# 7.4　吹雪視程障害に関する研究

研究予算：運営費交付金
研究期間：平 18～平 22
担当チーム：雪氷チーム
研究担当者：松澤勝、中村浩、川中敏朗、武知洋太

【要旨】
冬期道路における吹雪視程障害対策をより効果的かつ効率的に進めていくには、道路利用者の視点により近い視程の計測方法や視程障害度の評価方法を提案し、冬期道路の走りやすさに影響を及ぼす走行環境情報を提供していくことが必要である。
そこで本研究では、視程計で計測された吹雪時の視程に加え視線誘導施設などドライバーの目標物となる施設の有無にも考慮した道路利用者が吹雪時に感じている視程障害度（視認距離及び運転意志）の評価手法について検討し提案を行った。また、リアルタイムに変化する吹雪時の視界状況など冬期の走行環境情報を提供する冬期道路の走行環境情報提供システムを構築し、情報の試験公開により効果の検証を行った。
キーワード：吹雪、視程、視程障害、視線誘導施設、冬期走行環境、道路情報

## 1.　はじめに

北海道内の国道においては、吹雪による視程障害が原因で通行止め、多重衝突事故が発生するなど、吹雪を起因にした冬期交通障害が多く発生している。このため、冬期道路においては吹雪時の視程障害状況を参考に道路防雪林、防雪柵などの整備、通行規制、情報提供が吹雪視程障害対策とし道路管理者によって取り組まれている。

世界気象機構（WMO）によると、気象学上の視程の定義は、昼間においては空を背景とした黒ずんだ目標を肉眼で認めることのできる最大距離であり、夜間においては昼間と同じ明るさにしたと仮定した場合に、目標を認めることの出来る最大距離と定義されている。近年では、観測者の主観が入るなどの問題や連続的な観測ができないなどの課題から、大気の透過率や反射率から求めた気象光学的距離(MOR) [1)] が把握されており、道路においてもこの値を視程として観測が行われている。

このように現在、道路交通管理で用いられてきている「視程」は気象学上で定義されたものが利用されている。しかし、道路に用いられる気象学上の視程は道路利用とは異なる観点で定義されたものである。このため、現状では道路交通管理のための視程とその計測法の定義が十分に確立されていない。

そこで、本研究では道路交通に於ける視程の評価方法を新たに定義し、総合的かつ定量的に視程障害の厳しさを把握する“吹雪視程障害度”の指標化を行い、より効果的かつ効率的な吹雪視程障害対策による冬期道路管理の実現を図る。

また、冬期道路でのより安全な運転走行を道路利用者へ促していくには、リアルタイムに変化する冬期道路の視界や路面状況を考慮した冬期道路の走行環境情報を提供することが有効と考えられる。

本研究では、道路に適した吹雪時の視程を把握するための計測手法や道路利用者が感じている道路上の視認性や運転意志を指標とした吹雪時の視程障害度の評価手法について検討し提案を行った。さらに、吹雪視程障害時における道路利用者への安全支援方策とし、リアルタイムな吹雪時における視界情報や冬期道路の経路別での走行環境情報提供を行うためのシステムを構築し、道路利用者への情報提供を試験的に開始し効果の検証を行った。

## 2.　道路交通における吹雪視程計測手法の提案

ここでは、気象学上定義される視程や視線誘導施設の視認性と気象状況との関係、道路上と道路の風上近傍で吹雪時に計測される気象データの差異などについて調査を行い、道路交通における吹雪視程の計測方法について検討した。

### 2.1.　吹雪時の視程と気象状況の関係に関する調査

#### 2.1.1.　調査概要

気象学上定義される視程や視線誘導施設の視認性の調査は、5～10 名の被験者を集め石狩吹雪実験場（北海道

石狩市美登位）の屋外において、吹雪の発生した 2008 年 2 月 13 日,28 日及び 2009 年 2 月 15 日,17 日,21 日,3 月 11 日及び 2010 年 2 月 6 日,7 日,20 日及び 2011 年 1 月 17 日の日中,薄暮,夜間の時間帯に行った。参加した被験者の年度別の属性は表 1 に示す通りである。

表 1 被験者の属性

| 性別 | 年度 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| 男 | 13 | 21 | 11 | 10 |
| 女 | 7 | 20 | 0 | 0 |
| 計 | 20 | 41 | 11 | 10 |

| 年代 | 年度 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| 20代 | 5 | 8 | 11 | 1 |
| 30代 | 9 | 24 | 0 | 3 |
| 40代 | 3 | 3 | 0 | 1 |
| 50代 | 3 | 2 | 0 | 1 |
| 60代以上 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 計 | 20 | 41 | 11 | 10 |

なお、気象学上定義される視程評価には、気象学上定義されている視程の目標物[1]に該当する視角 0.5° 以上 5° 以下の黒色の視程板（図 1）を用いた。なお、視程板の設置高は地上からの中心高を概ね 2.0～2.5m とした。

また視線誘導施設の視認性評価には、北海道の道路で主に用いられる非発光式及び自発光式の固定式視線誘導柱（以下矢羽根とする）と伸縮式デリニェータ（以下スノーポールとする）（図 2）を用いた。

図 1 視程板の設置状況

【スノーポール】

【固定式視線誘導柱(矢羽根)】

図 2 視線誘導施設の設置状況

### 2.1.2. 気象学上定義される視程の調査方法

調査では、観測小屋より前方 10-255m に設置した視程板 9 枚を被験者 5 人 1 組に 10 秒間視認させ、視認できた枚数から算出した 5 人の視認距離を平均した値（以下、Vb（視程板視認距離）とする）を調査毎に把握した。なお、調査は各組数十回行った。

視認距離の評価では、視程板が最大 1 枚以上見えないと評価された場合のみ視認距離を評価した。

### 2.1.3. 視線誘導施設の視認性の調査方法

調査では、被験者に試験道路の直線区間の起点に配置した観測車両又は観測小屋の中より、270m 先までに配置した各視線誘導施設 1 本毎の吹雪時における視認性についてアンケート調査を各被験者に対し十数回行った。なお、アンケート調査では視認性を「見える」「見えない」の 2 段階で評価した。

視線誘導施設の実際の視認距離は、被験者に「見える」と評価された最も遠方の施設までの距離より長く、「見えない」と評価された施設までの距離より短い。そこで、「見える」と評価された最も遠方の施設と「見えない」と評価された施設の中間地点までの距離を視線誘導施設の視認距離（以下、視線誘導施設視認距離（Vd））と定義し、機械視程計測値（Vm）との比較を行った。

### 2.1.4. 調査時における気象状況の把握

実験時には、視程板及び視線誘導施設が設置された箇所の風上近傍の表 2 に示す高さで、透過型視程計(明星電気(株)製 TZE-2T)、飛雪流量測定装置（新潟電機（株）製 SPC)を用い、視程(m)（以下、機械視程計測値(Vm)）、単位時間当たりに単位空間を通過する飛雪粒子の質量である飛雪流量(g/m²/s)を計測した。なお、機械視程計測値、飛雪流量のサンプリング間隔は 1 秒とした。さらに、SPC で観測した雪粒子の粒径分布から任意の単位断面積を単位時間に通過する雪粒子の投影面積を累計した投影面積フラックスを算出した。

また、併せて積雪深計(ノースワン(株)製 KADEC21-YUKI)を用い計測機器周辺の積雪深を計測した。

表 2 計測機器の設置高さ

| 年度 | 計測項目 | 計測高さ(m) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1.5 | 2.1 | 3.0 |
| 2007 | 機械視程計測値 | － | ○ | ○ |
| | 飛雪流量 | － | ○ | ○ |
| 2008 | 機械視程計測値 | ○ | ○※ | ○ |
| | 飛雪流量 | ○ | ○ | ○ |
| 2009 | 機械視程計測値 | － | ○ | － |
| | 飛雪流量 | － | － | － |
| 2010 | 機械視程計測値 | － | ○ | － |
| | 飛雪流量 | － | － | － |

※計測値に異常値有り

### 2.1.5. 気象学上定義される視程と気象データの比較

図 3 は、日中の視程板の視認距離 Vb と視程計で計測された機械視程計測値 Vm との関係を示したものである。な

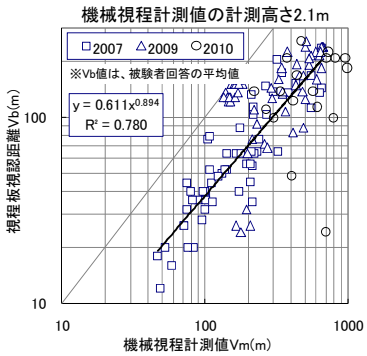



図 3 機械視程計測値と視程板視認距離(日中)

お、2008 年度については機械視程計測値に異常値が見られたため集計対象から除外した。また近似曲線は、2009, 2010 年度の調査結果はバラツキが大きかったことから、2007 年度の調査結果を基に回帰した。

図 3 より、Vb は Vm と相関性が高く、Vm より短い傾向が見られた。その関係は式(1)に示す通りである。

$$Vb = 0.611\ Vm^{0.894} \quad \cdots\cdots(1)$$

Vb [m] : 視程板視認距離
Vm [m] : 機械視程計測値

また本研究では、Vb は飛雪流量や飛雪粒子の投影面積フラックスとも相関性が Vm と同様に非常に高い[2]ことを明らかとした。

### 2.1.6.　吹雪時における視線誘導施設の視認距離

図 4 は、日中における各視線誘導施設の視認距離 Vd と試験道路上及び風上近傍の機械視程計測値 Vm との関係を調査年度毎に評価した結果である。また、併せて図 3 で得られた視程板視認距離 Vb と Vm の関係を図 4 に記載した。

図 4 より、矢羽根の Vd は非発光・自発光式の違いによって差はあまり見られず、スノーポールの Vd に比べ長い傾向が見られた。また、矢羽根の Vd は Vm より短く Vb より長い傾向が見られ、スノーポールについては Vb と同程度かそれより短い傾向が見られた。

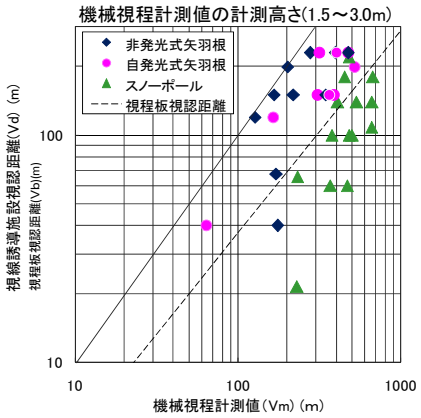



図 4 機械視程計測値と視線誘導施設の視認距離(日中)

## 2.2.　吹雪時の気象データの計測位置に関する調査

### 2.2.1.　調査方法

吹雪時における道路上の視程を評価する上で必要となる気象データの適切な計測位置を明らかにするため、石狩吹雪実験場の試験道路(片側 1 車線)及び試験道路の風上側近傍で視程と飛雪流量の計測を 1 秒間隔で 2008～2010 年度の冬期期間に行った。なお、試験道路は定期的に除雪を行い、計測はなるべく試験道路上が除雪された状態で行った。

また、観測中は試験道路の風上側路側の雪堤、風上側の計測機器周辺にスノーポールを立て静止画を撮影することで積雪深を把握した。

試験道路での計測位置は、図 5 に示した通りドライバーの目線に最も近いと考えられる中央分離帯の地上高 1.2, 2.4m とした。また、試験道路の風上近傍での計測位置は、計測位置と高さの違いによる試験道路での視程及び飛雪流量との差異を把握するため、試験道路の計測位置から風上側へ30m程離れた地上高1.5, 2.1, 2.4m とした(図 5)。ただし、地上高 2.1m では視程のみ計測を行った。

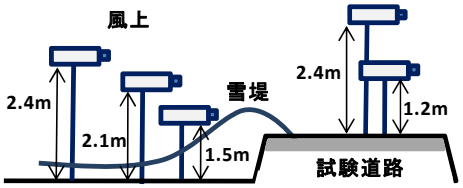



図 5 観測機器設置位置の概要(2010 年度)

なお、視程及び飛雪流量の計測には透過型視程計（明星電気(株)製 TZE-2T)、飛雪粒子測定装置（新潟電機（株) SPC-S4）を用いた。また、静止画像の撮影には静止画カメラ(ノースワン(株)製 KADEC-EYE Ⅱ)を用いた。

### 2.2.2.　調査結果

計測位置の違いによる吹雪時の気象データの差異については、積雪や雪堤の高さの違いによって結果が異なることが想定される。そこで、積雪深や雪堤高さの影響にも考慮するため積雪深や雪堤が比較的小さい状況と大きい状況で厳しい吹雪が発生した 2011 年 1 月 7 日 15-16 時、1 月 17 日 12-13 時の期間に観測されたデータを分析の対象とした。

分析では、対象期間で視程障害が厳しかった 10 分間の機械視程計測値(Vm)及び飛雪流量の計測データを抽出し、Vm 及び飛雪流量から推定される視程(以下、推定視程とする)の平均値、最低値を計測位置別に集計し、計測データの差異を比較した。なお推定視程は、既往研究で明らかとされている飛雪流量と視程の関係[2]より推定した。

図 6 は、横軸に計測された機械視程計測値及び推定視程、縦軸に計測高さを取り計測位置別に計測値の平均値及び最小値を示したものである。

図 6 より、雪堤や積雪深がそれぞれ 80 cm及び 96 cmと大きい場合には雪堤や積雪深がそれぞれ 40 cm及び 34 cm と小さい場合と比較すると、試験道路の中央分離帯の地上高 1.2m で計測した Vm の平均値や最小値は試験道路の中央分離帯及び風上近傍の地上高 2.4m で計測した Vm と大きく異なる傾向が見られる。この原因には、飛雪空間

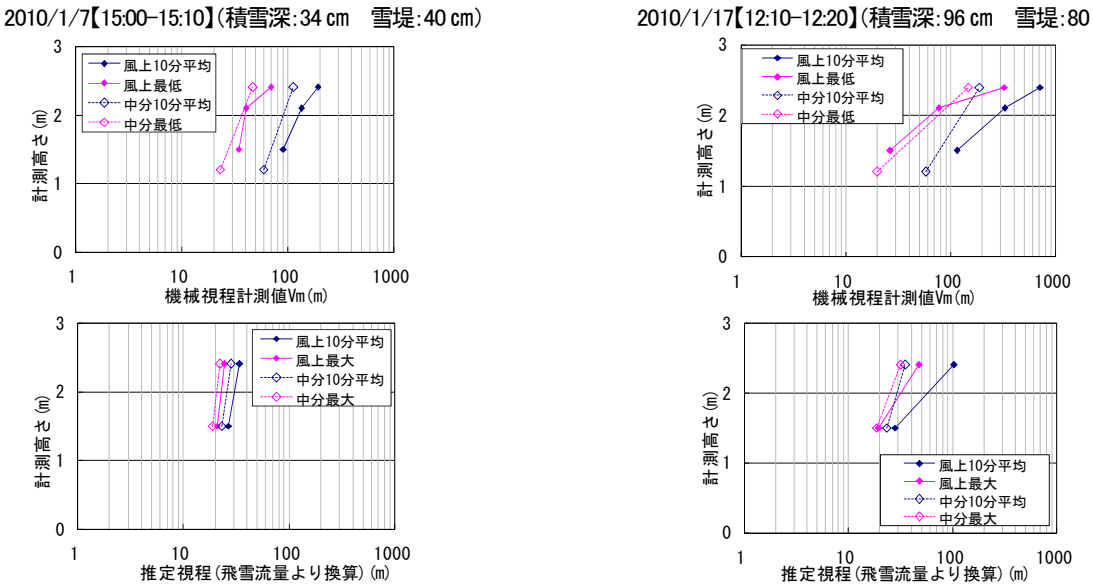



図 6 機械視程計測値及び飛雪流量から推定した推定視程の計測位置による違い

濃度は高さが低いほど指数関数的に大きくなることが考えられる。一方、試験道路の中央分離帯の地上高 1.2m で計測された Vm は風上近傍の地上高 1.5m の高さで計測された Vm と概ね一致した。

またこれらの傾向は、推定視程の平均値、最低値においても同様であった(図 6)。

## 2.3.　道路交通における吹雪視程計測手法

現在、道路の視程障害の監視には、一般に視程計が用いられているが、国内では視程計の具体的な設置方法については定められていない。米国連邦道路庁(FHWA)の示した基準[4]について見てみると、視程計は道路端から約 10～15mに設置した気象観測塔の高さ約 2～3mに設置することが示されている。しかし、霧と異なり吹雪の場合、高さや場所によって視程は大きく異なり、吹雪時の視程障害を把握するための設置方法、計測方法が必要である。

そこで本研究では前述の結果を基に、より道路に適した吹雪時における視程の計測方法について検討し、表 3 の通り吹雪時の視程計測手法とその留意事項を整理した。

2.1.2 項において、吹雪時に評価した被験者の視程板の視認距離は視程計測値、飛雪流量及び雪粒子の投影面積フラックスとの相関が高く、各々の要素間の相関係数に大きな違いが無かった。

このことから、道路利用者の感じる吹雪時の視程評価に必要な計測項目については機械視程計測値、飛雪流量、雪粒子の投影面積フラックスのいずれかが必要と考えられる。また、機械視程計測値については、人間が感じる気象学上の視程や視線誘導施設の視認距離より短い傾向があることから別途式(1)による補正などが必要と考えられる。

さらに計測位置については、2.2.2 項の計測結果を踏まえると、道路上の視程を計測するには、道路の風上近傍、地上高 1.5m で計測することが妥当と考えられる。なお、計測箇所の積雪深が 1.5m 以上に達する場合には計測機器が埋もれてしまう恐れがあるため、積雪面上 0.5m

表 3 吹雪時の視程計測手法とその留意事項

| | | 吹雪時の視程計測手法 | 留意点等 |
|---|---|---|---|
| 計測方法 | 計測項目 | 機械視程計測値(光学式視程計)<br>又は<br>飛雪流量、飛雪粒子の投影面積フラックス(SPC) | 機械視程計測値については気象学上定義される視程や視線誘導施設の視認できる距離より長く評価される傾向があるため、本研究の成果を基に視程計測値を用いる場合は計測値を補正することが望ましい。 |
| | 計測高さ | 地上高1.5m<br>又は<br>最大積雪深+0.5m程度<br>※どちらか高い方とする | 路側の雪堤や積雪深が大きい場合には、ドライバー目線の高さでは飛雪空間濃度が非常に濃くなり、計測高さの違いによる計測値の差異が大きくなる。<br>このため、計測高さはドライバー目線の高さに近い位置が望ましい。<br>路外では積雪面から計測位置までの高さ、路側の雪堤高とドライバー目線の高さとの差になるべく一致していることが望ましい。<br>ただし、計器が積雪に埋没しないよう設置高は最大積雪深より高くする。 |
| | 計測位置 | 可能な限り道路近傍 | 風上に障害物の存在しない最も吹雪の発生しやすい区間が望ましい |
| | 計測値の処理 | 計測値の平均処理:10分以下 | 道路利用者への情報提供の観点からは、平均視程値に併せて統計期間内の視界不良の頻度の情報ニーズが高い。<br>視程変動の考慮:視程不良の頻度(例えば200m以下の割合など) |

程度以上を確保することが良いと考えられる。

ただし、各計測日の試験道路風上側の積雪深と道路雪堤は概ね一致していたため、路側雪堤が風上側の積雪深と大きく異なる場合には傾向が異なる可能性がある。

## 3.　吹雪視程障害度の指標の提案

ここでは、吹雪時における視程障害度の評価方法を確立するため、吹雪時の道路映像を用い視程障害度評価に関する屋内被験者実験を行い、吹雪視程障害度の指標やその評価方法について検討した。

### 3.1.　吹雪時における冬期道路の視程障害度評価調査

調査は、寒地土木研究所内の講堂に 2007～2010 年度(平成 19～22 年度)の各年度に表 4 に示した被験者を集め、日中の吹雪時に撮影した走行中の道路映像を各被験者に見せ行った。

表 4 被験者の属性

| 性別 | 2007 | 2008 | 2009 | | | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | グループ1 | グループ2 | グループ3 | |
| 男 | 55 | 50 | 17 | 16 | 10 | 30 |
| 女 | 52 | 50 | 20 | 22 | 29 | 17 |
| 計 | 107 | 100 | 37 | 38 | 39 | 47 |

| 年代 | 2007 | 2008 | 2009 | | | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | グループ1 | グループ2 | グループ3 | |
| 20代 | 17 | 25 | 4 | 8 | 16 | 12 |
| 30代 | 44 | 38 | 20 | 16 | 8 | 9 |
| 40代 | 25 | 17 | 5 | 8 | 7 | 16 |
| 50代 | 11 | 11 | 2 | 2 | 3 | 8 |
| 60代以上 | 10 | 9 | 6 | 4 | 5 | 2 |
| 計 | 107 | 100 | 37 | 38 | 39 | 47 |

| 視力 | 2007 | 2008 | 2009 | | | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | グループ1 | グループ2 | グループ3 | |
| 0.7未満 | 未計測 | 未計測 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.7以上1.0未満 | | | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1.0以上1.5未満 | | | 9 | 8 | 12 | 20 |
| 1.5以上 | | | 17 | 18 | 14 | 13 |
| 計 | 107 | 100 | 37 | 38 | 39 | 47 |

調査では、ドライバーが吹雪時の運転中に感じている吹雪視程障害度を評価するため、各道路映像を見せた後に各道路映像について「視認距離」「運転意志」について図 7 に示す内容のアンケートを行った。ただし、「運転意志」については 2009～2010 年度にのみ調査を実施した。

なお、被験者の道路映像を見る位置は、運転時と映像の視角が概ね同等となるようスクリーン(2.10×3.05m)から概ね 3.5m 手前とし、1 回の調査では 10 名前後の被験者を対象とした（図 8)。

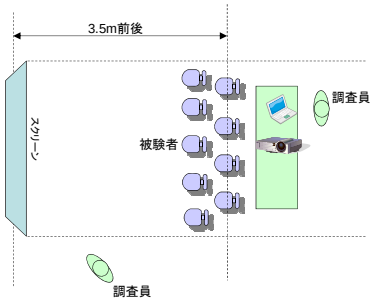
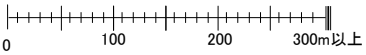



図 8 調査方法

問1. 視認距離




問2. 運転意志

| 選択肢 | 道路映像から想定される運転行動 |
|---|---|
| 5 | 視界が比較的良いため、通常の走行を継続 |
| 4 | 視界が悪いため、ゆっくりと走行を継続 |
| 3 | かろうじて走行可能だが、コンビニやGSなどの駐車スペースがあれば停車 |
| 2 | 運転が困難で本当は停止したいが、やむを得ず走行 |
| 1 | 運転することができず、停止 |

図 7 視認距離及び運転意志の設問内容

また、視的目標物になり得ると考えられる視線誘導施設（自発光式・非発光式固定式視線誘導柱、非発光式視線誘導標)、防雪対策施設（吹き止め柵・吹き払い柵)、連続した林帯､防護柵など連続した沿道施設､沿道家屋、電柱の有無などの沿道施設の有無がドライバーの感じる視程障害度に与えている影響についても評価が行えるよう、調査ではこれらの条件が異なる吹雪時の道路映像を用いた。調査に用いた道路映像は計 172 ケースとし、各道路映像の時間は全て 10 秒間とした。各年度に用いた道路映像数は表 5 に示す通りである。

表 5 調査に用いた年度別の道路映像数

| | 調査年度 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2007 | 2008 | 2009 | | | 2010 |
| | | | グループ1 | グループ2 | グループ3 | |
| 日中の道路映像数 | 17 | 15 | 32 | 30 | 32 | 46 |
| 計 | 172 | | | | | |

なお、調査に用いた道路映像はビデオカメラ、前方散乱型視程計(明星電気(株)製 TZF-4)を搭載した視程障害移動観測車（図 9）を用いて、吹雪の発生した冬期間に北海道石狩市近郊の道路で計測しており、撮影時には併せて視程（以下、機械視程計測値(Vm)）を取得した。

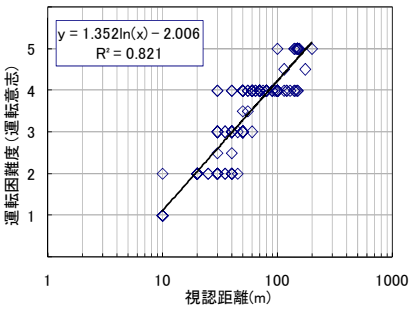
### 3.2.　吹雪視程障害度に関する評価指標の取りまとめ

吹雪視程障害時に、その障害の度合いを評価する軸・項目を考えると、客観性の高い評価指標として吹雪現象に伴って直接影響を受け変化する要素で、視程との相関が高いとされる光の透過率等から推定した気象光学距離(MOR)[1) 2) 5) 6)] や飛雪粒子の単位時間当たりに単位断面積を通過する量である飛雪流量（g/m²/s）から推定した推定視程[2) 3)] があげられる。

図 9 視程障害移動気象観測車

しかし、この指標では道路上に設置された吹雪対策施設など視的目標物となる沿道施設の効果が考慮されないため、道路の視程障害度や運転上の危険度を評価することは難しい。このため、本研究では3.1節で評価した吹雪時の運転意志（図 7）から想定される運転困難度を吹雪視程障害度の指標として提案し評価手法を検討した。

図 10 は、各道路映像を見て被験者が評価した視認距離と運転意志のそれぞれ中央値を集計し、関係を示したものである。図 10 より、道路の視認距離が短いほど運転意志が低くなり、運転困難度の評価は高い傾向が見られた。また、その相関係数（R=0.906）も高い結果が得られた。




| 運転困難度（運転意志） | |
|---|---|
| 5 | 視界が比較的良いため、通常の走行を継続 |
| 4 | 視界が悪いため、ゆっくりと走行を継続 |
| 3 | かろうじて走行可能だが、コンビニやGSなどの駐車スペースがあれば停車 |
| 2 | 運転が困難で本当は停止したいが、やむを得ず走行 |
| 1 | 運転することができず、停止 |

**図 10 視認距離と運転困難度（運転意志）**

このことから、道路利用者が吹雪時に感じている道路上の視認距離を推定することによって、運転意志を基にした吹雪視程障害度を評価することが可能と考えられる。

そこで、被験者が吹雪時の道路映像から評価した道路上の視認距離を目的変数、機械視程計測値、視程変動強度[7]、降雪の有無や視線誘導施設、吹雪対策施設、電柱、沿道家屋の有無といった気象条件や沿道施設条件を説明

| 目的変数 | 説明変数 | カテゴリー数 |
|---|---|---|
| 視認距離 | 機械視程計測値Vm(m) | 4 |
| | 視程変動強度 | 3 |
| | 降雪 | 2 |
| | 固定式視線誘導柱 | 2 |
| | 防雪対策施設等 | 2 |
| | 電柱 | 2 |
| | 家屋 | 2 |

重相関係数＝0.7411
決定係数(重相関係数の2乗)＝0.5492

| アイテム | カテゴリー | カテゴリースコア | 偏相関係数 |
|---|---|---|---|
| 機械視程計測値Vm(m) | 1 | −33.5504 | 0.6521 |
| | 2 | −17.3166 | |
| | 3 | 16.9696 | |
| | 4 | 40.1106 | |
| 視程変動強度 | 1 | 1.7069 | 0.0604 |
| | 2 | −1.8146 | |
| | 3 | −1.8766 | |
| 降雪 | 1 | −3.9284 | 0.3139 |
| | 2 | 24.2249 | |
| 固定式視線誘導柱 | 1 | 6.8296 | 0.2031 |
| | 2 | −6.3692 | |
| 防雪対策施設等（防雪柵・林帯・防護柵） | 1 | 12.1277 | 0.2837 |
| | 2 | −8.5254 | |
| 電柱 | 1 | 8.9204 | 0.2623 |
| | 2 | −9.1303 | |
| 家屋 | 1 | 13.0103 | 0.2826 |
| | 2 | −7.7098 | |
| 定数項 | | 72.8779 | |

**図 11 数量化Ⅰ類による多変量解析の結果**

| 項目 | 評価基準 | 評点 | |
|---|---|---|---|
| a.視程計測値（対象期間の平均値） | ～50m | −34 | |
| | 50～100m | −17 | |
| | 100～ | 17 | |
| | 200m～ | 40 | |
| b.視程変動強度 | ～50% | 2 | |
| | 50～ | −2 | |
| c.降雪 | 有 | −4 | |
| | 無 | 24 | |
| d.固定式視線誘導柱 | 有 | 7 | |
| | 無 | −6 | |
| e.吹雪対策施設等（防雪柵・防護柵） | 有 | 12 | |
| | 無 | −9 | |
| f.電柱 | 有 | 9 | |
| | 無 | −9 | |
| g.家屋 | 有 | 13 | |
| | 無 | −8 | |
| h.合計(=a+b+c+d+e+f+g) | | | |
| i.視認距離(=h+73) | | m | |

| 障害度ランク | 視認距離 | 判定 |
|---|---|---|
| ランクA | ～15m | 運転は極めて困難 |
| ランクB | 15～30m | 運転は困難で危険性が非常に高い |
| ランクC | 30～60m | 運転はかろうじて可能だが危険性が高い |
| ランクD | 60～125m | 減速、徐行による運転が可能 |
| ランクE | 125m～ | 通常の運転が可能 |

**図 12 吹雪視程障害度の評価手法（案）**

変数として多変量解析を行った。ただし、視認距離には被験者が評価した結果の中央値を用いた。なお、機械視程計測値及び視程変動強度[7]以外の説明変数は全てカテゴリー変数であることから、分析手法には数量化Ⅰ類を用いた。

その結果、図 11 に示したカテゴリースコアの通り、各説明変数の影響度が明らかとなった。この説明変数毎のカテゴリースコアを基に、気象条件と沿道施設条件によって視認距離を推定する評点表を整理し、視認距離と運転困難度との関係（図 10）を基に吹雪障害度を 5 段階で評価する評価手法を図 12 に示す通り取りまとめた。

さらに、これらの成果より視程計では評価することができなかった視線誘導施設の吹雪視程障害対策としての効果を定量的に示すことも可能になったと考えられる。

## 4.　視程障害時の効果的な安全支援方策の開発

近年、北海道では急激に発達した低気圧によって、これまで吹雪発生頻度が比較的低かった地域においても吹雪による交通障害が発生する事例が見られている[2) 9)]。

このため、限られた道路事業費の中で早期に対策を進めて行くには、従来の防雪柵などのハード対策に加えて冬期道路の吹雪情報を提供し、道路利用者に適切な運転行動を促すなどのソフト的な安全支援対策も重要である。

本研究では、吹雪時における適切かつ安全な運転行動を道路利用者へ促すなどの安全支援方策とし、吹雪時の視界情報をリアルタイムに道路利用者に提供するため 2 つの情報提供システムを構築し試験運用を行った。

## 4.1.　吹雪視界情報提供システム

### 4.1.1.　吹雪時の視程推定手法

冬期道路における吹雪時の視界状況や路面状況などの走行環境情報をリアルタイムに道路利用者に提供する有効な手段の１つには道路画像の情報を提供することが考えられる。既往研究[10) 11)]においても、冬道の安全を考慮した道路利用者の運転計画において道路画像の情報は非常に重要であることが明らかとされている。

しかし、道路画像の情報を入手できる箇所は数が限られており、冬期道路の連続した経路上の視界状況をよりきめ細かく道路利用者に提供するには道路画像の情報のみでは不十分と考えられる。

このため、冬期道路の吹雪時における視界状況を情報提供していくには、広域なエリアで視程をリアルタイムに推定することが重要である。

既往研究及び本研究[12)]において吹雪時の視程は、単位時間当たりに単位空間を通過する飛雪粒子の質量である飛雪流量(g/㎡/s)との相関性が非常に高く、式(2)に示す関係が明らかとされている。

$$Vis = 10^{-0.886 \times \log(Mf) + 2.648} \quad \cdots\cdot(2)$$

Vis [m]　：視程

Mf [g/m³/s]　：飛雪流量

なお、飛雪流量は単位空間当たりに存在する雪粒子の質量である飛雪空間濃度(g/㎥)と風速(m/s)の積によって把握することが可能である。

このため、飛雪空間濃度をリアルタイムに把握することが出来れば、視程を推定することが可能となる。しかし、飛雪空間濃度は気象庁が設置しているアメダスや道路管理等のために設置している気象テレメータにおいては通常計測が行われておらず、現状では容易に入手することが困難である。このため、吹雪時の視程を推定するためには、飛雪空間濃度をリアルタイムに推定することが必要不可欠となる。

一方、松澤ら[2)]は比較的容易に入手することが可能である降雪強度、風速、気温から任意の高さ z での飛雪空間濃度を推定する手法を提案されている。

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

P [g/(m²s)]　：降雪強度

$\omega_f$ [m/s]　：降雪粒子の落下速度(=1.2[m/s])

$\omega_b$ [m/s]　：浮遊粒子の落下速度(=0.35[m/s])

$z_t$ [m]　：基準高度(=0.15[m])

$N_t$ [g]　：基準高度 $z_t$ における飛雪濃度(=30[g/m³])

$U_*$ [m/s]：摩擦速度(=0.036×$V_{10}$)

ただし、$V_{10}$は、高さ 10m での風速

k　：カルマン定数 (=0.4)

そこで、本研究ではこの式(3)の関係式を基に飛雪流量を把握し、式(2)より吹雪時に視程を推定することとした。

なお、式(3)の第１項（降雪項）は降雪粒子に起因した飛雪空間濃度、第２項（乱流拡散項）は雪面から舞い上がった雪粒子に起因した飛雪空間濃度である。このため、式(3)第 2 項の計算条件として雪面から雪流粒子が浮遊して舞い上がる（高い地吹雪が発生する）かを判定することが必要である。

そこで、飛雪空間濃度の推定においては、既往研究[14)]及び本研究[15)]で得られている高い地吹雪の発生する気象条件を参考に、降雪時と降雪の無い場合における式(3)第２項の計算条件を各々設定した。

### 4.1.2.　吹雪時の視界状況情報処理システム構築

本研究では、気象庁よりメソ数値予報モデル及び解析雨量データを入手し、前項で述べた吹雪時の視程推定手法を基に、吹雪時の視程を推定する情報処理システムを構築した。

この演算処理システムでは、図 13 に示した通り気象庁から配信されたメソ数値予報モデル及び解析雨量データから北海道内の５㎞メッシュ毎の気温, 風速データ及び1㎞メッシュ毎の降雪強度データを抽出し、北海道内の 1㎞メッシュ毎の視程値を 30 分毎に推定させた。

なお、本研究で情報提供した吹雪の視界状況は、既往研究[16)]において取りまとめられている吹雪時の視程とドライバーの運転挙動の関係を参考に、５段階に区分し判定した。設定した吹雪の視界状況は「良好(1000m 以上)」「やや不良(500～1000m)」「不良(100～500m)」「かなり不良(100～200m)」「著しい視程障害(100m 未満)」である。

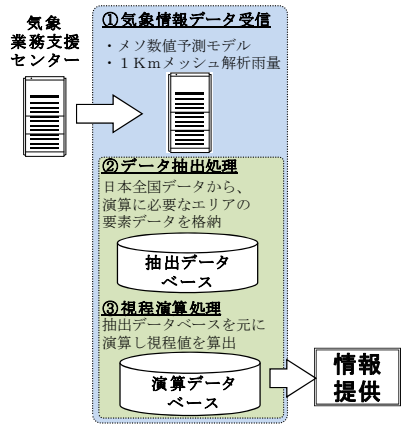



図 13 吹雪視程の推定に関する情報処理システム概要

### 4.1.3.　吹雪視界情報提供システムの概要

吹雪の視界情報の提供エリアは、北海道内に限定し、気象庁が発表している気象警報・注意報のエリア区分を参考に区分した道内 46 エリアとした。

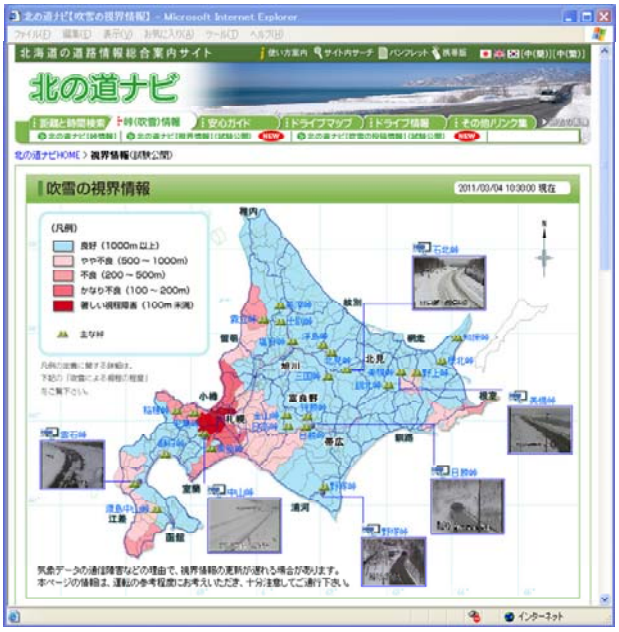



図 14 吹雪の視界情報提供画面(PC 版)

吹雪の視界情報は、前項で構築した吹雪時の視程推定処理システムにより推定された各エリアの代表地点での視程値を基に各エリアの吹雪の視界状況を 5 段階で判定し、マップ上で色分けにより提供した。なお、寒地土木研究所では、北海道内の道路情報を総合的に取りまとめた北海道道路情報総合案内サイト「北の道ナビ」[17] の運営を行っている。このため、情報提供は「北の道ナビ」のサイトを通じパソコン及び携帯電話向けに情報提供を行った。

図 14 は、パソコンで実際に提供せれた平成 23 年 3 月 4 日 10 時 30 分の情報を示したものである。

なお、パソコン向けの情報は平成 21 年 2 月 11 日より平成 23 年 4 月 28 日までの冬期間に試験提供を実施した。

また、携帯電話向けの情報は、平成 23 年 2 月 14 日より平成 23 年 4 月 28 日まで試験提供を実施した。

### 4.1.4.　吹雪視界情報提供システムの効果

図 15 は、パソコン版情報ページの公開を行った平成 21 年 2 月 11 日～平成 23 年 3 月 12 日までの日当たりのアクセス数を年度別に示したものである。

図 15 より、平成 20 年度、21 年度、22 年度と年度の経過とともに、吹雪の視界情報への平均アクセス数は増加し、平成 23 年 1 月 7 日には日最大の 3391 件のアクセスが見られ、平成 23 年 1 月 6 日～21 日にかけてはアクセス件数が 1000 件を超える日が続いている。

平成 22 年度 12 月～3 月までの札幌アメダスで観測された気象データ(図 16)を見てみると、1 月初旬から下旬にかけて日降雪の多い日が続いており、札幌での荒天が続いた日により多く利用されていたことがわかる。このため、吹雪の視界情報は吹雪や降雪等による視界不良が予想される荒天時に最も有効な情報であると考えられる。

さらに、「北の道ナビ」[17] ウェブサイト上でパソコン版「吹雪の視界情報」の有効性や効果についての有効性や効果についてアンケート調査を行った。

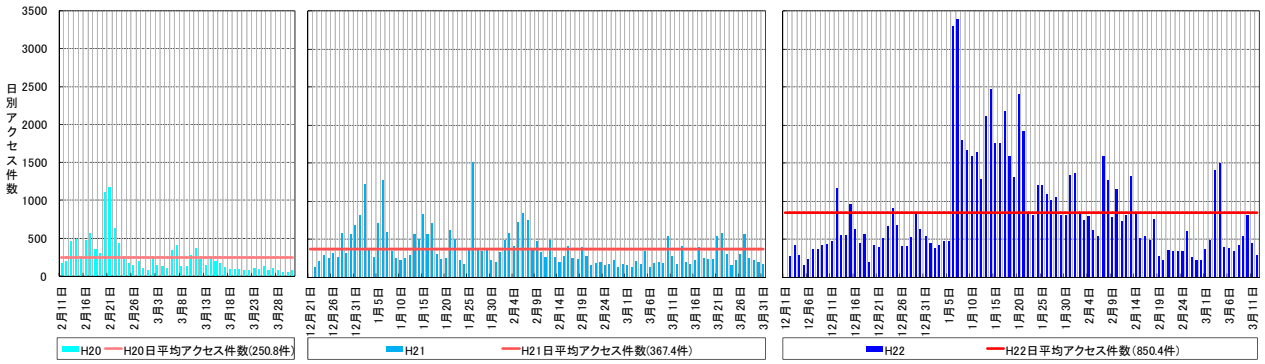



図 15 吹雪の視界情報へのアクセス数

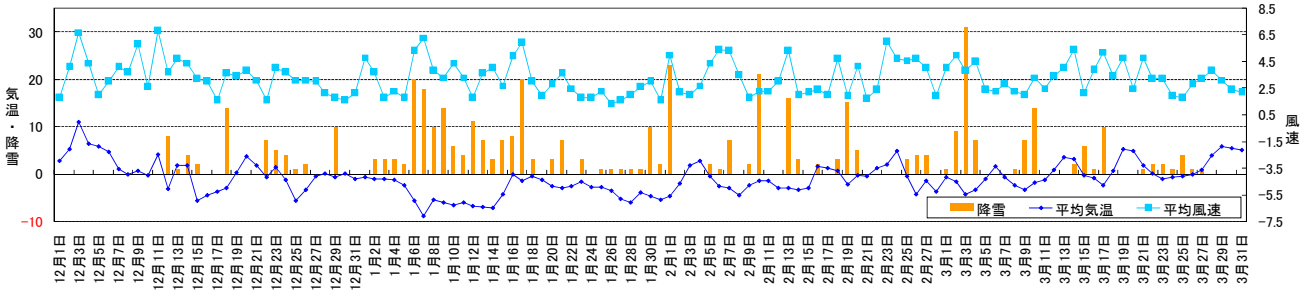



図 16 2010 年度年度の札幌市内の気象状況(札幌アメダスより)

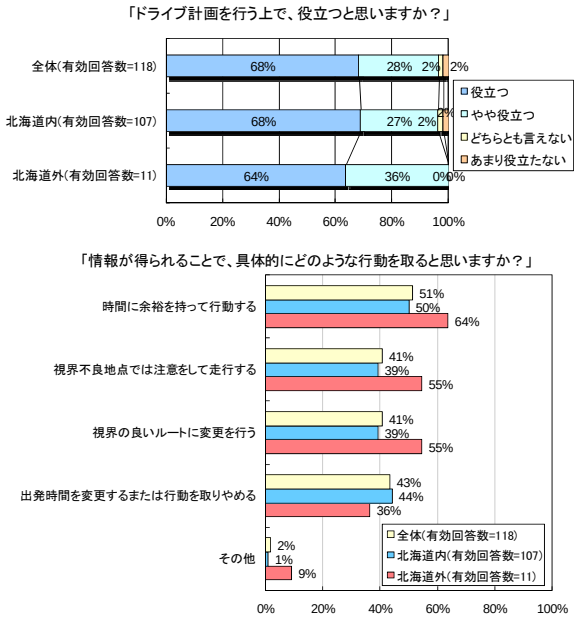



図 17 吹雪の視界情報の効果
（北の道ナビ上でのアンケート結果）

平成年 22 年 3 月 9 日～3 月 22 日までに行ったアンケートでは、計 118 名の「北の道ナビ」利用者からアンケートに対する回答が得られた。図 17 は、その結果を示したものである。

図 17 より、パソコン版「吹雪の視界情報」を道外・道内在住に関わらず 9 割以上の回答者が、「役立つ」「やや役立つ」と回答しており「吹雪の視界情報」が道路利用者にとって有効であることが明らかとなった。さらに、パソコン版「吹雪の視界情報」を得ることによって 5 割以上の回答者が「時間に余裕を持って行動する」との回答が得られ、また 4 割以上の回答者は「視界不良地点では注意をして走行する」「視界の良いルートに変更を行う」「出発時間を変更する又は行動を取りやめる」との回答が得られており運転計画の検討や変更に利用される有効な情報であると考えられる。

## 4.2.　吹雪情報(吹雪の投稿情報)提供システム

ここでは、前述の「吹雪の視界情報」の補完、吹雪災害発生時などにリアルタイムな道路情報を道路利用者へ迅速に提供していくため、道路利用者から吹雪に関する道路情報を収集し、提供するシステムを構築し試験運用を行った。

### 4.2.1.　吹雪情報(吹雪の投稿情報)提供システムの概要

道路利用者から携帯電話又はパソコンを用いて、吹雪時の視界状況、天候、道路上の静止画像などの情報を投稿してもらい、パソコン向けのウェブサイト上で収集した情報を提供する情報提供システムを構築し、道路利用

図 18「吹雪情報(吹雪の投稿情報)」の提供画面

者から情報を収集し提供する平成 23 年 1 月 27 日～4 月 28 日まで実験を行った。

図 18 は平成 23 年 2 月 7 日に実際提供した情報を示したもので、情報ページには投稿者の住まい、ニックネームと投稿された道路情報の市町村、路線、吹雪の視界状況、天候、コメントを表形式で掲載した。なお、情報ページに表示される情報は閲覧時から前 3 時間までに投稿された情報のみとした。

ただし、別途過去の日付を指定することによって、過去に投稿された情報を 1 日毎に表示可能とした。

### 4.2.2.　吹雪情報(吹雪の投稿情報)提供システムの効果

図 19 は、情報ページの公開を行った平成 20 年 1 月 27 日～平成 23 年 3 月 12 日までの日当たりの情報ページへ

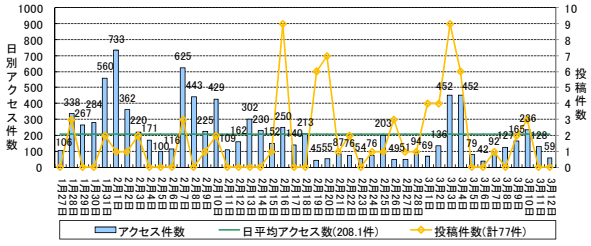



図 19 吹雪情報(吹雪の投稿情報)へのアクセス数

の投稿件数とアクセス数を示したものである。なお、情報を公開した平成23年1月27日～3月12日までの期間には情報投稿者に47名の登録があり、計77件の吹雪情報の投稿が見られた。

図19より、「吹雪情報（吹雪の投稿情報）」ページへの日平均のアクセス数は208件見られ、集計期間では札幌アメダスで記録された日降雪の多かった平成23年2月1日に日最大733件、最も降雪の多かった平成23年3月3日の荒天時(図16)には日当たり投稿件数が9件と最も多く、452件の情報ページへのアクセスがみられた。

また、これまでの情報と同様に「北の道ナビ」ウェブサイト上で平成年22年3月9日～3月22日までの14日間に「吹雪情報（吹雪の投稿情報）」の有効性や実用に向けた可能性に関するアンケート調査を行い、241 名からアンケートに対する回答が得られた。図20は、その結果を示したものである。

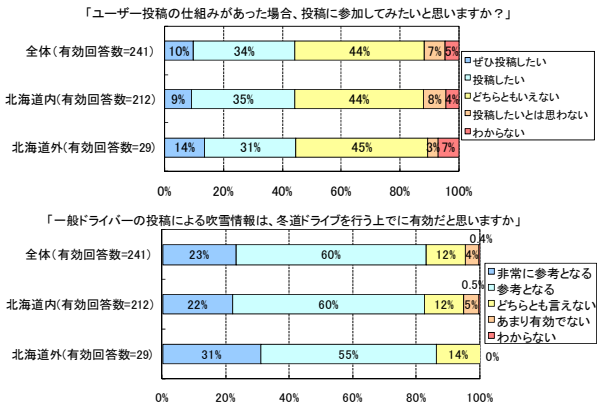



**図20「吹雪情報(吹雪の投稿情報)」の効果**
**（北の道ナビ上でのアンケート結果）**

図20より、9割以上の回答者が「役立つ」「やや役立つ」と回答しており「吹雪の視界情報」同様に有効性が明らかとなった。また、アンケートの結果、4割以上の回答者から「吹雪情報」を投稿したいとの意思表示が示された。

「吹雪情報（吹雪の投稿情報）」では、きめ細かく信頼性の高い情報を安定的に提供していくことは非常に難しいが、本結果より道路利用者から吹雪情報を収集し提供していくことは十分に可能と考えられる。このため、暴風雪時などの吹雪状況をリアルタイムに収集し道路利用者へ迅速に情報提供することは可能と考えられ、吹雪災害時に運転計画の変更や安全運転を道路利用者に促す対策として「吹雪情報（吹雪の投稿情報）」は有効と考えられる。

ただし、道路の吹雪状況などを道路利用者から継続的に収集し提供していくことによって、情報投稿者や利用者の拡大や定着を図ることが重要と考えられる。

## 5.　冬期道路の走行環境情報提供システムの開発

積雪寒冷地の冬期道路では、吹雪による視程障害や雪氷路面などの発生による厳しい走行環境での走行を道路利用者は強いられている。このため、冬期道路のリアルタイムな走行環境に応じた情報提供を経路別に行っていくこと道路利用者の安全支援として重要と考えられる。

本研究では、冬期のリアルタイムな吹雪時の視界状況や冬の所要時間の情報などを経路別に提供する「冬期道路の走行環境情報提供システム」を構築し、試験運用を開始した。

### 5.1.　冬期道路の走行環境情報の提供に向けた課題

前述の「北の道ナビ」では、北海道内の市町村や主要空港等を出発地・目的地に指定させることで、出発地から目的地までの経路やその距離、無積雪期の所要時間などの情報を提供している（以下、「距離と時間検索」[18]）。このため、本研究ではこの機能を拡充する方法でシステムを構築し、情報提供を行った。

なお、リアルタイムな吹雪時の視界状況を経路別に提供するためには、リアルタイムに経路上の吹雪時の視界視程を推定することが必要となる。そこで本研究では、4.1.2 項で構築した吹雪時の視界状況演算処理プログラムを用い、経路上の吹雪時における視程をリアルタイムに推定することによって、経路上の吹雪時の視界状況を市町村別に判定し情報提供することとした。

また、冬の所要時間を情報提供するためには、冬期道路の走行速度に影響を与えていると考えられる吹雪時の視界状況や路面状況の走行速度への影響を定量的に把握することが重要である。

しかし、既往研究では吹雪時の視界状況や路面状況と走行速度の関係について調査された事例が少なく、走行速度への影響を視界や路面状況別に体系的に整理することは難しい。

### 5.2.　冬の所要時間情報の推定手法

#### 5.2.1.　冬期道路の視界・路面状況と走行速度の関係

本研究では、冬期道路の所要時間情報の提供に向け、北海道内の郊外部を走る一般国道の縦断勾配がほとんどない直線区間5箇所において、冬期間の走行速度と視界及び路面状況の関係について調査を行った。その結果、冬期道路の郊外部直線区間における視界や路面状況の影響による走行速度の低下割合を表 6 に示す通り明らかとした[20]。

表 6 より、視界状況1000m以上かつ乾燥路面での走行速度より走行環境の悪化に伴って、各走行環境条件で

表 6 積雪期の走行速度の低下割合(郊外平地部/直線区間)

| 路面状況 | 直線区間 | 視界状況 1000m以上 | 500-1000m | 200-500m | 100-200m | 100m未満 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 乾燥 | | 0.0% | 1.4%<br>6.7% ～ -3.2% | 3.3%<br>3.3% ～ 3.3% | -4.0%<br>4.6% ～ -12.7% | — |
| 湿潤 | | -2.5%<br>-0.2% ～ -5.7% | -4.3%<br>-2.0% ～ -5.1% | -5.9%<br>-3.2% ～ -9.5% | -9.9%<br>-1.6% ～ -14.6% | -14.6%<br>-14.1% ～ -15.0% |
| シャーベット | | -8.0%<br>-5.7% ～ -12.1% | -7.6%<br>-6.0% ～ -8.3% | -10.4%<br>-8.8% ～ -13.0% | — | — |
| 積雪 | | -4.0%<br>-0.2% ～ -10.1% | -5.1%<br>-1.6% ～ -10.6% | -7.9%<br>-4.1% ～ -14.5% | -12.2%<br>-6.2% ～ -17.1% | -16.8%<br>-10.2% ～ -27.4% |
| 凍結 | | -1.3%<br>0.9% ～ -2.9% | -3.2%<br>-1.6% ～ -4.8% | — | — | — |

凡例：平均値（※観測箇所5箇所の平均値）／最大 ～ 最小（※観測箇所5箇所での、最大及び最小値）
-10%以上／-10%未満-20%以上／-20%未満／該当データなし

※数値は乾燥路面かつ視界1000m以上での走行速度に対する速度の低下割合

の走行速度は低下する傾向があり、視界状況 100m 未満の積雪路面で最大 27.4%の速度低下が見られる。

### 5.2.2.　冬の所要時間情報の推定方法

前述したとおり、「距離と時間検索」[18] では出発地から目的地までの経路やその距離などの情報に併せて、無積雪期の所要時間の情報を既に提供している。

そこで、本研究ではこの無積雪期の所要時間データと積雪期の視界及び路面状況に応じた走行速度の低下割合を基に、冬の所要時間を推定し情報提供することとした。

なお、冬の所要時間は視界状況が「視界良好 1000m 以上」「視界不良 200～1000m」「著しい視界不良 200m 未満」の 3 段階、路面状況が「湿潤・乾燥」「雪氷路面」の 2 区に分けて推定することとし、無積雪期の走行速度に対する各走行環境条件での速度の低下割合は表 6 より走行環境毎に速度の低下割合が最も大きい値(最小値)を抽出し、表 7 に示した通り設定した。

表 7　無積雪期からの走行速度の低下割合
(郊外平地部/直線区間)

| | 雪氷路面 | 湿潤・乾燥 |
|---|---|---|
| 著しい視界不良200m 未満 | 27% | 15% |
| 視界不良　200～1000m | 15% | 10% |
| 視界良好　1000m以上 | 12% | 6% |

## 5.3.　冬期道路の走行環境情報提供システムの概要

### 5.3.1.　冬の詳細路線情報の提供方法

本研究では、「距離と時間検索」[18] で検索されたこれらの経路情報に加え冬期道路のリアルタイムな「市町村毎の吹雪の視界状況」や「冬の所要時間」、国土交通省北海道開発局が北海道地区道路情報[19] で提供している「道路画像」、「気象テレメータ」の情報をパソコン及び携帯

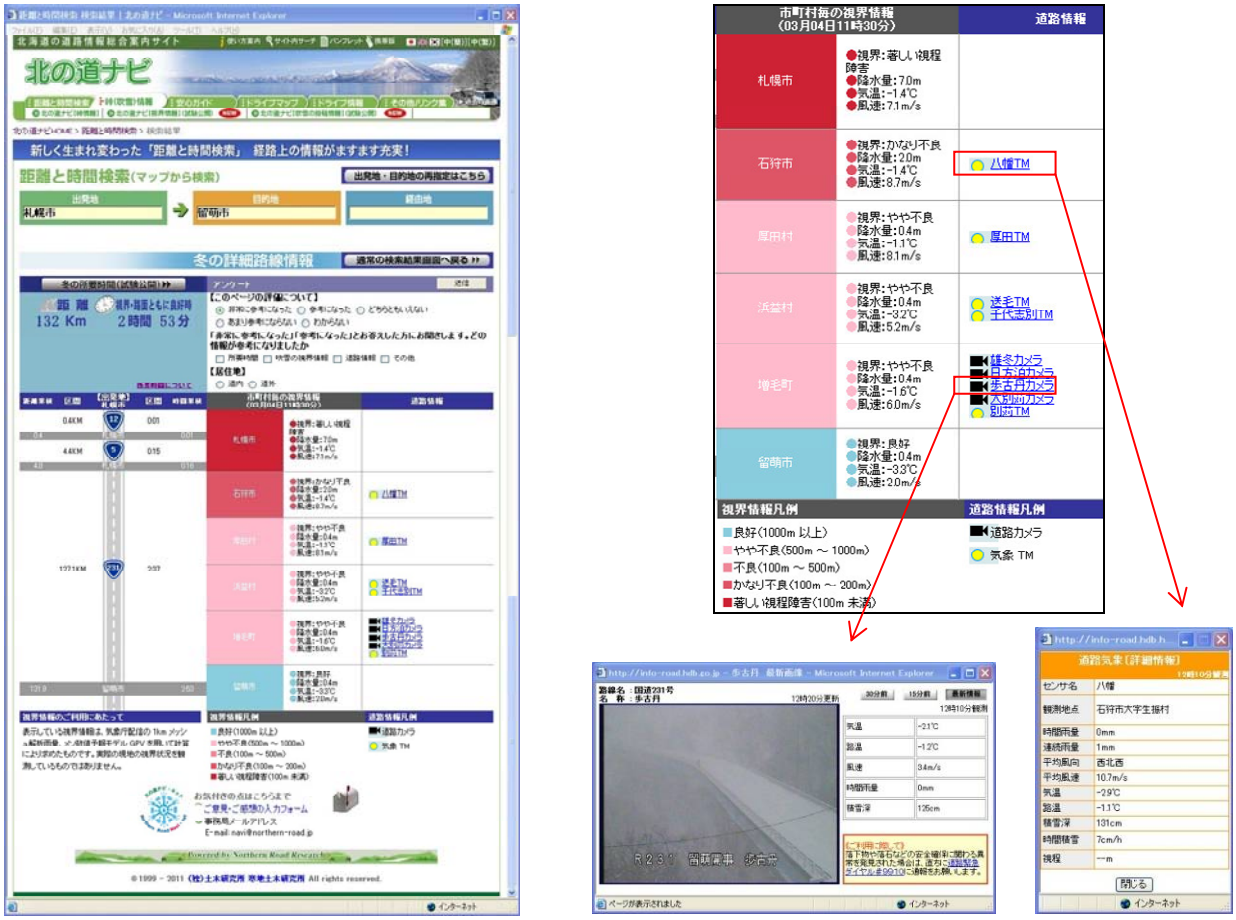



図 21　「冬の詳細路線情報」の提供画面と情報コンテンツ(パソコン版)
(吹雪の視界状況(右上)、道路の気象テレメータ(右下(左))、道路画像(右下(右))

電話向けに提供する「冬の詳細路線情報」ページを構築し、2011 年 2 月 14 日より道路利用者に対し試験公開を行った。

パソコン版「冬の詳細路線情報」ページでは、図 21 に示した通り上方に出発地から目的地までの距離と無積雪期の所要時間、その下方左側に路線毎の経路、下方右側に経路が通過する市町村毎の「吹雪の視界状況」と「吹雪視程の推定に用いた気象情報」を表示させ、情報提供を行った。なお、道路の CCTV 画像やテレメーターデータが存在する場合には、図 21 に示した通り各情報への誘導を行った。

### 5.3.2.　冬の所要時間情報の提供方法

図 21 に示した通り、パソコン版「冬の詳細路線情報」ページでは、無積雪期の所要時間情報の上方には冬の所要時間を検索するためのボタンを設け、図 22 に示す冬の所要時間が検索できる情報ページへの誘導を行った。

この情報ページでは、5.3.2.項で設定した視界状況「視界良好 1000m 以上」「視界不良 200～1000m」「著しい視界不良 200m 未満」の 3 段階、路面状況「湿潤・乾燥」「雪氷路面」の 2 区分を利用者に選択させることで、事前に利用者が指定していた出発地と目的地までの冬の所要時間を表 7 を基に推定し表示した。

図 22 冬期道路の走行環境情報提供画面

### 5.4.　冬期道路の走行環境情報提供システムの効果

図 23 は、パソコン版「冬の詳細路線情報」「冬の所要時間」ページの公開開始翌日から平成 23 年 3 月 12 日までの日当たりのアクセス件数を示したものである。

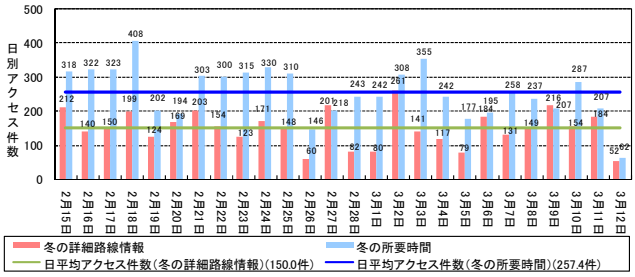



図 23 冬の詳細経路情報へのアクセス数

図 23 に示した通り、パソコン版「冬の詳細路線情報」ページの日平均のアクセス件数は 150 件見られ、集計期間では札幌アメダスで記録された日降雪が 31 cmと最も多かった平成 23 年 3 月 3 日の前日に日最大 261 件のアクセスが見られた。このように、「冬の詳細路線情報」は「吹雪の視界情報」と同様に荒天時に最も有効な情報であると考えられる。

さらに、「冬の所要時間」ページは日平均アクセス件数が「冬の詳細路線情報」よりも多い 257 件見られた。

また、「冬の詳細路線情報」「冬の所要時間情報」ページでは図 21, 図 22 に示した通り情報利用者に対し情報の有効性や参考となる情報内容についてアンケート調査を行った。図 24, 図 25 はそれぞれ平成 23 年 3 月 7 日までにパソコン版「冬の詳細路線情報」を利用した 57 名及び、パソコン版「冬の所要時間」を利用した 192 名から得られたアンケートの回答を集計したものである。

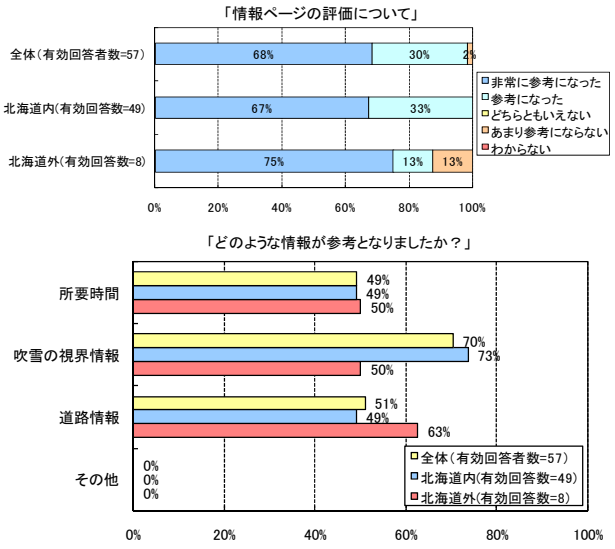



図 24「冬の詳細路線情報」(パソコン版)の効果
（情報利用者へのアンケート結果）

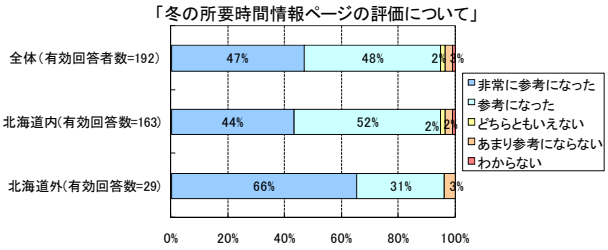



**図 25「冬の所要時間情報」の効果**
**（情報利用者へのアンケート結果）**

図 24 より、パソコン版「冬の詳細路線情報」ページは北海道在住の利用者全員、北海道外在住の約 9 割の利用者から「役立つ」と評価され、「冬の詳細路線情報」は有効な情報であることが確認された。さらに、パソコン版「冬の詳細路線情報」利用者の 7 割以上が「吹雪の視界情報」を参考になると回答しており、提供した情報コンテンツの中で最も参考になると評価された。このことから、経路上のリアルタイムでの吹雪の視界状況を市町村毎に 5 段階で提供することは道路画像などの道路情報と同等以上に有効な情報であると考えられる。

また、図 25 よりパソコン版「冬の所要時間情報」ページについても北海道内・外在住に関わらず 9 割以上の利用者から、「役立つ」と評価され有効な情報であることが確認された。加えて、「北の道ナビ」[17] ウェブサイト上においても平成 23 年 2 月 18 日～3 月 7 日の 18 日間、パソコン版「冬の詳細路線情報」ページの利用場面や有効性についてアンケート調査を行った。その結果、計 241 名の「北の道ナビ」利用者から回答を得た。図 26 はその結果を示したものである。

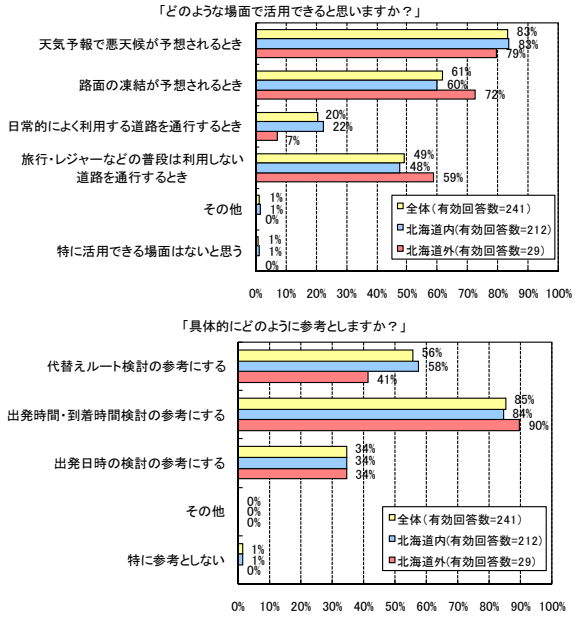



**図 26 冬の詳細路線情報の効果**
**（北の道ナビ上でのアンケート結果）**

図26より、「冬の詳細路線情報」を8割以上の回答者が「天気予報で悪天候が予想されるときに活用する」と評価し、「出発、到着時間検討の参考とする」と評価している。このことから、視界不良など厳しい走行環境が予想される場合での道路利用者の運転計画に「冬の詳細路線情報」は有効な情報であると考えられる。

## 6.　まとめ

本研究では、以下の通り成果を得た。

### 6.1.　道路交通における吹雪視程計測手法の提案

気象学上定義される視程の目標物に該当する視程板の視認距離は、視程計で計測された視程（機械視程計測値 Vm）より短い傾向があることを把握し、機械視程計測値 Vm の補正方法を提案した。

また、道路上及び道路の風上近傍の異なる高さにおいて計測した機械視程計測値や飛雪流量等のデータを基に計測位置の違いが計測値に与える影響を分析した。

その結果、雪堤や積雪深が大きいほど計測高さの違いによる計測値の差異が大きくなることを把握した。一方、道路上高さ 1.2m と道路の風上近傍高さ 1.5m で計測された視程が概ね一致することを把握した。

これらの結果を基に、道路上の吹雪時における適切な視程計測方法として、視程計等を用いて視程を計測する場合、風上側路側近傍高さ 1.5m で計測を行うこと、計測値を補正する必要があること等を提案した。

### 6.2.　吹雪視程障害度の指標の提案

ドライバーの感じる道路の視認距離を道路上で計測した機械視程計測値、降雪の有無、固定式視線誘導柱、防雪対策施設等の有無などのカテゴリーを説明変数とし、推定する手法を取りまとめた。

またさらに、ドライバーの感じる吹雪時の道路上での視認距離から運転困難度を評価することで吹雪時の視程障害度を 5 段階で示す指標を提案した。

### 6.3.　視程障害時の効果的な安全支援方策の開発

吹雪時の視程と飛雪流量との関係や地吹雪の発生条件について分析検討を行い、降雪強度，気温，風速などの気象データを基にリアルタイムな吹雪時の視程を推定する情報処理システムを構築した。

構築した情報処理システムを基に、吹雪時の視界状況を46エリアに区分した北海道全域において5段階で情報提供するシステムを開発し、パソコン及び携帯電話の情報端末を通じ道路利用者に試験的に情報提供を実施した。

その結果、9 割以上のアンケート回答者から「役立つ」

と評価され、日最大 3391 件の情報ページへのアクセスが見られるなど情報提供の有効性を確認した。

さらに、ドライバーからの投稿によりリアルタイムな冬期道路の吹雪状況等の情報を収集し、PC で情報提供するシステムを開発し、試験運用を行った。

### 6.4.　冬期道路の走行環境情報提供システムの開発

冬期道路の走行速度に与える吹雪時の視界状況や路面状況の影響について調査を行い、視界及び路面状況の不良によって郊外部の直線区間では視界良好時の乾燥路面より最大 27%の速度低下が見られるなどの走行速度と走行環境の関係について把握した。

走行環境情報の提供方法について道路利用者のニーズを把握し、冬期道路の経路別におけるリアルタイムな視界状況や道路画像、走行環境に応じた冬の所要時間に関する情報を提供するための走行環境情報提供システムを開発し、試験提供を実施した。

冬期道路の走行環境情報の提供によって「出発・到着時間検討の参考とする」など運転行動の安全支援に有効であることを確認した。

### 参考文献


1) 気象庁：地上気象観測指針, (財) 気象業務支援センター,2002
2) 武知洋太, 松澤勝, 中村浩:吹雪時に人間が感じる視程と視程計や吹雪計による計測値との関係, 北海道の雪氷,No.28、17-20,2009
3) 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, 日本雪氷学会誌 雪氷, 第66巻1号,77-85, (社) 日本雪氷学会, 2002
4) John Manfredi et al. : Road Weather Information System Environmental Sensor Station Siting Guidelines,FHWA-HOP-05-026, 2005.
5) 竹内政夫, 福沢義文:吹雪時の視程に関する研究, 土木試験所報告, 北海道開発局土木試験所,No.74,1980
6) 竹内政夫, 福沢義文:吹雪時における光の減衰と視程, 日本雪氷学会誌 雪氷, 第38巻4号,9-14,(社) 日本雪氷学会,1976
7) 石本敬志:吹雪視程の変動強度, 日本雪氷学会全国大会,1992
8) 武知洋太, 伊東靖彦, 松下拓樹, 山田毅, 松澤勝, 加治屋安彦:2008 年冬期に北海道で発生した吹雪災害状況と課題について(1)～2008 年 2 月・長沼近郊での事例について～, 北海道の雪氷, 日本雪氷学会北海道支部,No.27, p99-102,2008
9) 伊東靖彦, 武知洋太, 松下拓樹, 山田毅, 松澤勝, 加治屋安彦:2008 年冬期に北海道で発生した吹雪災害状況と課題について(2)～2008 年 4 月・釧路根室地方での事例について～, 北海道の雪氷, 日本雪氷学会北海道支部,No.27, p103-106,2008
10) 松島哲郎, 加治屋安彦, 山際祐司：インターネット冬期道路情報提供における表現方法と行動変化について, 第 60 回年次学術講演会概要集, 土木学会,2005
11) 加治屋安彦, 松田泰明, 松島哲朗：冬期道路情報の表現方法が道路利用者の交通行動決定に与える影響, 寒地土木研究所月報, No.651, 寒地土木研究所, 2007.8
12) 武知洋太, 松澤勝, 中村浩：吹雪時に人間が感じる視程と視程計や吹雪計による計測値との関係, 北海道の雪氷, 日本雪氷学会北海道支部,No.28,2009
13) 松澤勝：吹雪時の視程推定手法とその活用に関する研究, 寒地土木研究所報告, 寒地土木研究所, 第 126 号,2006.5
14) 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派生限界風速, 昭和61 年度日本雪氷学会全国大会予稿集, 日本雪氷学会,p256,1986
15) 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
16) 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, 2004
17) 北海道道路情報総合案内サイト「北の道ナビ」: http://www.northern-road.jp/navi/
18) 距離と時間検索：http://time-n-rd.jp/
19) 北海道地区　道路情報：http://info-road.hdb.hkd.mlit.go.jp/index.htm
20) 武知洋太, 松澤勝, 中村浩, 金子学, 川中敏朗:冬期道路の視界と路面状況による走行速度への影響について, 寒地土木研究所月報,No.691,2010.12