

北海道開発局	開発土木研究所	正員	福澤 義文
北海道開発局	開発土木研究所	正員	加治屋安彦
北海道開発コンサルタント(株)			森 隆広

## 1. はじめに

北海道においては冬道走行の安全性と円滑性を図る目的で、凍結防止剤散布による雪氷路面管理対策をはじめ、防雪林・防雪柵等による吹雪対策が行われているが、依然として冬道で一度に十数台余を巻き込む多重衝突交通事故が多発し増加傾向ある。事故の主要因の一つは吹雪・雪煙による視程障害である。

強い視程障害時には、運転者は安全走行のための視覚情報が得難い状況に陥るため、やむなく前走車に追従し接近走行するようになり、非常に危険な走行状態となる<sup>1)</sup>。このため視程障害時の走行支援装置として、視線誘導標等により道路線形・自転車走行位置を知らしめ運転者誘導を行うことがよって冬道走行の安全性を一層高めることができるものと考えられる。この場合、高い誘導効果を期待できる視線誘導標の設置手法が重要になる。ところが、視線誘導施設の設置に関しては「視線誘導施設設置基準」で技術的なことが示されているものの、吹雪・雪煙による視程障害を考慮した設置間隔等の設置手法について余り盛り込まれていない。冬道の視程障害の発生を考慮し、厳しい走行環境下において効果的に運転者誘導が行える視線誘導標等の設置手法の確立が急がれている。

本文では、視程障害状況や走行特性等を考慮して、自発光視線誘導標の設置間隔と発光部輝度の高さについて検討し、走行形態の異なる高速道路と一般道路の場合の適正值について考察する。

## 2. 視程障害時の運転者の視点挙動と視線誘導

視程障害時の走行において、ドライバーの眼が何を頼りにして運転しているのかを知るのにアイカメラを装着して観測を行った(図-1)。図は視程と注視時間(ある時間以上同じものを見ている)の割合の関係を示したものである<sup>2)</sup>。視程の低下、つまり、視程障害度合の増大に伴い一視点への注視時間が短くなる傾向を示している。さらに注視点は対象物を次々に変えながら走行していることが分かった。このことは、運転者が道路線形等の確認のために、視線誘導の手助けとなるものを次々に視認しながら走行しているためと考えられる。

次に、視程障害時と視程良好時の視点挙動を(写真-1)比較すると、道路中央に位置していた視点が、視程障害時には左側に集中している。視点が道路外側に移動し路側位置等の確認のために雪堤、ガードレール、スノーポールを追うようになるため、冬道での視線誘導施設の重要性を裏付けている。

また、視線誘導施設の効果を知るのに自発光デリニエータ設置、前後における視程障害時の走行位置を測定して頻度分布を比較した(図-2)。自発光デリニエータ設置間隔は一般的な間隔より大幅に短い

20mとし、発光部にも視認性の高い高輝度ランプを使用している。中央分離帯に設置前は、分離帯より離れて走行する傾向が見られるが設置後は、分離帯に接近走行する車両が目立って多く、視程良好時とほぼ同様の走行形態を示しているほか、視程障害時でも複数車線の走行区分を維持して走

Effects of Visual Guidances in Poor Visibility

by Yoshifumi FUKUZAWA, Yasuhiko KAJIYA and Takahiro MORI

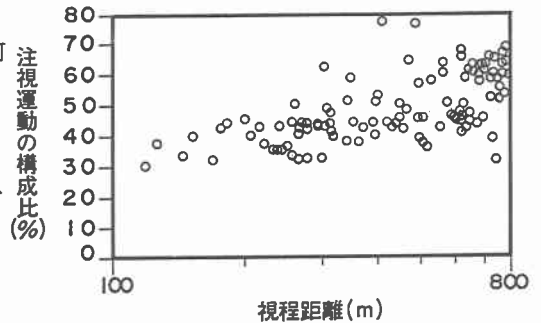


図-1 視程と注視運動の構成比

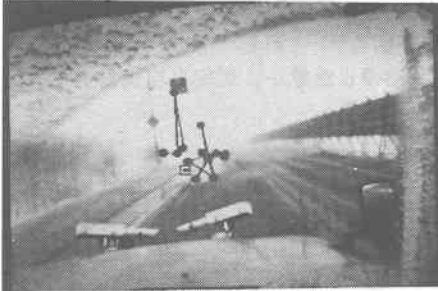


写真-1 視程良好時と障害時の視点挙動の比較

行する傾向が顕著である。このことは、中央分離帯の自発光デリニエータによる誘導効果が十分発揮されているため、道路線形・走行位置の確認が容易になり、視程障害に伴う運転操作の困難性を大きく軽減できることを示唆している。

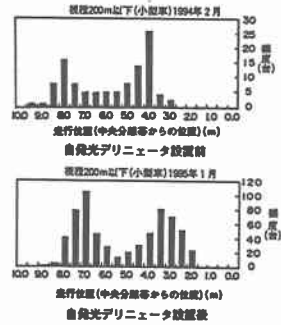


図-2 自発光デリニエータ設置前・後における車両走行位置の比較

### 3. 視程障害時の冬期道路管理ガイドラインの一案

視程障害状況を考慮した視線誘導標等の設置に関する適正値の検討にあたり、冬期道路管理ガイドラインの考え方を示す。

吹雪時の車両走行特性に関する調査結果によると、視程100m以下に大きく低下する状況では、安全走行に関わる十分な視覚情報が得難い状況に陥るため、後続ドライバーはやむなく前走車に接近し追従走行するようになる。それに車群が形成されている場合の急激な速度低下は後続車からの追突、ひいては玉突き事故を招く危険性が高いことを、積雪寒冷地のドライバーは経験的に知っていることもあり、視程の急激な変化にもかかわらず、安全に避難することができる場所まで、ある程度以下の速度を維持し止むを得ず走行し続けるものと推測される。

また、吹雪が原因で冬期通行止めが度々行われるケースが多く、視程障害時の危険な走行を回避するために竹内は<sup>3)</sup>、吹雪時の通行規制の決定、及びその解除手法の検討の中で安全走行のために、① 平均視程 140m~100m では 50km/h が適当、等のように視程と、適切と考えられる走行速度の関係を提言している。これらの結果を勘案し、冬期道路の安全走行を支援する道路管理のガイドラインの考え方として次のようにまとめる。

- ① 視程100m以下では自発光視線誘導標による対策を考える。
- ② 走行維持のために視覚情報を支援する前提として平均視程の最悪条件を、
  - ・ 高速道路で100m~70m程度、
  - ・ 一般道路で70m~50m程度と設定する。
- ③ 走行維持の速度の目安として、以下が適当である。
  - ・ 高速道路……50km/h 以下 (想定平均視程100m~70m)
  - ・ 一般道路……35~40km/h → 40km/h 以下 (想定平均視程70m~50m)

### 4. 視線誘導施設の設置手法に関する検討

#### 4-1 視線誘導標設置間隔の適正値の検討

##### 4-1-1 視程障害時の走行維持の条件

視程が大きく低下する状況で (平均視程100m~70m程度以下)、追突事故を避けるために安全な避難場所まで止むを得ず、ある速度以下で走行を維持するには、ドライバーにとって以下の道路交通環境が必要と考えられる。

a. 高速道路では、視程を100m~70m程度と想定した場合、自車の前方100m~70m程度内に前走車のブレーキランプを発見した時に、ブレーキをかけて停止できる。同様に、一般道路では視程を70m~50m程度と想定した場合、同じくその距離以内で停止できる。

条件a-1 高速道路：走行速度50km/h以下での制動停止距離が、想定平均視程の小さい値70m程度と同程度か、それを下回る。

条件a-2 一般道路：走行速度40km/h以下での制動停止距離が、想定平均視程の小さい値50m程度と同程度か、それを下回る。

#### b. 路外逸脱することなく運転ができる

路外逸脱を防止するために自車の走行位置を確認でき、さらに道路線形が概ね判るように、視線誘導標が見えていることが必要である。

デリニエーターなどの視線誘導標は、線形誘導表示板<sup>4)</sup>と異なり個々の図形による表現がなく、同じ形と大きさであることから、道路線形を把握できるようにするためには、常に3個以上運転者の視野に入ることが望ましい。このことでは、米国のFHWAのハンドブックにおいて「曲線部においては、常に3個以上のデリニエーターが運転者から見えるようにすべきである」としている<sup>5)</sup>。したがって、2～3個の視線誘導標が常に運転者の視野に入っていることが必要である。

高速道路においては、気象概況の悪化が予想され、規制速度50km/hでの走行が難しいと判断される場合は安全対策上、通行止めが行われることが多い。一般道路では、吹雪時で気象が一層悪化し、走行が困難となり徐行運転を強いられる最悪の状況下（平均視程50m～30m程度）では、路肩との距離、即ち側方を確認できる誘導施設等がなければ、路側近傍への停止は危険なため、最悪の視程状況（平均視程30m程度）で少なくとも1個の視線誘導標が見えることが望ましい。

以上のことから、吹雪時における視線誘導標設置間隔の条件を、次のように整理する。

条件b-1 高速道路：走行速度50km/h以下において、制動停止距離以内で常に運転者の視野に2～3個の視線誘導標が見えていることが望ましい。

条件b-2 一般道路：走行速度40km/h以下において、制動停止距離以内で常に運転者の視野に2～3個の視線誘導標が見えていることが望ましい。

条件b-3 一般道路：特に吹雪による視程障害の影響が大きい区間では、前方30m以内で常にドライバーの視野に最低1個の視線誘導標が見えていることが望ましい。

### 4-1-2 視線誘導標の設置間隔の検討

#### 4-1-2-1 制動停止距離の検討

視線誘導標の設置間隔を検討するために走行速度に対応する制動停止距離を求める。制動停止距離Dは、「道路構造令の解説と運用」<sup>6)</sup>により次式による。

$$D = 0.694V + 0.00394V^2 / f \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで D：制動停止距離（m） V：走行速度（km/h） f：すべり摩擦係数

吹雪の多発する箇所は郊外部の平野部や峠山間区間等が多いことから、都市部で発生する非常に滑りやすい凍結路面のような滑り摩擦係数の小さい路面ではなく、新雪・氷に近い圧雪、あるいは普通の雪の路面が多いものと想定される。したがって、路面滑り摩擦係数を $f = 0.25$ と設定して制動停止距離を求める。

- ① 高速道路：V = 50km/hでの制動停止距離 D = 74.1 → 75m（ラウンド値）
- ② 一般道路：V = 40km/hでの制動停止距離 D = 52.9 → 55m（ラウンド値）

この結果から高速道路では、75m程度まで視線誘導標が見えることが必要である。この値は、吹雪の中で安全な場所に避難するまでに走行する時の想定平均視程（上記の条件a-1）の小さい方

の値70m程度と概ね一致する。

一般道路では、高速道路と同様に、前方55m程度まで視線誘導標が見えることが必要であり、吹雪の中を安全な場所に避難するまでに走行する時の想定平均視程（上記の条件a-2）の小さい方の値50m程度と概ね一致している。

#### 4-1-2-2 設置間隔（ほぼ直線区間）の適正值の検討

吹雪時における視線誘導標の設置間隔の適正值を検討するために、設置間隔に関する上記の3条件（条件b-1～3）について、理解しやすいように高速道路と一般道の場合について、図解で検討すると以下のように表せる。

##### a 高速道路の場合

設置間隔の検討に関する条件b-1を図解で検討すると、図-3～6に示すようになる。

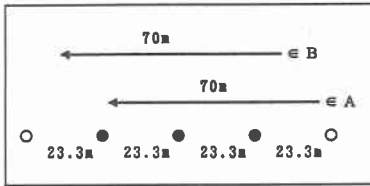


図-3 常に3個見えている場合  
（視程70m程度）

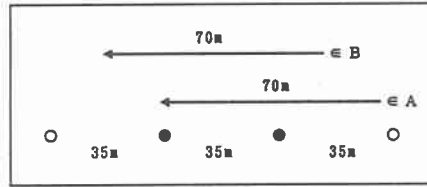


図-4 常に2個見えている場合  
（視程70m程度）

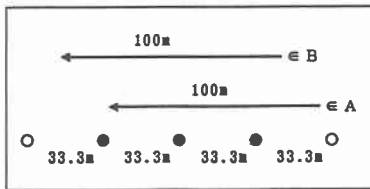


図-5 常に3個見えている場合  
（視程100m程度）

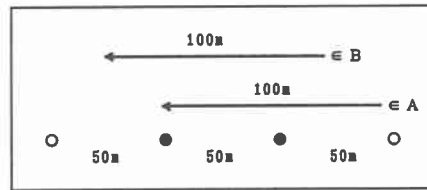


図-6 常に2個見えている場合  
（視程100m程度）

これらの結果は次のように整理できる。

即ち、平均視程を100m～70m程度と想定した場合に、視線誘導標等が常に2～3個運転者の視野に入っているための設置間隔は23.3m～50mで、ラウンド値として25m～50mとする。

高速道路の場合は、車間距離確認の単位として100mを使っていることから、スノーボール等の視線誘導施設は、100mの1/2、1/4とすることが合理的であり、この結果はちょうどそのラウンド値に当てはまる。

##### b 一般道路の場合

設置間隔の検討に関する条件b-2を図解で検討すると、図-7～10に示すようになる。

これらの結果は次のように整理できる。

平均視程70m～50m程度と想定した場合に、視線誘導施設が常に2～3個運転者の視界に入っているための設置間隔は16.6m～35mで、ラウンド値として20m～35mとする。

また、設置間隔の検討条件b-3により、とくに吹雪による視程障害の多発区間では、最大間隔としては30m程度以下が望ましいことから、そのような一般道路では20m～30m程度の設置間隔が適当である。

一般道路の場合、中心線の測点の単位として20mを使っているため、スノーボール等の視線誘導施設は、20mの整数倍とすることが合理的である。また、高速道路と違って交差道路が多く、駐停車車両も多いなど、条件が厳しいことを考えると設置間隔はより短い方が望ましい。

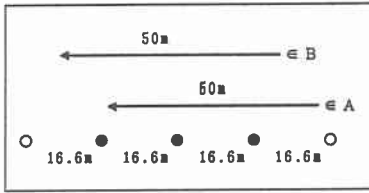


図-7 常に3個見えている場合  
(視程50m程度)

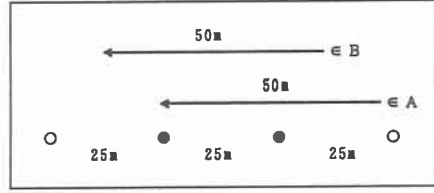


図-8 常に2個見えている場合  
(視程50m程度)

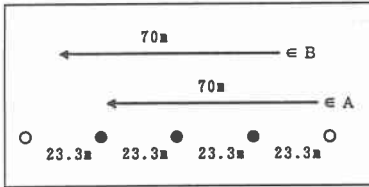


図-9 常に3個見えている場合  
(視程70m程度)

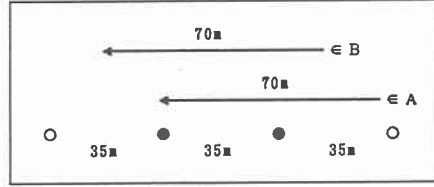


図-10 常に2個見えている場合  
(視程70m程度)

これらことを勘案すると、一般道路における視線誘導等の設置間隔として、20mとその2倍の40mが実用的と思われる。

#### 4-2 視線誘導標発光部の高さの検討

吹雪による飛雪濃度の鉛直分布は高さにより大きく異なる。このことは視程障害度合いも高さの違いで変化することを意味していて、視線誘導標高さに関する適正値の検討は非常に重要になる。ドライバーが視線誘導標として確認できるためには、吹雪の中でその発光部を十分視認できる必要がある。しかも、その発光部が飛雪濃度の最も高い範囲の上に出ていることが望ましい。

吹雪時の走行車両が、走行位置の確認のために、視覚情報として前走車を頼りにして走行する視程の臨界値はおよそ100m前後であるから、その視程値での飛雪量は $10 \sim 20 \text{ g/m} \cdot \text{S}$ となる<sup>7)</sup>。この飛雪量に相当する吹雪の高さの位置は、雪面から $10 \sim 20 \text{ cm}$ である<sup>8)</sup>。

このことは、路側の雪堤上面からの高さが、 $10 \sim 20 \text{ cm}$ 程度の範囲が最も大きく視程低下が生じること意味しており、少なくともこの高さより視線誘導標発光部が高いことが望ましい。

それに防護柵の高さは約90cmであることから、除雪による雪堤は概ね $90 \sim 100 \text{ cm}$ の高さに形成されることが多い。また、小型自動車のドライバーの目の高さはおよそ $120 \text{ cm}$ であるため除雪・路面管理において路側雪堤の高さを $120 \text{ cm}$ 以下に抑制している区間がなり多い。

したがって、雪堤の高さを概ね $90 \sim 120 \text{ cm}$ と想定すると、吹雪時に視程が最も低下部分の高さは、以下のように、 $100 \sim 140 \text{ cm}$ となる。

##### ① 視線誘導標の自発光部の最小高さの目安は

$$(90 \sim 120 \text{ cm}) + (10 \sim 20 \text{ cm}) = 100 \sim 140 \text{ cm}$$

また、車両の走行に伴う雪煙の高さ $2 \sim 3 \text{ m}$ を考慮すると自発光視線誘導標発光部の高さを、北海道においては $1.5 \text{ m} \sim 3 \text{ m}$ の値を標準として考えるべきである。

#### 5. まとめと今後の課題

冬道の安全走行支援システムである自発光視線誘導標等について、吹雪・雪煙による視程障害時の走行特性、及び吹雪による通行規制検討時の走行速度に関する提言等を考慮した設置間隔、自発光部高さの適正値について検討した。

その結果、北海道のような積雪寒冷地においては、次に示す値を標準とするのが適当と考える。

(1)自発光視線誘導標の設置間隔	
高速道路	25 m～50 m
一般道路	20 m～35 m

(2)自発光部の高さ	
	1.5 m～3.0 m

これらの値は、道路の直線区間の設置間隔・発光部高さについて検討し、その適正值について示したものであるが、曲線区間における視線誘導施設は視程障害時の道路線形確認のために、直線区間より一層重要な役割を担うことになることから、今後、曲線区間における視線誘導標の設置間隔の適正值について検討を加えると伴に、急勾配区間での高さ、発光部輝度、色彩に関する試験・検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 福沢義文、石本敬志、丹治和博、金田安弘；吹雪時の視程と車間距離について、第10回日本雪工学大会論文報告集、1994年1月、P47～50.
- 2) 石本敬志、福沢義文、竹内政夫、萩原亨、加来照俊；雪による視程変化とドライバーの眼の挙動、第9回日本雪工学大会論文報告集、1993年1月、P9～14.
- 3) 竹内政夫；道路管理のための気象観測とその利用、雪と道路、No7、P41～48.
- 4) 日本道路協会；視線誘導標設置基準・同解説、1984年、P45.
- 5) Federal Highway Administration；Roadway Delineation Practices Handbook、Publication NO.FHWA-SA-93-001、P137.
- 6) 日本道路協会；道路構造令の解説と運用、昭和58年2月、P254～257.
- 7) 竹内政夫；吹雪時の視程に関する研究、土木試験所報告、No.74、1980年、P1～31.
- 8) Takeuchi masao；Vertical profile and horizontal increase of drift-snow transport, J.Glacio. 26,(94), P481～492、1975年.