道管理者、および除雪業者に対して情報提供を行った。その結果、一定の適中率を確認するとともに、今後の冬期道路管理への活用に向けた評価を得ることができた。試行運用結果を踏まえ、課題解決を実施したうえで、平成 29 年度、平成 30 年度の再評価期間を経たうえで、平成 31 年度以降の社会実装を予定している。