

吹雪視程障害を考慮した視線誘導施設について

雪氷チーム

1. はじめに

積雪寒冷地である北海道の冬期道路では、吹雪や激しい降雪による視程障害が頻繁に発生しており、視覚情報の少ない厳しい環境での走行を強いられることも多い。

このため北海道では、道路の視認性を高め、道路線形、視認距離、走行位置を明らかにする視線誘導施設の整備が、吹雪対策として道路管理者によって進められている。

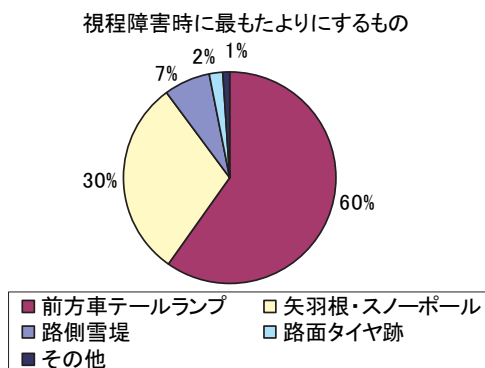
しかし、視線誘導施設は元々夜間の視認性向上を図る施設として整備されてきたため、これまで刊行されている技術資料¹⁾²⁾³⁾には、吹雪対策としての機能、選定方法、仕様は十分な記述がされていなかった。

そこで、平成15年より寒地土木研究所では北海道開発局からの委託により吹雪対策としての視線誘導施設の調査検討に取り組んできた。その結果は、北海道の一般的な道路を対象に「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル(案)」(以下：マニュアル案とする)として取りまとめられ、平成19年5月から北海道開発局内で運用されるに至っている。

本文では、マニュアル案の作成過程で整理した技術的事項について解説する。

2. 吹雪視程障害の現状

北海道のドライバーにとって、吹雪時の視程障害は日常的な経験であり、まったく前が見えないと感じられることも多い。このため、ドライバーは交通事故の



図－1 吹雪視程障害時の視的目標物
一般利用者107名に対するアンケート調査結果⁶⁾

危険を感じながら運転している状況にある⁴⁾。

吹雪視程障害時において、ドライバーは通常とは異なる視線挙動をとる。とくに視程200m以下では視的目標物の探査を活発に行いながら走行する⁵⁾。このため、吹雪視程障害が発生している中を走行する際は視的目標物が必要である。

なお、この視的目標物としては前方車の尾灯、矢羽根(固定式視線誘導柱)、スノーポールなどが北海道内のドライバーに頼りにされている⁴⁾⁶⁾⁷⁾(図－1)。

3. 吹雪対策としての視線誘導施設の現状

北海道の道路では、様々な視線誘導施設の整備が進められてきている(写真－1)。このうち、固定式視線誘導柱(以下：矢羽根)は道路の外側線又は縁石が存在する場合には縁石前面の位置を示す矢印型の標識板を



(視線誘導標) (伸縮式の視線誘導標) (スノーポール)



(固定式視線誘導柱) (視線誘導樹)

写真－1 様々な視線誘導施設



写真－2 矢羽根の設置状況

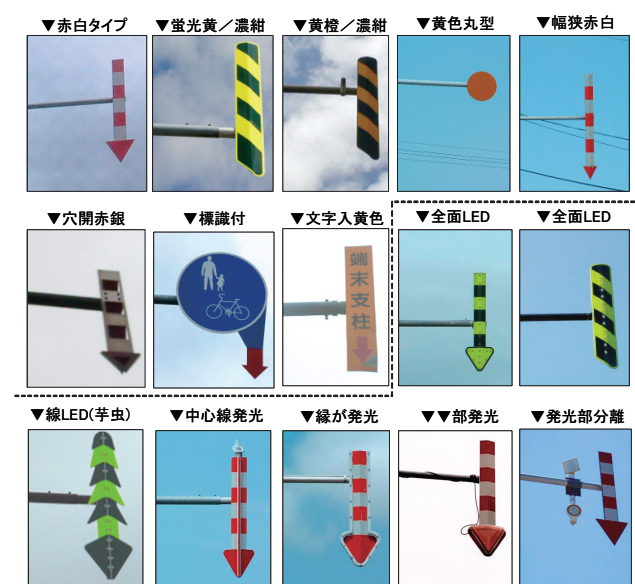
オーバーハング式の支柱に取り付けた施設であり、近年設置延長が増加してきている(写真－2)。

しかし矢羽根は、元々除雪作業の機械化、高速化等に伴いスノーポールに代わって整備されてきた施設である。また、矢羽根はスノーポールに比べ設置コストが約7～10倍と高く⁸⁾⁹⁾、施設が大きい。このため、矢羽根を標準的に設置していくことは整備コストの増加や道路景観の阻害が懸念される。

また、これまで設置されてきた視線誘導施設(特に矢羽根)は形状、表面の反射材、色彩などが多様である(写真－3)。さらに、矢羽根には自発光タイプのものもあるが、発光方式、発光色、発光光度などの仕様は統一がされていない¹⁰⁾。このような施設仕様の不統一によっても、整備コストは増加している可能性がある。

加えて近年、道路景観への配慮、間伐材の有効利用などの観点から視線誘導樹が試行的に設置されつつある。しかし、その導入事例は少なく必要な仕様が明確にされていない。

このような背景から、吹雪対策として整備される視線誘導施設の設計の考え方を整理、統一することが必要となっている。



写真－3 北海道内に設置されている様々な非発光式矢羽根(破線より上)・自発光式矢羽根(破線より下)

表－1 市販されている自発光式矢羽根の仕様¹⁰⁾

仕様項目	仕様範囲
1球の発光光度	6.5cd～30cd
板1枚の合計光度	48cd～672cd
LEDの色	赤、黄、淡赤
LEDの数	6～84
LEDの大きさ	5φ～23φ
点滅周期	0～300回/分

4. 吹雪時の視線誘導施設の機能

吹雪時の視線誘導対策施設に求められている機能は、加治屋らの研究¹¹⁾を参考に表－2の4つに分類できる。

表－2 視線誘導施設の機能

	項 目	概 要
1	道路線形誘導	道路線形に応じた視線の誘導
2	視認距離の把握	視認できる距離を知らせる機能
3	路側位置の把握	車の車線位置を把握する機能
4	除雪作業支援	除雪作業の安全性確保や効率化

(1) 道路線形誘導：吹雪時に限らず通常の視線誘導標が持つ機能であり、道路線形に対応した円滑な運動動作を促す機能である。

(2) 視認距離の把握：自分が視認できる距離を把握するための機能である。これは、視的目標物となる視線誘導施設を置くことにより、潜在化した視程を顕在化するものである。

(3) 路側位置の把握：車線逸脱を防ぐために自車の路側感覚を維持する機能である。これが必要となる環境は、過酷な視程障害により前方だけでなく側方の距離感も失う状況である。

吹雪視程障害時における調査結果¹¹⁾によれば、ドライバーの運転挙動は視程障害の程度に応じ変化している。このため、吹雪対策として視線誘導施設に必要とされるこれらの機能は、視程障害の程度に応じ求められる比重が変化するものと考えられる。

(4) 除雪作業支援：視線誘導施設のうち矢羽根やスノーポールは除雪作業の目印として利用されてきた経緯¹⁰⁾がある。このため、視線誘導施設は除雪作業の安全性確保や効率化などを担う除雪作業支援の機能を併せて備えることが必要である。

5. 吹雪対策としての視線誘導施設の計画

ここでは、マニュアル案で示した吹雪対策としての視線誘導施設の導入の考え方、施設選定の考え方、施設の自発光化についての必要条件などについて述べる。

5.1. 吹雪対策としての視線誘導施設

吹雪視程障害対策は大きく3つに分類される(表－3)。このうち、視線誘導施設を適用するに当たっては次のことを併せて検討することが必要である。

表－３ 吹雪視程障害対策の分類

分 類	種 別	対 策 工
①吹雪障害を根本的に回避する対策	道路構造	スノーシェルト トンネル, 高架
②吹雪、吹きだまりの発生を抑制、緩和する対策	道路構造 附属施設	防雪切土, 盛土 防雪林, 防雪柵
③吹雪による視程障害時の 道路視認性を向上させる対策	附属施設	視線誘導施設

視線誘導施設による対策は、吹雪現象そのものを防止軽減するのではなく、ドライバーの走行を援助する施設である。そのため、まずは吹雪現象そのものを防止又は軽減する防雪林や防雪柵などを視線誘導施設に優先し検討すべきである。

また、北海道の冬期道路では視線誘導施設と同等かそれ以上に路面の区画線及び積雪路面に残る走行跡などを頼りにドライバーは走行している¹²⁾。このことから、路面管理により区画線や路面の視認性を確保することは吹雪視程障害対策としても有効であり、路面管

理による区画線及び路面の視認性向上も視線誘導施設の導入に併せて検討すべきである。ただし、路面管理によって区画線及び路面の視認性を常時確保することは当該地域の積雪量によっては多大なコストと労力を要するため、この対策が講じられるのは積雪量の少ない地域が中心になると想定される。

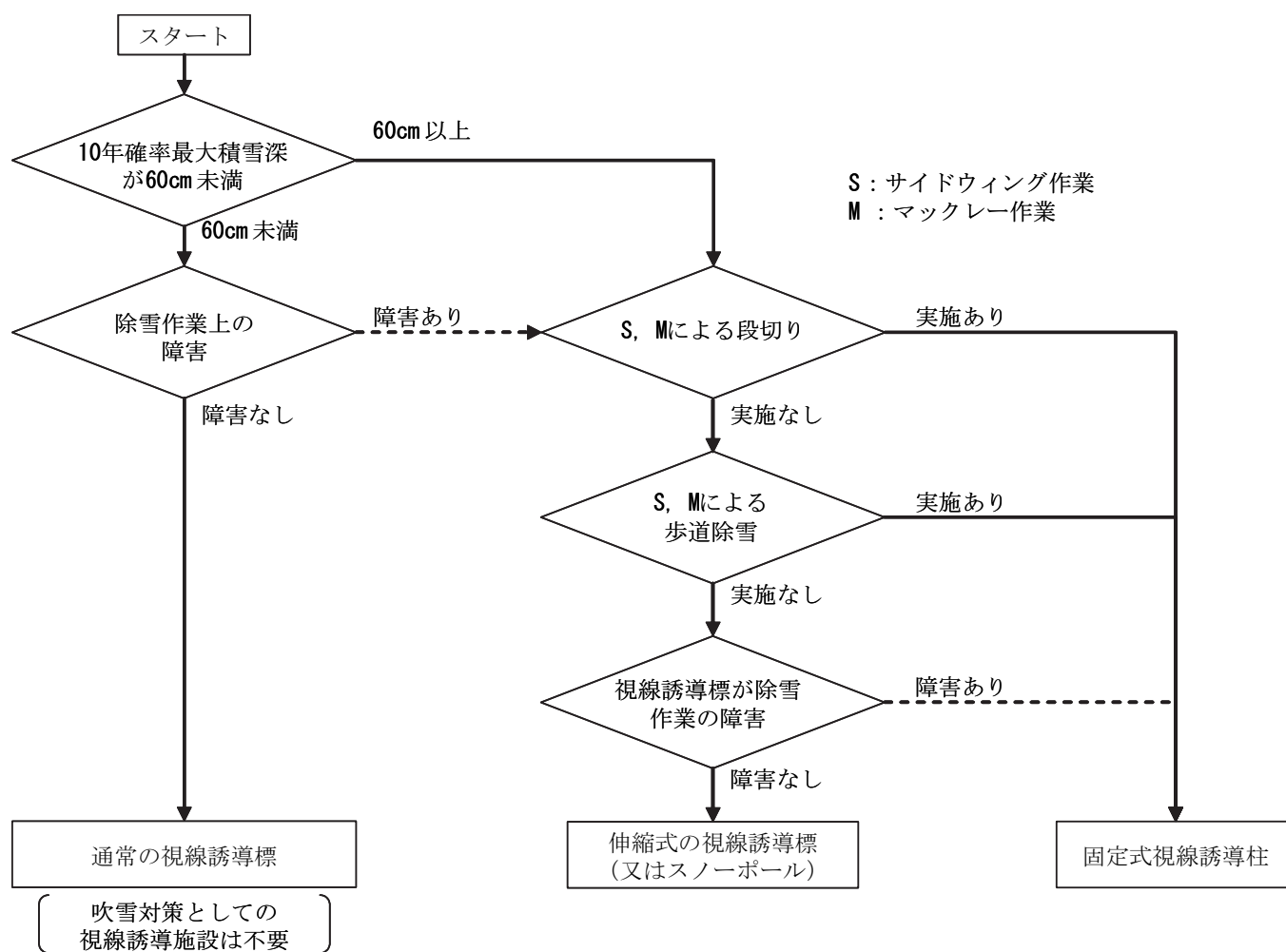
このほか、施設の整備及び維持管理に要するコストや道路景観への配慮が必要である。

５．２．吹雪対策としての視線誘導施設の選定

当該道路に適した吹雪対策としての視線誘導施設を選定するには、適用条件や選定方法を明確にしておくことが重要である。この適用条件には、当該道路の積雪条件、除雪作業の形態、路線の重要度、吹雪危険度²⁾、コスト、道路景観、他の対策施設の整備状況が項目として挙げられる。

５．２．１．積雪条件による選定

再帰反射型デリニエータ（以下：デリニエータ）は通常路側に設置されており、除雪によってできる雪堤や吹雪による吹きだまりの高さによっては施設が雪に埋



図－２ 吹雪対策としての視線誘導施設の選定フロー案

もれてしまい、視線誘導施設として機能を発揮できない。このため、視線誘導施設の設置高さは当該道路の積雪深に考慮し決定すべきであるが、施設の標準設置高さは種類によって決められている。このため、道路の積雪深によって視線誘導施設を選別する必要がある。

北海道では、20cm間隔の等深線で描いた最大積雪等深図¹³⁾が作成されており、これによって当該道路の最大積雪深を比較的簡単に推測することができる。

道路構造物の設計では最大積雪深に30年確率を採用している例が多く¹⁴⁾、防雪柵の設計にも30年確率が採用されている²⁾。一方、道路路側の堆雪幅設計には10年確率の積雪深が採用されている¹⁵⁾。

視線誘導施設は路側に設置され、構造も強固ではないため破損する可能性が高く、一般的な道路構造物に比べると耐用年数も短い。そのため、視線誘導施設の設計には10年確率最大積雪深を用いることが妥当と考えられる。

北海道の一般国道ではデリニエータの反射体設置高さは標準で路面上90cm³⁾である。一方、視線誘導施設が設置される路側には道路除雪や吹雪による堆雪が発生するが、この堆雪形状に関する詳細データは得られていない。

このため、最大積雪等深図が20cm間隔であることを踏まえ、10年確率の最大積雪深60cmを境にデリニエータとそれ以外の視線誘導施設を選別することを案とした。

5.2.2. 除雪作業の形態による選定

次に、積雪条件で選別されたデリニエータ以外の視線誘導施設である伸縮式の視線誘導標(又はスノーポール)と矢羽根の選定方法について考えてみる。

伸縮式の視線誘導標(又はスノーポール)と矢羽根は吹雪時において同程度の視認性が確保¹⁶⁾されていることから、視線誘導機能はほぼ同等と考えられる。

しかし、整備コストでは矢羽根が伸縮式の視線誘導標の約7～10倍⁸⁾⁹⁾となっており、伸縮式の視線誘導標の方が優位である。

また、伸縮式の視線誘導標は夏場に収納が可能であり施設も小さいため、矢羽根に比べ道路景観への影響も少ない。

一方、サイドウイングやマックレーによる道路の路側雪堤の段切りや歩道除雪などの作業を頻繁に伴う道路では、伸縮式の視線誘導標、スノーポールは作業の支障となるのに対し、矢羽根はオーバーハング式の支柱に設置がされており、作業の支障とはなりにくい。

これらを踏まえると、視線誘導施設の選定は伸縮式の視線誘導標の導入を基本とし、マックレーやサイドウイングによる段切り除雪や歩道除雪が頻繁に行われる道路に限って、矢羽根を適用することが適当と考えた。

このような考え方で整理した視線誘導施設の選定フロー案を図-2に示す。

5.3. 吹雪対策としての自発光式視線誘導施設

近年、視認性を向上させるためLEDを付加した自発光式の視線誘導施設の整備が進められてきている。

しかし、例えば自発光式矢羽根は非発光式のものに比べ板の単価が約10倍⁸⁾⁹⁾になるなど、イニシャルコストが高価となる。加えて太陽電池の交換などのランニングコストが発生する。また、自発光式施設は晴天時の夜間においてドライバーへまぶしさや不快感を与える可能性がある。

さらに、近年の公共事業予算の縮減傾向を踏まえれば、自発光式施設の設置は必要最小限にとどめられるべきであり、重点的、効率的な投資が求められる。

これらを踏まえ、視線誘導施設は非発光を原則とし、真に必要な場合に限り例外的に自発光化の検討していくこととした。ここで、真に必要な場合とは、次の3つの条件を全て満たす場合が案として考えられる。

- ・ 重要度の高い路線
- ・ 吹雪視程障害の危険度が高い箇所
- ・ 視線誘導施設以外の対策が導入できない又は効果が期待できない箇所

自発光式施設は主に夜間の視認性が向上する¹⁶⁾施設である。このため、路線の重要度については、冬期夜間にも常時道路除雪を行い通行が確保される重要路線(除雪区分1種)が一つの目安となる。

吹雪視程障害の危険度が高い箇所としては、既存資料を利用し把握可能な道路吹雪対策マニュアルで定義される吹雪危険度A又は吹雪視程障害による事故が多発している箇所が考えられる。

さらに自発光式の視線誘導施設に限ることではないが、視線誘導施設に優先し、防雪林や防雪柵など吹雪現象そのものの防止又は軽減する施設を先ずは整備すべきである。このため、自発光化を検討するための条件とした。

5.4. 視線誘導施設の不適切な組み合わせ

ここで、整理した視線誘導施設の選定の考え方から併用が不適切と考えられる視線誘導施設の組み合わせを、具体的に紹介することとする。

デリニエータ、スノーポール、矢羽根は積雪条件及び除雪作業の形態によって選定され、いずれも通常夜間に於ける視線誘導機能を備えていることから除雪作業上必要となる部分的なものを除き、基本的にはこれら3つの施設を併用することは適切ではない。

視線誘導樹は夜間において視線誘導効果が期待できないため、他の視線誘導施設との併用が必要である。

また、当該道路に連続した道路照明が設置されている場合には自発光式の視線誘導施設は効果が期待できない。このため、自発光化された視線誘導施設と連続道路照明とを併用して用いることも適切ではないと考えられる。

6. 矢羽根の設計

ここでは、吹雪対策としての視線誘導施設に利用される矢羽根の仕様について述べる。

寒地土木研究所においては、矢羽根の視認性に関する調査を実施しており、非発光式矢羽根については「反射材や色の違いによる視認性の優劣は吹雪時においてほとんど無い」¹⁶⁾との結果が得られている(図-3)。このことから、矢羽根を吹雪対策として導入する場合、これまでの設置事例から色は赤白の縞模様、反射材はカプセルレンズ型を基本とすることとした。

また、自発光式矢羽根の発光方式については「点滅方式に比べ常灯方式の方が吹雪時において視認性が優れる」¹⁶⁾(図-4)ことから、発光方式については可能な限り常灯方式とすることが望ましい。

さらに、自発光式矢羽根に配置される LED 全体の累計光度については「160cd から600cd までは吹雪時夜間に視認性の大きな違いが見られない」¹⁶⁾、「晴天時夜間には矢羽根の累計光度が160cd より明るいとき

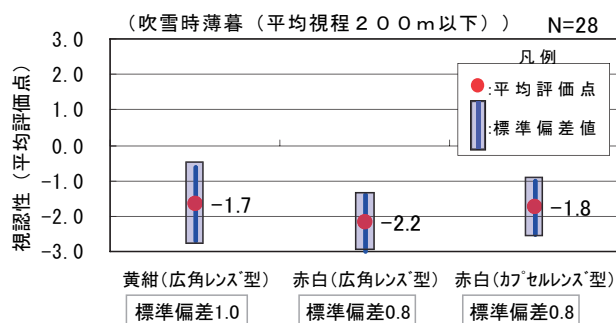


図-3 非発光式矢羽根の視認性¹⁶⁾

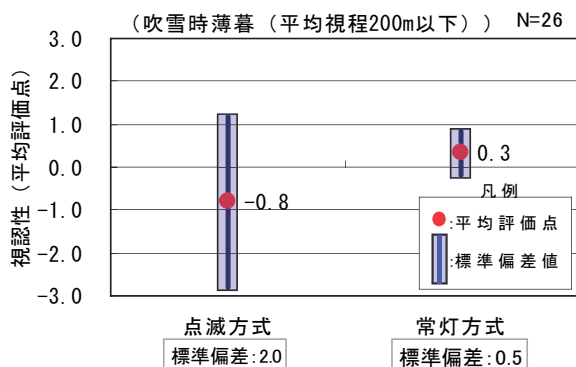


図-4 自発光式矢羽根の視認性と発光方式¹⁶⁾

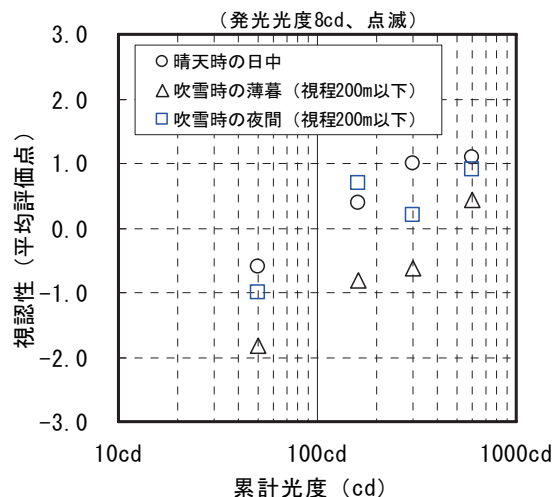


図-5 自発光式矢羽根の視認性と累計光度¹⁶⁾

ぶしいと感じられる割合が高い」¹⁶⁾(図-5)ことから、累計光度は晴天時夜間に眩しくなく、吹雪時夜間には一定の視認性が確保される累計光度160cd が望ましい。

7. 視線誘導樹の設計

最後に、視線誘導樹の仕様について述べる。

視線誘導樹は、吹雪時の視線誘導を目的に道路の路側付近などに設置される樹木をいい、樹木の枝葉が黒っぽいため、道路周辺が白一色となる吹雪視程障害時においても周囲とのコントラストが大きく道路の視認性の向上が期待できる施設である。

寒地土木研究所では、吹雪環境下での樹木の視認性調査により(写真-4)、吹雪時薄暮においては「雪面上からの樹高が1.5m 以上であれば60m 先までは視認できる割合が高い(図-6)」¹⁷⁾ことを明らかにしている。このため、視線誘導樹の大きさは少なくとも雪面上から樹高1.5m 以上を確保すれば、視線誘導効果を期待できる。

また、吹雪時薄暮において「樹木の視認性は80m 以上離れると大きく低下」¹⁷⁾しており(図-6)、視線誘導樹の設置間隔は60m 以下とする必要がある。しかし、視線誘導樹は通常40m 間隔で設置¹⁾される視線誘導標との併用が夜間のため必要となることを踏まえ

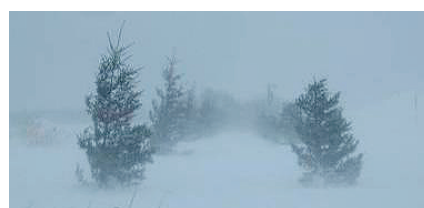
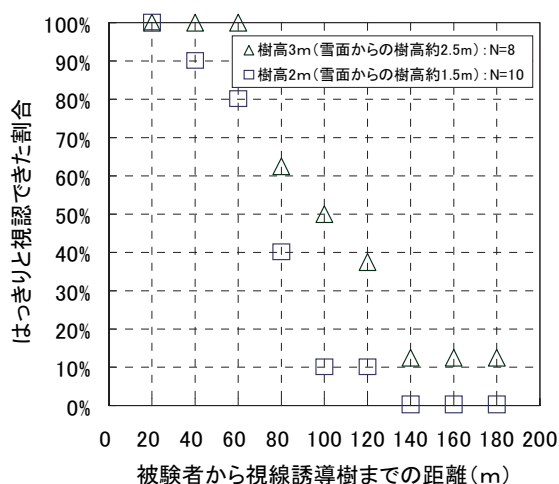


写真-4 調査で利用した視線誘導樹
(トマト【樹高2m, 3m】)



図－6 視線誘導樹の視認性
(吹雪時薄暮：視程200m 以下)¹⁷⁾

ると、併用した場合にも設置位置が重ならないよう通常の視線誘導標同様、設置間隔を40m とすることが適当である。

8. おわりに

本文では、「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル(案)」で整理した視線誘導施設の機能や選定方法、仕様などについて解説した。

しかしながら、マニュアル案の記載内容は調査研究途上の事項がある中で、取りまとめた部分も多い。このため、マニュアル案の現場での試行を通じ生じた新たな課題や知見などをフィードバックしながら、内容の充実を図っていきたいと考えている。

最後に、マニュアルの取りまとめに際しご助言ご指導いただいた「吹雪時を考慮した視線誘導施設マニュアル検討委員会」の各委員をはじめ、北海道、東日本高速道路㈱、北海道開発局の関係各位に御礼を申し上げます。

(文責：武知洋太)

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：視線誘導標設置基準・同解説、1984
- 2) (独)北海道開発土木研究所：道路吹雪対策マニュアル、国土交通省北海道開発局、2003
- 3) 国土交通省北海道開発局：道路設計施工要領、2007
- 4) 金子学、加治屋安彦、福澤義文：冬期道路の安全走行支援システムに対する利用者ニーズ(第1報)－冬道でのヒヤリ体験に関するアンケート調査から－、第41回(平成9年度)北海道開発局技術研究

発表会発表概要集(4)道路舗装橋梁部門、163-168、(財)北海道開発協会、1998

- 5) 丹治和博、金田安弘、福澤義文、加治屋安彦：アイカメラによる冬期道路でのドライバーの視線挙動について、寒地技術論文・報告集、vol.12、331-337、(社)北海道開発技術センター、1996
- 6) 伊東靖彦、武知洋太、松澤勝、加治屋安彦：北海道におけるスノーポールの設置経緯とマニュアル作成への取り組み、第18回ゆきみらい研究発表会論文集(CD-ROM)、ゆきみらい2006in 上越実行委員会、2006
- 7) 谷口綾子、原文宏、神馬強志、萩原亨：冬期視線誘導標の分類とその効果に関する利用者意識について、寒地技術論文・報告集、vol.17、634-637、(社)北海道開発技術センター、2001
- 8) 北海道開発局単価を参照、http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_jigyoku/gijyutu/02_kokai.html#2
- 9) 札幌開発建設部管内単価、<http://www.sp.hkd.mlit.go.jp/news/tankahyo.html>
- 10) 伊東靖彦、鈴木武彦、松澤勝、加治屋安彦：固定式視線誘導柱(矢羽根)の経緯とその効果、第21回日本雪工学会大会 論文報告集、129-130、(社)日本雪工学会、2004
- 11) 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・報告書、vol.20、325-331、(社)北海道開発技術センター、2004
- 12) 伊東靖彦、武知洋太、松澤勝、加治屋安彦：アイマークカメラを用いた冬期道路における注視特性調査、第60回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、(社)土木学会、2005
- 13) 国土交通省北海道開発局：設計積雪深に関する技術資料、2001
- 14) (社)日本建設機械化協会、(社)雪センター、除雪・防雪ハンドブック(防雪編)、p112-113、(社)日本建設機械化協会、(社)雪センター、2005
- 15) (社)日本道路協会：道路構造令の運用と解説、p242-243、2004
- 16) 武知洋太、伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦：吹雪環境下での固定式視線誘導柱(矢羽根)の視認性に関する研究、寒地土木研究所月報第636号、12-22、(独)土木研究所寒地土木研究所、2006
- 17) 武知洋太、伊東靖彦、松澤勝、加治屋安彦：視線誘導樹の視認性とドライバーの視線誘導樹への注視特性調査、北海道の雪氷 No.24 (2005)、(社)日本雪氷学会北海道支部、2005