

## 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

### Recognition of fixed-post delineators with arrow-shaped pointers under poor visibility conditions in blowing-snow.

武知 洋太\* 伊東 靖彦\*\* 松沢 勝\*\*\* 加治屋 安彦\*\*\*\*

Hiroataka TAKECHI, Yasuhiko ITO, Masaru MATSUZAWA, and Yasuhiko KAJIYA

従来、固定式視線誘導柱（以下：矢羽根）は道路除雪の目印として利用されてきた。一方で近年、矢羽根は吹雪による視程障害時などには、一般ドライバーへの視線誘導施設としても利用されてきている。また、交通安全を目的に様々な改良が加えられ、多種多様な矢羽根が設置されるようになった。より経済的に矢羽根の整備を図るには、視線誘導施設として必要十分な矢羽根の性能を明らかにする必要がある。

本研究では、矢羽根と自発光式デリニエータとの視認性の差異や仕様（反射材や色、自発光式については発光方式、累計光度、LED 1 個当たりの発光光度）の違いによる矢羽根の視認性の差異を明らかにするため、吹雪環境下で矢羽根や自発光式デリニエータをモニターに視認させる調査を実施した。本文は、その結果を報告するものである。

《キーワード：吹雪；固定式視線誘導柱（矢羽根）；視認性；視線誘導》

Fixed-post delineators with arrow-shaped pointers were designed to facilitate snow removal by indicating the carriageway edge. In recent years, they have been used to assist drivers by indicating the road configuration under conditions of blowing-snow-induced poor visibility. Such delineators with improved designs have been installed in the road. For more cost-effective installation, we must clarify the delineation performance of fixed-post delineators with arrow-shaped pointers.

In this study, subjects were surveyed on their recognition of fixed-post delineators with arrow-shaped pointers and on their recognition of light-emitting delineators, under conditions of reduced visibility. For both types of delineator, the specifications were varied. The delineation performance of each type and specification of delineator was compared in terms of recognition by drivers.

《Key words: blowing snow, fixed-post delineator with arrow-shaped pointer, recognition, visual guidance》

## 1. まえがき

積雪寒冷地である北海道の道路では、ドライバーは吹雪による視程障害によって視覚情報の乏しい状態での走行を強いられている。そのため、道路には吹雪による視程障害に対し冬期道路交通の安全を確保することを目的に、道路線形や走行位置を明らかにする視線誘導施設が、吹雪対策の1つとして道路管理者によって整備されている。

北海道では従来、除雪の目印として赤白のスノーポールが広く用いられてきたが、除雪車両の高速化に伴いスノーポールでは損傷が多く見られるようになった。このため1980年代以降、除雪作業の効率化を図るため、写真1のような固定式視線誘導柱（以下：矢羽根）が常設の道路附属施設として広く導入されてきた。



写真1 固定式視線誘導柱（矢羽根）

しかし近年、矢羽根はアンケート調査によると一般ドライバーに頼りにされており<sup>1)</sup>、アイマークカメラを用いた被験者走行試験においては視線誘導施設に通常用いられる再帰反射型デリニエータと同程度にドライバーに注視される<sup>2)</sup>など、ドライバーへの視線誘導も担うようになっている。

現在、矢羽根は視線誘導施設として安全性を高めるため、板の反射材や色、LEDを付加して発光させるなどの改良が加えられており、仕様が多種多様である。このため矢羽根が視線誘導施設として必要十分な機能を備え、かつ経済的に整備されていくためには、矢羽根の色や反射材、自発光式では発光方式、累計光度、LED 1個当たりの発光光度の違いによる視認性の差異を明らかにし、視線誘導施設として必要な性能を明確にする必要がある。しかし、これまで矢羽根の必要性能について調査を行った事例は少ない<sup>3)</sup>。

そこで、矢羽根と自発光式デリニエータとの視認性の差異や矢羽根の仕様の違いによる視認性の差異について調査を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 調査概要

### 2.1. 調査概要

著者らは、平成16年1月～2月にかけて吹雪の発生が予想された4日間（時間帯：日中、薄暮、夜間）、図1に示す石狩吹雪実験場内（石狩市美登位）にて、2種類の矢羽根の視認性調査を実施した。



図1 調査箇所

2種類の視認性調査とは、1つ目が実験場内の試験道路直線区間に連続して設置した矢羽根及び自発光式デリニエータをモニターに吹雪環境下で視認させる「連続配置した矢羽根と自発光デリニエータの視認性比較調査（調査1）」、2つ目が反射材や色、自発光式の発光方式、累計光度、LED 1個当たりの発光光度が異なる実物大の矢羽根10枚をモニターに吹雪環境下で視認させる「仕様の異なる矢羽根の視認性比較調査（調査2）」である。

### 2.2. 調査時の気象条件・データ取得状況

これまでの吹雪時における視線誘導灯のコントラスト特性や輝度推定に関する既往研究<sup>4) 5)</sup>によれば、気象状況や時間帯（周囲の明るさ）の違いによって視線誘導施設の視認性は異なることがわかる。

そこで、本調査においては気象及び時間帯別に調査を実施した。その実施状況は表1に示す通りであり、吹雪時の日中以外はほぼ想定していた環境下で調査を実施することができた。

表1 晴天・吹雪時（視程200m以下）の調査状況

		晴天時			吹雪時		
		日中	薄暮	夜間	日中	薄暮	夜間
調査1	非発光式矢羽根	○	○	○		○	○
	自発光式矢羽根	○	○	○		○	○
	自発光式デリニエータ	○	○	○		○	○
調査2	非発光式矢羽根	○	○	○		○	○
	自発光式矢羽根	○	○	○		○	○
	発光方式	○	○	○		○	○
	累計光度	○	○	○		○	○
	発光光度	○	○	○		○	○

晴天時：降雪や地吹雪を伴わない場合をいう

吹雪時の運転挙動については「視程が100～200mにおいては、車群先頭車の速度のバラツキが大きくなり、低速走行になる車両が発生してくる」<sup>6)</sup>ことが既往研究で明らかとなっている。そこで本研究では、運転時の走行速度に影響のある視程200m以下を「吹雪時」とし、視認性評価を行った。

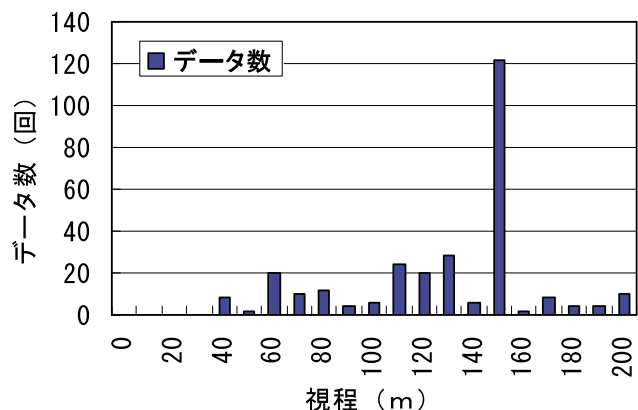


図2 調査時の視程頻度分布(吹雪時:視程200m以下)

なお本文の視程は、石狩吹雪実験場内の地上高2.1mに設置された透過型視程計によって常時(1秒毎)観測されたデータを、調査時にモニターが視認した時間(30秒間)毎に平均した値を用いた。

また、取得データが少ないため、今回は視程200m以下を同一条件と考え吹雪時と定義し、施設の視認性評価を行った。図2は今回の調査で取得された吹雪時(視程200m以下)の視程値を視程値別に頻度分布図として示したものであり、吹雪時の調査結果は、視程150m程度で実施したものが多い。

### 3. 連続配置した矢羽根と自発光式デリニエータの視認性比較調査

#### 3.1. 調査方法

##### (1) 調査に用いた視線誘導施設

調査には、国道で広く見られる非発光式矢羽根、自発光式矢羽根(高さ1200mm\*幅150～350mm)及び、自発光式デリニエータを用いた(表2)。自発光式デリニエータについては、高規格幹線道路の中央分離帯

表2 調査に使用した視線誘導施設の仕様

仕様項目	調査施設			参考 自発光式デリニエータ 高規格幹線道路 (中央分離帯)
	非発光式矢羽根	自発光式矢羽根	自発光式デリニエータ	
設置間隔	80m	80m	50m	50m
1球の発光光度		8cd	2.9cd 1.75cd	2.5cd
一面の累計光度		160cd	230.4cd	300cd
LEDの色		赤色	橙色(赤+緑)	橙色
LEDの数		20	36+72	120
点滅周期		点滅(点灯率50%)	常灯	常灯
反射材	全面カセルレンス型	全面カセルレンス型		
色	赤白	赤白		

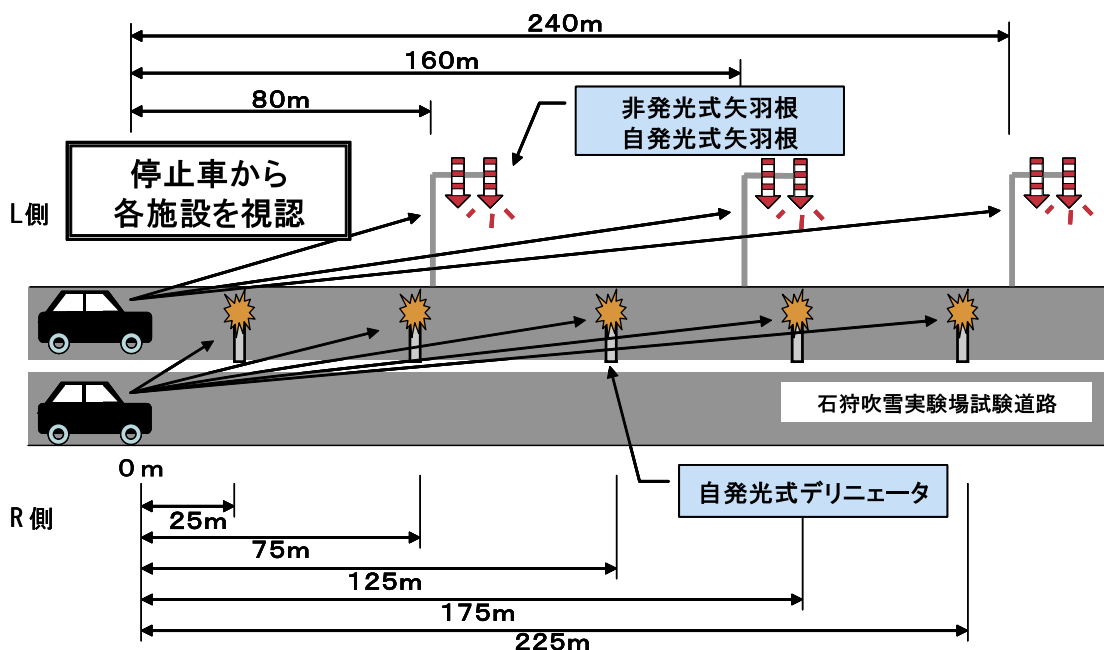


図3 試験道路での調査概要



写真2 試験道路での調査状況



写真3 アンケート調査実施状況

に用いられるものに仕様が類似したものを用いた。矢羽根は高さ5mの位置に80m間隔で設置し、自発光式デリニエータは発光体(LED)を高さ2.0mに配置したものを50m間隔で設置した。設置箇所は縦断勾配のほとんどない見通しの良い試験道路直線区間(240m)である。調査概要及び調査状況を図3、写真2に示す。

表3 視認性評価

回答内容	評価点
まぶしい	3
非常によく見える	2
よく見える	1
ちょうど良い	0
まあまあ見える	-1
かろうじて見える	-2
見えない	-3

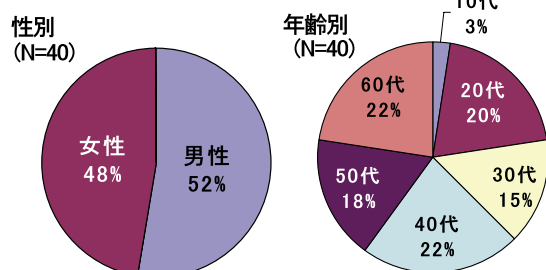


図4 モニターの属性

## (2) 調査方法

試験道路の0m地点に停車した乗用車の運転席または助手席にモニターを座らせ、3種類の視線誘導施設をモニターに30秒間見せた(図3)。その直後に表3に示す7段階の回答内容で視認性についてアンケート調査を行い(写真3)、それを別途点数付けした。なお、モニター数は1日当たり10名、4日間で計40名とした。また、モニターの属性は図4に示した様に男女及び年齢別の割合が均等になるよう幅広く集めた。

また、夜間は停車させた乗用車の前照灯を近目で点灯し調査を実施した。

## 3.2. 調査結果と考察

試験道路240m区間に連続して設置された3枚の非発光式矢羽根、自発光式矢羽根、5本の自発光式デリニエータについて、各施設の視認性(評価点)の平均と評価地点から各施設までの距離をプロットし回帰直線を引いたものを図5～図8に天候及び時間帯別に示す。

晴天時日中の結果を示した図5より、晴天時の日中には各施設で評価点に大きな違いは見られないことがわかる。「道路吹雪対策マニュアル」では、「ドライバーは目標物をそれと視認するには背景との輝度差が重要である」<sup>7)</sup>と指摘されているように、周囲が明るい日中においては、発光しても周囲(背景)と矢羽根の輝度差が小さいため、非発光式矢羽根や自発光式施設に関わらず視認性に大きな違いが現れていないものと考えられる。

「視線誘導施設設置基準・同解説」では「運転者は常に適当な走行基準となるものを求め走行している」<sup>8)</sup>と指摘している。このことから、視線誘導施設に求められる視認性は、安全かつ安定した走行となる晴天時の日中と同等に確保されることが、1つの目安と考えられる。そこで本調査では、晴天時の日中の視認性を基準として、夜間や吹雪時での視線誘導施設に必要な視認性を検討することとした。

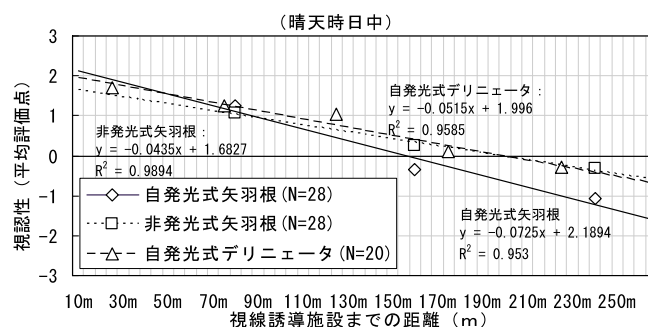


図5 各視線誘導施設までの距離と視認性(1)



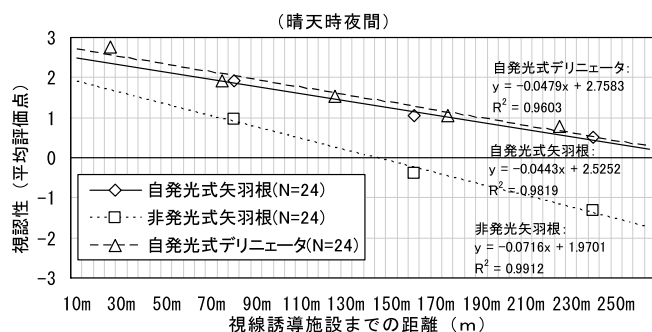


図6 各視線誘導施設までの距離と視認性 (2)

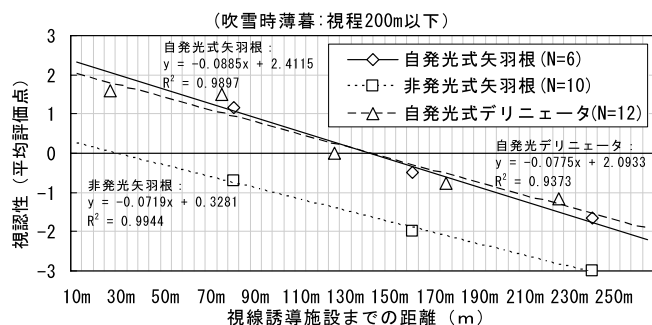


図7 各視線誘導施設までの距離と視認性 (3)

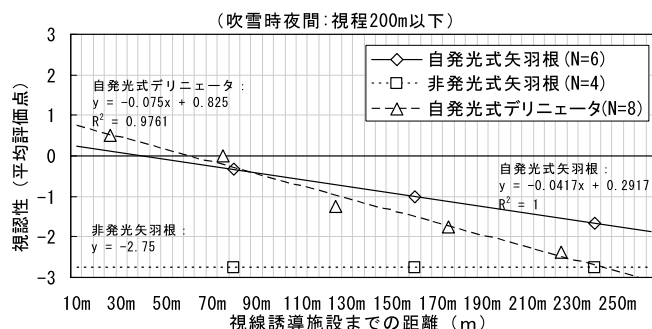


図8 各視線誘導施設までの距離と視認性 (4)

図6は、晴天時の夜間における調査結果である。図6より、晴天時の夜間において非発光式矢羽根の評価点は晴天時の日中と同程度であり、視線誘導施設として必要な視認性を確保できていると考えられる。また自発光式施設の評価点については、日中より高くなっている。これは夜間では日中より周囲が暗く、周囲と自発光式施設との輝度差が大きいためと考えられる。

図7は、吹雪時の薄暮における調査結果である。図7より吹雪時の薄暮では、自発光式施設での評価点に大きな違いはない。これは晴天時薄暮と同様である。また施設までの距離が80m程度までは、自発光式施設の評価点は晴天時薄暮とほぼ同等である。一方で、非発光式矢羽根は80m先の1本目から評価点の平均は-1点程度(「まあまあ見える」と低く、自発光式施設に比べ晴天時薄暮から視認性が低下している。

図8は、同様に吹雪時の夜間における調査結果である。図8より吹雪時の夜間においては、施設までの距

離が約80m以上離れると、自発光式デリニエータと比べ自発光式矢羽根の方が評価点の高いことがわかる。一方、薄暮時には前で(図7)述べたように2つの施設の視認性評価の差は小さく、時間帯の違いで結果が異なった。さらに、視認性は周囲の背景とのコントラスト(輝度差)が大きいほど高くなるため、通常は薄暮に比べ夜間の視認性が高くなると考えられるが、薄暮に比べ夜間の視認性評価が各施設とも低く、特に近距離のものほど顕著である。

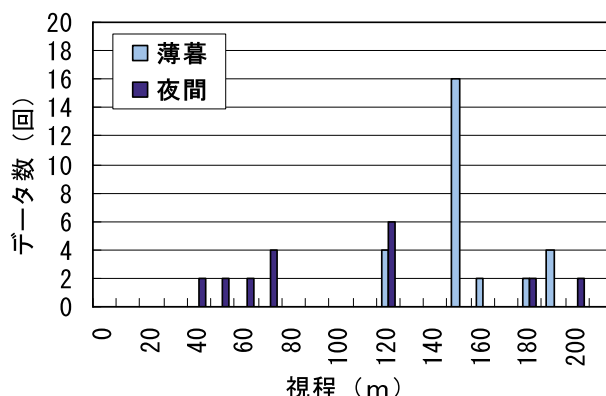


図9 吹雪時の視程頻度分布図(薄暮・夜間)

この原因を探るため、この調査時における視程状況について注目した(図9)。その結果、薄暮においては視程100m以下で調査が実施されなかったのに対し、夜間においては視程100m以下での調査が含まれていた。すなわち、夜間の視認性評価が薄暮時に比べ低かった原因は、薄暮には今回発生していない視程100m以下の著しい視程障害が夜間では数多く発生していたことによるものと考えられる。

また、吹雪は地上付近ほど濃く視程障害が著しい<sup>7) 9)</sup>ことが知られている。視程100m以下の著しい視程障害時には、低い位置に設置されていた自発光式デリニエータの視認性が矢羽根の視認性に比べ低くなったと考えられる。

一方、非発光式矢羽根については、80m先の1本目の矢羽根からほとんどのモニターの評価点が-3点(「見えない」という評価であった。すなわち吹雪時の夜間では、非発光式矢羽根は最も近い80m先のものですらほとんど視認できないことがわかる。ただし、今回の調査は前照灯が近目の状態で調査しているため、遠目にするすることで結果が異なることも考えられ、今後の課題である。

#### 4. 仕様の異なる矢羽根の視認性比較調査

##### 4.1. 調査方法

###### (1) 調査方法

調査は、10枚の矢羽根(高さ1200mm\*幅150~350mm)

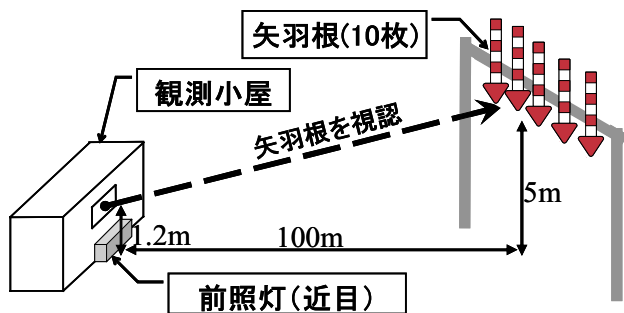


図10 矢羽根の視認方法概要



写真4 調査で使用した矢羽根



写真5 アンケート調査実施状況

を高さ5mの位置に並べて設置し、それをモニターに100m離れた観測小屋の中から、椅子に着席した状態で1枚ずつもしくは2枚を同時に30秒間見せアンケートによって視認性を比較した。矢羽根の設置状況及び視認方法の概要とその調査状況を図10、写真4、5に示す。1枚ずつ矢羽根を見せた調査は、調査1と同様に表3に示す7段階の内容で視認性を評価させ、その結果を点数付し解析を行った。また矢羽根2枚を同時に見せた調査については、どちらがどの程度見やすいか「非常に見やすい」「やや見やすい」「同等・差なし」という中から選択回答させ評価した。なお、モニター

は調査1と同様で4日間で計40名である。

また、夜間は、実際の走行条件に近づけるため、車の前照灯または乗用車を観測小屋の前に置き、矢羽根に前照灯を直接あてるのではなく前方に向け近目で点灯した。

## (2) 調査に用いた矢羽根

ここで、本調査において比較した矢羽根の仕様を表4に示す。本調査で比較した非発光の矢羽根には、反射材の違いによる視認性の変化を把握するため、同じ形状の赤白ストライプの矢羽根で反射材のレンズタイプが異なる2種類(表4の⑧、⑨)を用いた。また、色の違いによる視認性の変化を把握するため、道内の国道でよく見られる赤白に加え黄紺のストライプの矢羽根(表4の⑨、⑩)を用いた。

表4 調査に使用した矢羽根の規格一覧

	点灯方式	累計光度	LED1個当りの発光光度	番号	備考
自発光式矢羽根	点滅方式	50cd	8cd	①	発光色: 赤 点灯率: 50%
		160cd	8cd	②	
		300cd	8cd	③	
		600cd	8cd	④	
		160cd	16cd	⑤	
		160cd	20cd	⑥	
	常灯方式	160cd	8cd	⑦	発光色: 赤

	色	反射材	番号	備考
非発光式矢羽根	赤白	カプセルプリズムレンズ型	⑧	
		広角プリズムレンズ型	⑨	
	黄紺	広角プリズムレンズ型	⑩	

表5 市販されている自発光式矢羽根の仕様

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

自発光式矢羽根については、メーカーから聞き取りなどにより調査したところ、表5に示すような様々な仕様の矢羽根が市販されていることがわかった。そこで、市販されている仕様の範囲で発光方式、累計光度、発光光度の違いによる視認性を比較できるよう、本調査では点灯方式が異なる矢羽根(表4の②、⑦)、累計光度が異なる矢羽根(表4の①、②、③、④)、LED1個当たりの発光光度が異なる矢羽根(表4の②、⑤、⑥)を用いた。なお、「ウェーバーフェヒナーの法則」によれば「人間の感覚強度は刺激強度の対数に比例する」<sup>10)</sup>とされる。そこで累計光度については、市販されている仕様範囲内で累計光度が対数軸上ほぼ均等間隔になるよう、矢羽根の仕様を設定した。

## 4.2. 調査結果と考察

### 4.2.1. 非発光式矢羽根の視認性

矢羽根の視認性を色及び反射材の違いで比較調査した結果を図11,12に示す。

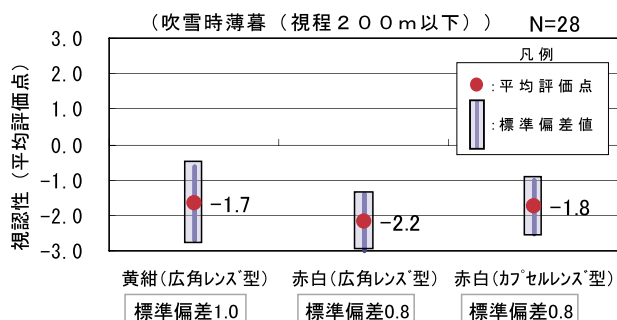


図11 非発光式矢羽根の視認性 (1)

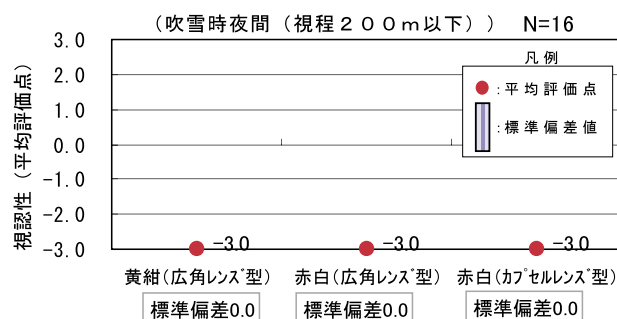


図12 非発光式矢羽根の視認性 (2)

図11,12は、吹雪時の薄暮及び夜間における色や反射材の異なる矢羽根毎の視認性(評価点)を示したものである。図11より吹雪時の薄暮における矢羽根の色の違いでは、赤白に比べ黄紺の評価点が平均0.5点高い。また矢羽根の反射材の違いでは、カプセルレンズ型の評価点が広角プリズムレンズ型に比べ平均0.4点高い。しかし、いずれの評価点も平均 -2.0点(「かろうじて見える」)前後と低く、また視認性に大きな違いもないため、今回の結果からは色や反射材の違いは吹雪時の矢羽根の視認性にほとんど影響しないと考えられる。

次に、図12より吹雪時の夜間においては、どの矢羽根もすべて平均 -3.0点の「見えない」という視認性評価であった。つまり、吹雪時の夜間に前照灯が近目の状態では、3.2節の結果と同様に100m先の非発光矢羽根は視認性が非常に悪く、まったく見えていないことがわかる。

### 4.2.2. 自発光式矢羽根の発光方式と視認性

発光光度が8cdのLED、累計光度が160cdの自発光式矢羽根を用い、発光方式の違いによる視認性の差異を比較調査した結果を示す。図13は、吹雪時の薄暮に

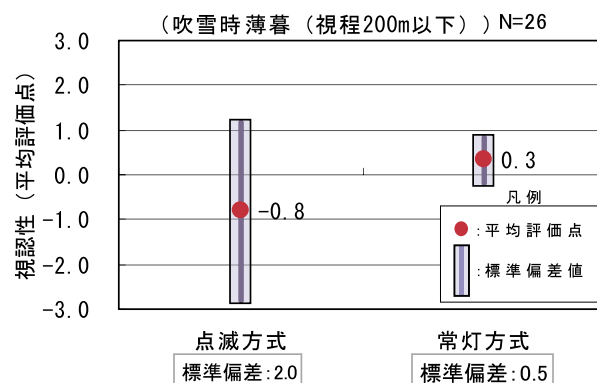


図13 自発光式矢羽根の視認性と発光方式

おける常灯方式と点滅方式での自発光式矢羽根の視認性(評価点)を示したものである。

図13より吹雪時の薄暮において、常灯方式より点滅方式の方が評価点のバラツキが大きく、評価点が低いところでは -3.0点(「見えない」)程度しかない場合がある。また、点滅方式より常灯方式の方が平均的な視認性は高い。

これは、吹雪による視程障害の程度は空間や時間によって変化するが、点滅方式では視程の変化と点灯間隔とが一致せず矢羽根を視認できる時間が少ない分、常灯方式に比べると視認性のバラツキが大きく、視認性も低下するためと考えられる。福澤らは、自発光式視線誘導標を用いた調査結果において「常灯のほうが点滅よりも、視認性効果が高い傾向にある」<sup>11)</sup>と結論づけており、その結果とも一致している。

### 4.2.3. 自発光式矢羽根のLEDの累計光度と視認性

発光光度が8cdのLEDを用いた自発光式矢羽根を用い、累計光度の違いによる視認性を比較調査した結果を図14,15,16に示す。

図14,15は、降雪や地吹雪を伴わない晴天時の薄暮及び夜間における、累計光度の異なる4種類の自発光式矢羽根の視認性を示したものである。

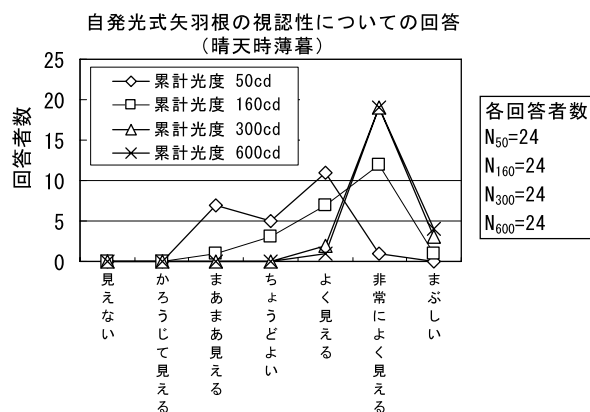


図14 自発光式矢羽根の視認性と累計光度 (1)



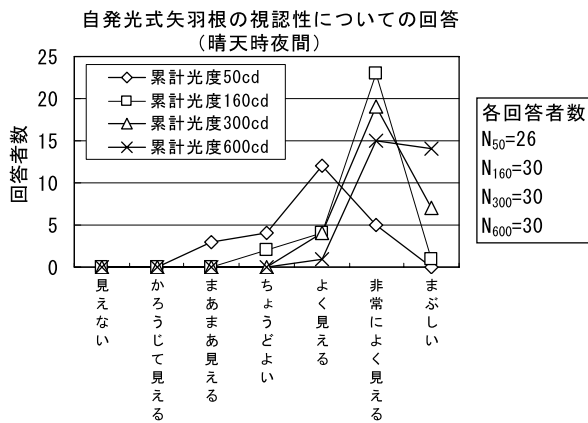


図15 自発光式矢羽根の視認性と累計光度 (2)

図14より、薄暮においては累計光度300cdと600cdの自発光式矢羽根に対して「非常によく見える」と回答したモニターの割合が高く、累計光度が高いほど視認性は高いことがわかる。一方で図15より、夜間においては累計光度が300cdと600cdの視認性について、それぞれ23%、47%のモニターが「まぶしい」と回答しており、累計光度が300cd以上の自発光式矢羽根は、晴天時の夜間においては人によってまぶしく感じられることがわかる。

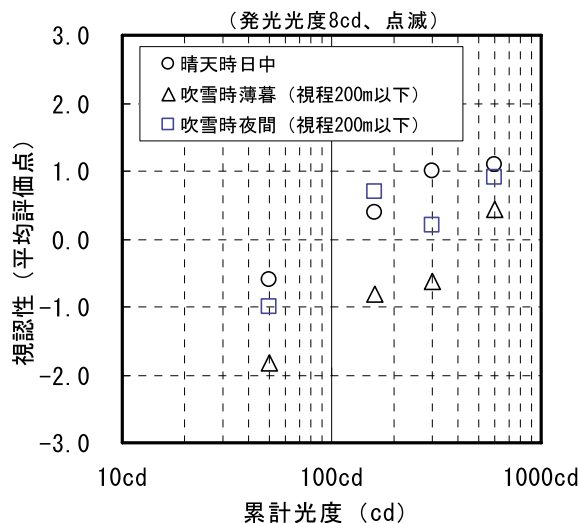


図16 自発光式矢羽根の視認性と累計光度 (3)

次に、吹雪時の薄暮及び夜間での調査結果を、縦軸に視認性（評価点）の平均点、横軸に対数目盛で累計光度をとり図16に示した。図16より、吹雪時の夜間で累計光度160cdの評価点は累計光度50cdと比較すると、平均2.0点程度高くなっている。さらに累計光度160cd以上の3種類の矢羽根では評価点に大きな差はなく、晴天時の日中における評価点とも差異は見られない。3.2節で述べたように、視線誘導施設として必要な視認性は明確に定義できるものではないが、晴天時の日中と同等の視認性を保持しているということ

は、視線誘導施設として機能を果たしていると考えられることができる。

以上より、夜間においては累計光度160cdが自発光式矢羽根に必要な累計光度の目安になると考えられる。

一方、吹雪時の薄暮は夜間に比べ全体的に評価点が低い。これは薄暮では、周囲が明るく背景と矢羽根の輝度差が小さいためと考えられる。しかし、最も明るい累計光度600cdの矢羽根では、吹雪時夜間と同程度の視認性が得られている。また、図14に示すように累計光度600cdの矢羽根を「まぶしい」と感じているモニターはほとんどいない。すなわち薄暮では、晴天時、吹雪時を問わず累計光度600cdが適していると考えられる。

このように、周囲の明るさの違いによって必要な累計光度が異なることが明らかとなった。しかし、すべての時間帯の吹雪環境下で、一定の視認性を確保できるよう累計光度を明るいものに設定すると、「まぶしい」と感じるドライバーの存在が増加し、一概に明るい方が良いということにならない。

このため、周囲の明るい日中や薄暮に視線誘導機能を高める必要がある区間の対策には、日中や薄暮に夜間と同等の視認性が確保できるよう累計光度を調光する機能を矢羽根に持たせるか、もしくは視線誘導樹など別途の視線誘導施設を併用することが望ましいと考えられる。

#### 4.2.4. 自発光式矢羽根のLED 1個当たりの発光光度と視認性

累計光度が160cdと一定で、LED 1個当たりの発光光度が異なる自発光式矢羽根を用い視認性を比較調査した結果を示す。図17は吹雪時の薄暮及び夜間での調査結果を、縦軸に視認性（評価点）の平均点、横軸に発光光度をとり示したものである。

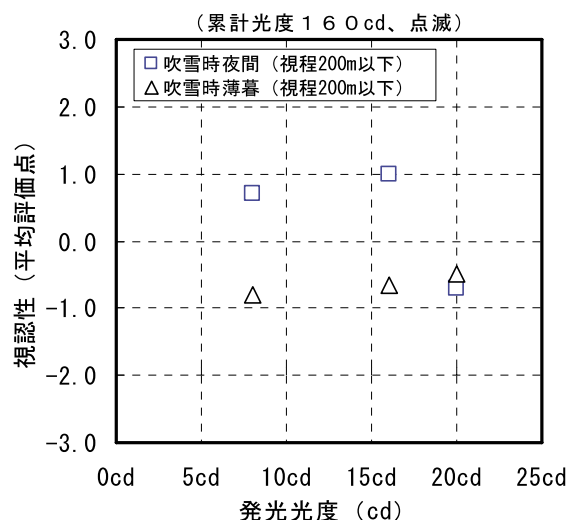


図17 自発光式矢羽根の視認性とLED 1個当たりの発光光度



図17より吹雪時の夜間では、発光光度が20cd より8cd、16cd の評価点が高く、累計光度が一定であれば発光光度を低くてLED の数を増やした方が視認性の高い傾向が見られる。しかし、薄暮では視認性にほとんど違いは見られていない。

そこで、もう一方のアンケート調査すなわち矢羽根2枚ずつ同時に見せ一対比較した調査結果を示す。図18は吹雪時の薄暮及び夜間において、2枚の矢羽根のどちらが見やすいか一対比較した結果である。これより吹雪時の薄暮、夜間に関係なく、ともにLED 1個当たりの発光光度が低い矢羽根の方が見やすいという回答が多い。つまり、発光光度が低くても、矢羽根に

配置されるLED の数が多い方が見やすくなることがわかる。

しかし、時間帯で違いを比較してみると、薄暮では夜間と比べて発光光度が低い矢羽根の方が見やすくなる傾向は小さい。

以上の2種類のアンケート結果から、累計光度が一定の自発光式矢羽根では、LED 1個当たりの発光光度が低くてもLED の数の多いほうが視認性の高い傾向がみられ、特に20cd と8cd、16cd との間で顕著である。また、その傾向は吹雪時薄暮より吹雪時夜間で顕著である。

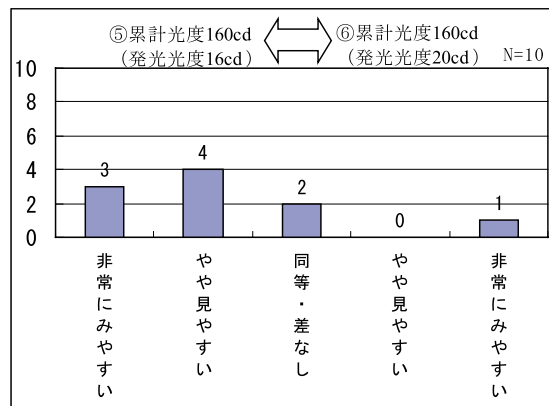
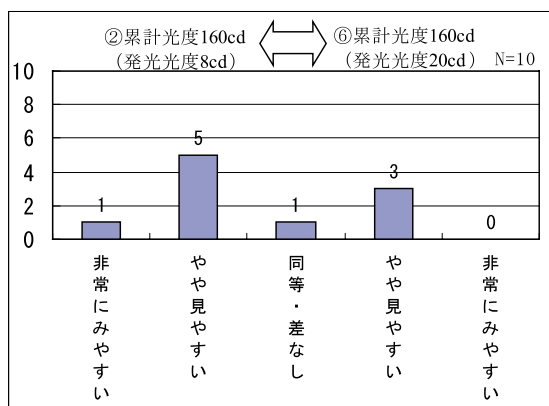
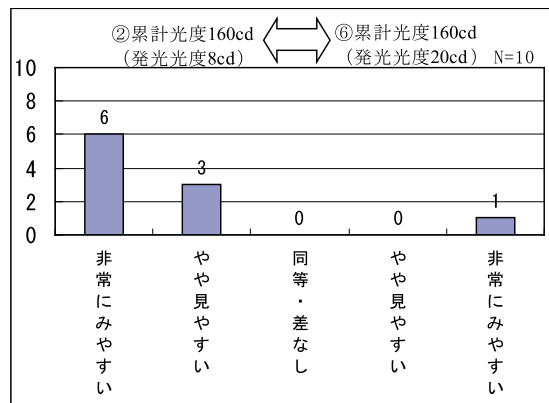
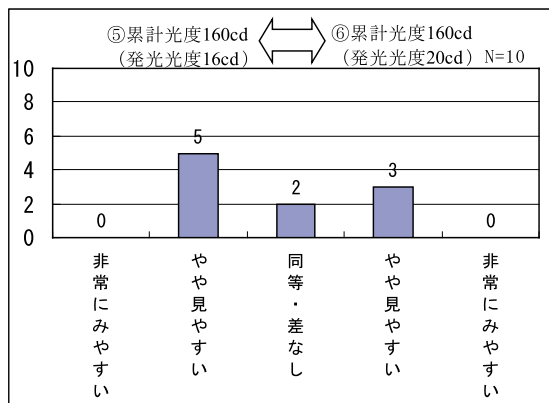
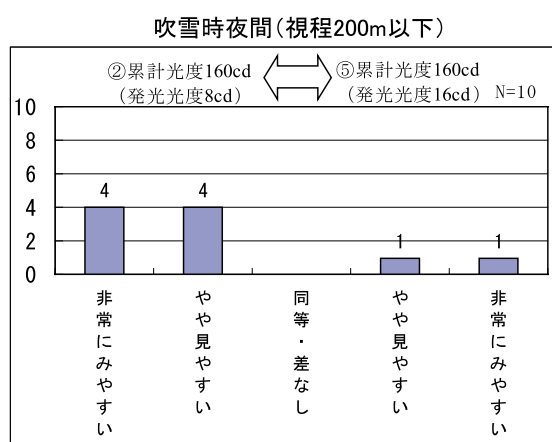
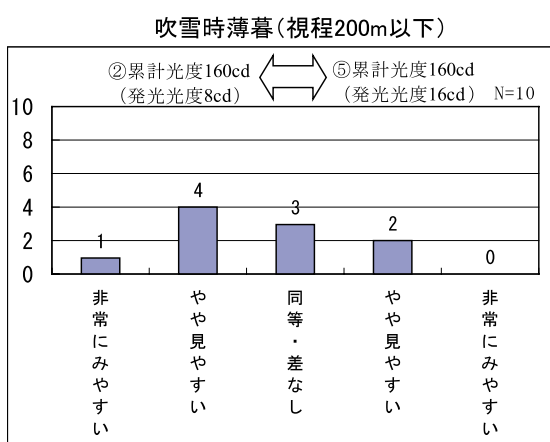


図17 1対比較による自発光式矢羽根の視認性とLED 1個当たりの発光光度

## 5. まとめと今後の課題

今回、現地において連続して設置された矢羽根と自発光式デリニエータ及び、仕様の異なる10種類の矢羽根の視認性比較調査を行うことにより、以下のことが明らかとなった。

①晴天時の夜間において、非発光式矢羽根は日中と同程度、自発光式矢羽根及び自発光式デリニエータについては日中より高い視認性が確保できることが確認できた。

②晴天時及び吹雪時（視程200m 以下）の薄暮において、自発光式矢羽根と自発光式デリニエータでの視認性に大きな違いはなかった。吹雪時（視程200m 以下）の夜間においては、80m 付近より遠方で自発光式デリニエータより自発光式矢羽根の視認性が高い傾向があった。

③非発光式矢羽根は、吹雪時（視程200m 以下）の薄暮において色や反射材による視認性の違いはほとんどなく、100m 先での視認性評価は「かろうじて見える」と低い。

また、吹雪時（視程200m 以下）の夜間では、前照灯を近目で点灯した場合において、100m 先の非発光式矢羽根は反射材や色の違いによらず「見えない」という評価となった。

④自発光式矢羽根の発光方式については、吹雪時（視程200m 以下）の薄暮では点滅方式に比べ常灯方式の方がバラツキの少ない安定した視認性が確保でき、かつ視認性そのものも優れている。

⑤自発光式矢羽根の累計光度が300cd 以上では、晴天時の夜間に「まぶしい」と感じるモニターの割合が高い。

また、吹雪時（視程200m 以下）の夜間において、累計光度が160cd 以上では視認性に大きな差が見られない。つまり、吹雪時における視線誘導施設として必要な自発光式矢羽根の累計光度は約160cd が目安になると考えられる。

⑥自発光式矢羽根の累計光度を一定、LED 1 個当たりの発光光度を変化させた調査では、8cd ～ 20cd の間ではLED 1 個当たりの発光光度が低くても板に配置される LED の数が多い方が見やすいという傾向が見られた。その傾向は、吹雪時夜間において8cd と16cd、20cd の間で顕著に確認できた。

最後に今後の課題として、本調査では日中の吹雪時に於ける調査が天候状況により実施できなかったため、日中の吹雪時に必要な矢羽根の性能を検討するためには継続して調査を実施する必要があると考える。また視線誘導施設を実用していく上では、視認性だけでなく整備にかかるコストも重要な判断要素となる。

今後は、性能面だけでなくコスト面にも配慮した最適な視線誘導施設についての検討を行ってゆきたい。

## 参考文献

- 1) 谷口綾子, 原文宏, 神馬強志, 萩原亨, 2001: 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, p634-637, (社) 北海道開発技術センター
- 2) 伊東靖彦, 武知洋太, 松澤勝, 加治屋安彦, 2005: アイマークカメラを用いた冬期走行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
- 3) 斉藤博英, 福田征剛, 奥田稔, 1992: 冬期間における自発光視線誘導標の設置効果について, 第35回北海道開発局技術研究発表概要集, 道 -12, 国土交通省北海道開発局
- 4) 萩原亨, 小野寺雄輝, 中西真史, 香田一哉, 1996: 吹雪時における視線誘導灯のコントラスト特性に関する研究, 寒地技術論文・報告集 vol.12 No.1, p344-348 (社) 北海道開発技術センター
- 5) 中西真史, 加治屋安彦, 赤坂人司, 山川淳一, 小林正自, 町田政則, 今津隆二, 萩原亨, 1997: 吹雪時の視線誘導灯の輝度推定に関する研究, 寒地技術論文・報告集 vol.13, p59-65 (社) 北海道開発技術センター
- 6) 福澤義文, 加治屋安彦, 金子学, 丹治和博, 金田安弘, 1998: 吹雪時における多重衝突事故の発生要因とその対策について (第2報) -平成10年1月7日における札幌圏の事故事例解析から-, 寒地技術論文・報告集 vol.14, p49-56, (社) 北海道開発技術センター
- 7) (独) 北海道開発土木研究所, 2003: 道路吹雪対策マニュアル p1-6-25, p1-7-4, p1-7-9, 国土交通省北海道開発局
- 8) (社) 日本道路協会, 1984: 視線誘導標設置基準・同解説, p1, (社) 日本道路協会
- 9) 竹内政夫, 石本敬志, 野原他喜男, 1975: 吹雪量と飛雪量鉛直分布, 雪氷, 37 (3), 日本雪氷学会
- 10) 大山正, 2000: 視覚心理学への招待 -見える世界へのアプローチ-, p14-15, 株式会社サイエンス社
- 11) 福澤義文, 加治屋安彦, 廣瀬哲司, 今津隆二, 湯浅雅也, 丹治和博, 1999: 吹雪時の効果的な視線誘導システムと供用道路にける検証実験, 寒地技術論文・報告集 vol.15, p43-49, (社) 北海道開発技術センター



武知 洋太\*  
Hirotaka TAKECHI

寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ  
雪氷チーム  
研究員



伊東 靖彦\*\*  
Yasuhiko ITO

寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ  
雪氷チーム  
主任研究員



松沢 勝\*\*\*  
Masaru MATSUZAWA

寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ  
雪氷チーム  
総括主任研究員  
博士（工学）  
気象予報士  
技術士（建設）



加治屋 安彦\*\*\*\*  
Yasuhiko KAJIYA

寒地土木研究所  
寒地道路研究グループ  
雪氷チーム  
上席研究員  
博士（工学）  
技術士（建設）