

# ハイパワーLEDを活用した 新たな視線誘導対策

井上 秀行<sup>1</sup>・萩原 亨<sup>2</sup>・高橋 清<sup>3</sup>・清水 哲夫<sup>4</sup>・池田 和也<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 パシフィックコンサルタンツ（株）（〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5）  
E-mail: hideyuki.inoue@ss.pacific.co.jp

<sup>2</sup>正会員 北海道大学大学院工学院北方圏環境政策工学専攻（〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目）  
E-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 北見工業大学工学部社会環境工学科（〒090-8507 北海道北見市公園町165）  
E-mail: kiyoshi@mail.kitami-it.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 首都大学東京大学院都市環境科学研究科（〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1）  
E-mail: t-sim@tmu.ac.jp

<sup>5</sup>非会員 国土交通省北海道開発局稚内開発建設部（〒097-8527 北海道稚内市末広5-6-1）  
E-mail: ikeda-k22ab@hkd.mlit.go.jp

北海道の最北端宗谷地域では、冬期の吹雪・地吹雪により道路利用に際して視程障害が頻発し、地域の安全・安心な交通行動を支える上での大きな課題となっている。

そこで、近年技術開発が盛んであるハイパワーLEDを活用し、より簡易かつ有効な視線誘導対策施設を検討した。

この施設は、既設の固定式支線誘導柱を活用することで、新たな支柱設置が不要であるほか、高所から直下の路面を照射するという性質上、冬期の降積雪による機能障害から解放されている。

本稿では、この新たな視線誘導対策の概要を紹介し、その機能・効果の検証結果を報告する。

**Key Words :** *delineation facilities, poor visibility countermeasures, high-power LED*

## 1. はじめに

北海道の最北に位置する宗谷地域は、東西及び北の三方向を海に囲まれ、宗谷丘陵に代表される低山が多い。

冬期は、特に日本海側では対馬海流の影響もありマイナス10℃以下になることが少なく比較的温暖であるが、強風の発生が特徴であり、道路における吹雪・地吹雪の発生頻度が高く、視程障害が課題となっている。また、これに伴い、正面衝突等の事故の危険にさらされている。

これらの問題を解消するために、国土交通省北海道開発局稚内開発建設部（以下、稚内開発建設部）管内（宗谷地域）の国道では、防雪柵・防雪林の設置のほか、内部に駐車可能なスノーシェルター（パーキングシェルター）の整備、及びデリニューター等の視線誘導施設の設置が継続されてきた。

さらに、稚内開発建設部では、路線現況と地域の道路利用者のニーズを踏まえ、より安全な走行環境確保の観点から、冬期の視線誘導対策の重要性に着目して新たな

視線誘導対策に関する調査が継続されてきている。

本稿は、この新たな視線誘導施設に関する取り組みに関する報告として、「ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設」を対象とし、これまでの実用化実験、評価及び効果検証の結果について示すものである。

## 2. 冬期視線誘導対策の必要性

宗谷地域の吹雪の発生頻度は北海道の中でも特に高い（図1）。この地吹雪により路外逸脱・追突・正面衝突の危険が増すほか、後続車から追突される懸念から「停まりたくても停まらない」状況下での走行を強いられ、利用者に負担を与えている（写真1）。

また、宗谷地域の最も主要な路線である一般国道40号では、地域の道路利用者も交えたワークショップを開催し、路線の問題点を把握されてきた（写真2）。

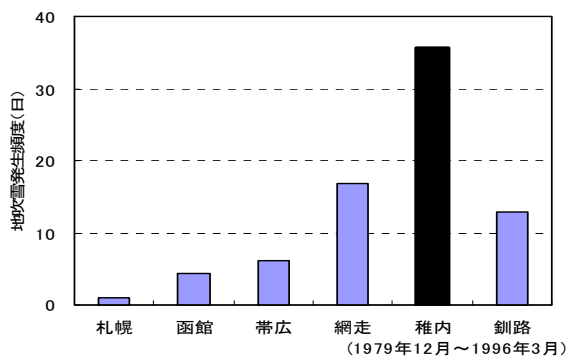


図1 地吹雪の発生頻度<sup>1)</sup>



写真1 吹雪時の状況 (一般国道40号)

このワークショップにおいても、地域の道路利用者から、最も重要な課題として、「視程障害の緩和による冬期の道路の機能確保・安全性向上」が求められた。



写真2 ワークショップ開催状況

### 3. ハイパワーLEDを用いた新しい冬期視線誘導施設

#### (1) 検討経緯

当地域では、厳しい視程障害の発生状況を踏まえ、さらなる走行環境の改善に向け、新しい視線誘導対策の導入に向け調査を行っている。

そのひとつとして、これまでにレーンライティングシステム(以下、LLS)を仮設し、現道での運用を試行した。

LLSは、北海道外にて交差点の路面表示の代替等の適用実績があるが、管内における冬期視線誘導対策としての適用に際しては、積雪による埋没等が課題となった。

この点の解決を図る施設として、「ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設」の導入に向けた検討を進めた。

#### (2) ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設の概要

##### a) 機能・性能

北海道では、除雪作業の支援、並びに視線誘導を目的として、固定式視線誘導柱(矢羽根)が設置されている。

本施設は、既設の固定式視線誘導柱(矢羽根)にハイパワーLEDを用いた発光ユニットを添架し、下方(路面)を照射するものである。

この施設の特長を以下に示す(図2)。

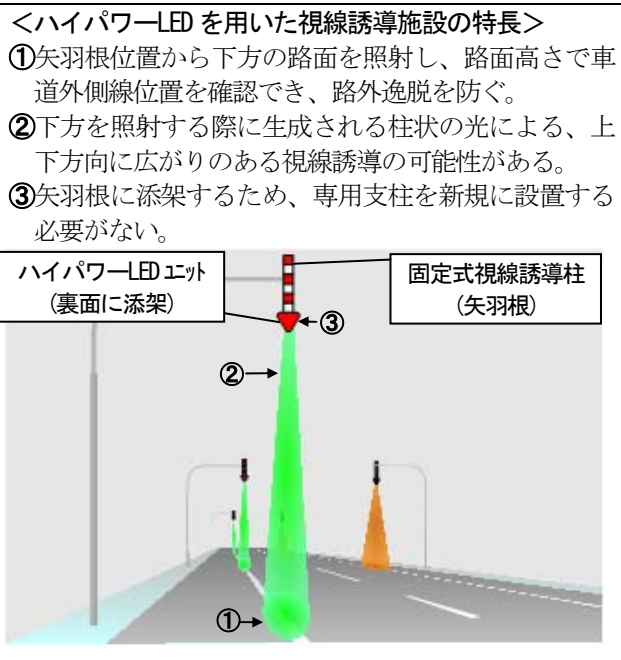


図2 ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設のイメージ

##### b) 既存施設との比較・優位性

過年度に検討を行ったLLS、及び、上方から路面を照射する道路照明との機能・性能を比較し以下に示す。

ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設は、特に以下の点に優位性を持つと考えられる。

- ▼積雪があり、路面表示も確認困難な状況においても、路側位置を照射できること
- ▼既存の矢羽根への添架が可能であることから、支柱の新設が不要であり工事規模が小さいこと

##### c) 機器の諸元と設置方法

ハイパワーLEDユニットの諸元を表1に示す。また本装置の設置方法を図3に示す。

表1 ハイパワーLEDユニットの諸元

|                  |                         |       |
|------------------|-------------------------|-------|
| 灯具形状             | 矢羽根への添架が可能なサイズ          |       |
| 灯色               | ・アンバー(橙)<br>・ピュアグリーン(緑) |       |
| 灯色別光度<br>(cd/1球) | アンバー                    | 600   |
|                  | ピュアグリーン                 | 1,700 |
| LED球数            | Φ20のLEDを1基当たり16球配置      |       |
| 照射面形状            | 円形                      |       |

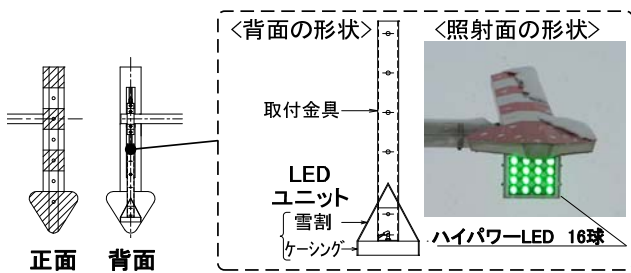


図3 ハイパワーLEDユニットの取付け方法

#### 4. 新しい冬期視線誘導施設の現道仮設実験

##### (1) 実験概要

本施設については、平成20年度以降、一般国道40号現道にて運用実験を行ってきた。概要は以下の通り。

- ▶ 多くのドライバーに継続して体験・利用いただくため、現道において試行的運用を継続実施。
- ▶ 設置初年(平成20年度)に現道に設置した「アンバー」色のほか、駐車場におけるプレ実験で好評であった「ピュアグリーン」色についても、現道設置。



図4 試行設置箇所(一般国道40号豊富町・稚内市)

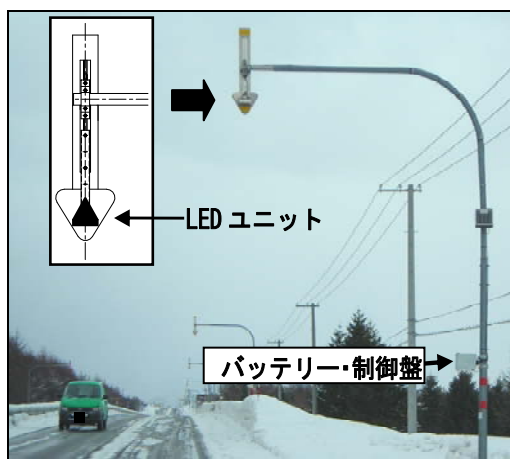


図5 現道設置状況(一般国道40号豊富町)

##### (2) 実験結果

###### a) 動作状況の確認

現道で点灯状況を確認した状況を写真3,4に示す。

晴天/荒天時とも、路面が照射されていることを確認し、さらに、荒天時は、空中の雪粒への照射光の反射により、柱状の光が生成されている(写真3)。

なお、除雪により路側に生成された壁状の雪(雪壁)が存在する区間では、雪壁が照らされることにより、雪壁がない区間に比べ、視認性が向上する現象もみられた(写真4)。



写真3 現道での点灯状況  
(降雪時の柱状の光の形成)



写真4 現道での点灯状況  
(路面・路側雪壁への照射)

また、既存の道路照明等と新しい視線誘導施設の電気使用料金について比較すると、既存の道路照明に比べ大幅な使用料金の低減が期待できる(表2)。

表2 1基当りの日額の電気使用料金

| 種類                 | 電気料金<br>(円/基/日) |
|--------------------|-----------------|
| 新しい視線誘導施設          | 約4円**           |
| (参考:道路照明(高圧ナトリウム)) | 約48円***         |

※H21.12~H22.3の平均

※※北海道開発局:LED道路照明の現地試験実施に関する資料(2010)を基に算出

## 5. アイマークレコーダによる効果計測

### (1) 概要

ハイパワーLEDを用いた視線誘導施設の効果を把握するために、アイマークレコーダを用いて、新たな視線誘導施設の設置/非設置の各区間のデータを取得し、ドライバーの注視行動を比較した。

**被験者**：当該区間の走行経験を有しない北海道在住者とし、積雪期（3月）・無雪期（11月）とも各4人（性別及び年齢階層で分類）とした。

**走行区間**：評価対象施設の設置・非設置の別で行うこととし、設置区間近傍から類似の道路状況を有していると判断した区間を、新たな視線誘導施設の非設置区間の比較対象として選定した。

### (2) 聞き取り調査

被験者に対しては、走行終了後に聞き取り調査も実施した。

#### a) 主な設問項目

- ・新たな視線誘導施設の認知について
- ・走行中に注視していた箇所について
- ・新たな視線誘導施設の眩しさについて
- ・従来の固定式視線誘導柱との比較について

### (3) 分析方法

分析方法として「領域別停留点時間分布」を採用した。

#### <領域別停留点時間分布の特徴>

- ・被験者の視野を格子状に分割した2次元グラフによって解析。
- ・領域別に視線の停留時間を合計し、その結果を色で表示。
- ・視野の中で視線がどのように配分されたかを把握することが可能。

### (2) 評価に際しての仮説

視程障害時に車道外側線位置をより正確に認識できれば、路外逸脱等の事故防止に繋がると考えられる。

そのため、非設置区間では、視程障害時の目標物が従来の固定式視線誘導柱（矢羽根）になると考えられるのに対して、設置区間では照射路面があることで、それが走行する際の目標になると考えられる。

そこで、以下のように仮説を立てた。

#### <評価に際しての仮説>

- ▶ 新たな視線誘導施設の設置区間では、非設置区間に比べ、車道外側線位置認識のため照射路面付近を注視する傾向に変化する。すなわち、設置区間では図6の「⑦照射路面領域」を注視する傾向になる。

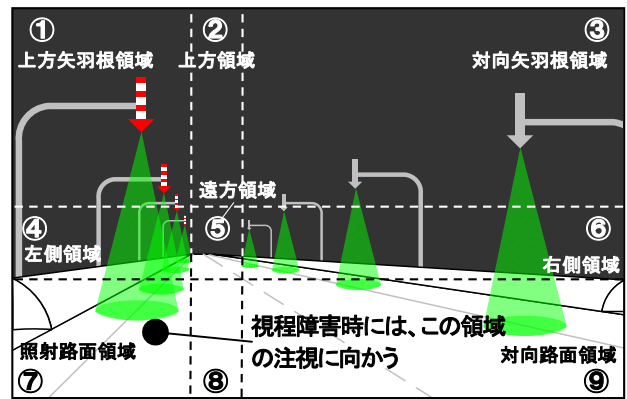


図6 注視領域の仮説

### (3) 結果

#### a) 領域別停留点時間分布の解析例

領域別停留点時間分布の解析例を図7に示す。注視点分布の解析結果を傾向として図8にまとめた（特に傾向が現れた灯色：ピュアグリーン、左カーブ区間を対象）。

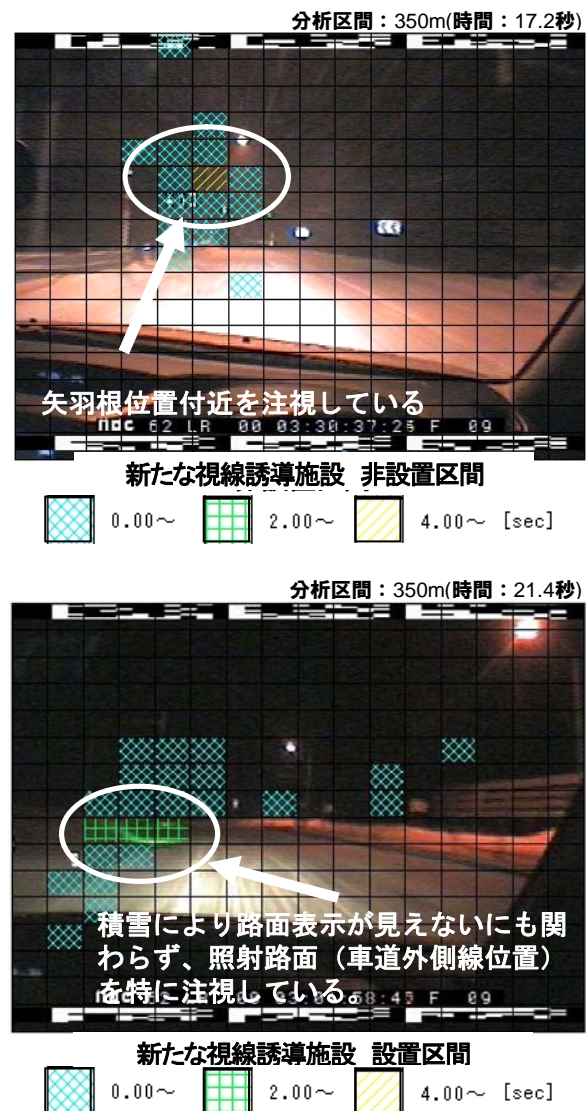


図7 領域別停留点時間分布の解析例

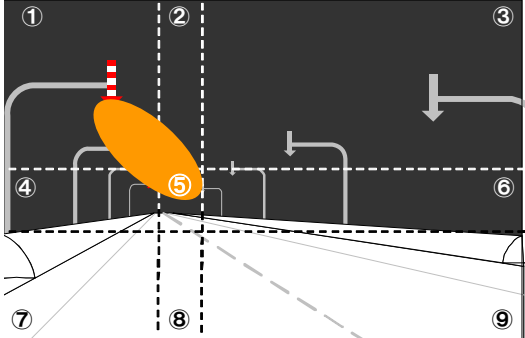
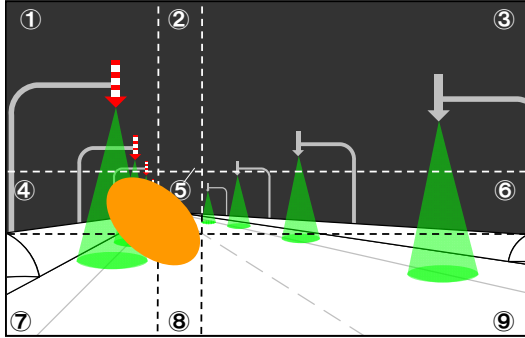
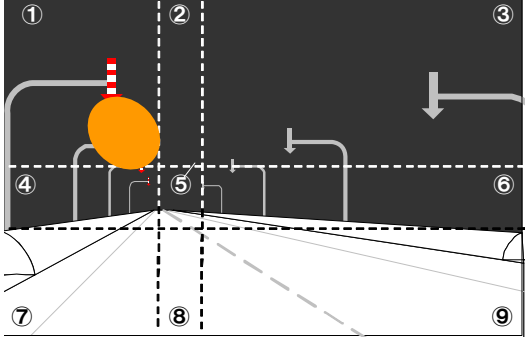
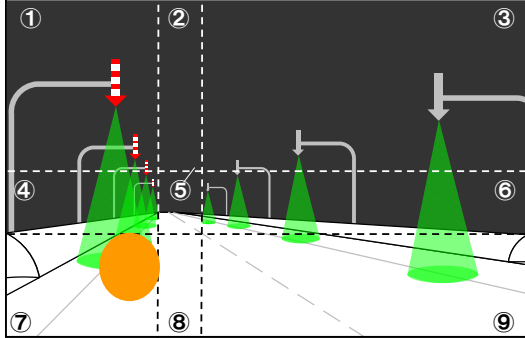
|      | 新たな視線誘導施設 非設置区間  | 新たな視線誘導施設 設置区間   | 傾向    |
|------|--|--|-------|
| 非降雪時 | <p>・矢羽根・上方・遠方<br/>(下図①、②、⑤領域) を注視する傾向。</p>  | <p>・左側・遠方・路面<br/>(下図④、⑤、⑧領域) を注視する傾向。</p>  | 遠方を注視 |
| 降雪時  | <p>・固定式視線誘導柱付近<br/>(下図①領域) を注視する傾向</p>     | <p>・照射路面付近<br/>(下図⑦領域) を注視する傾向。</p>       | 近傍を注視 |
| 傾向   | 上方を注視  | 下方を注視  |       |

図8 注視点評価の結果

b)聞き取り調査結果

実験後に被験者の意識としての運転行動の特性、及び新たな視線誘導施設に対する所感を得た。これらについて以下に示す。

<新たな視線誘導施設の認知について>

✓8名の被験者の内、6名の被験者が照射路面を認知した（認知しなかった2名のうち積雪期は1名であり、積雪期（3月）にはほぼ視認されていると考えられる）。

<走行中に注視していた箇所について>

✓直線区間では、すべての被験者が前方を注視したと回答。  
 ✓一方、カーブ区間では、3名の被験者が、意識的に車道外側線や、新たな視線誘導施設による緑色の照射路面を注視したと回答した。

<新たな視線誘導施設の眩しさについて>

✓照射路面を認知したすべての被験者が、眩惑については問題なしと回答した。  
 ✓なお、照射路面を認知しなかったと回答した被験者については、眩惑の点からは走行上の問題が無かったと解釈できる。

<従来の固定式視線誘導柱との比較について>

✓従来の固定式視線誘導柱と、新たな視線誘導施設では、いずれが走りやすいか?という質問に対し、多くの被験者が、新たな視線誘導施設の優位を挙げた。  
 ✓その主な理由として「光を辿っていくと安心感がある」、「固定式視線誘導柱は視認できない場合があり、照射路面・光の柱が見えれば、こちらのほうが良い」、「上方の目標より、下方（路面高さ）の目標のほうが良い」等が挙げられる。

以上の調査結果により、結果として下記のことがわかった。

➢新たな視線誘導施設により、路面表示等が確認できない路面・気象状況下でも、車道外側線位置を注視している（特に意識していない場合を含む）。  
 ➢一方、走行時に車道外側線位置を確認できる目標を路面上に置き、路面高さにて道路の線形を確認できる状況が望ましいと考えられている（本調査の聞き取り調査より）。  
 ➢上記より、視程障害時など前方の状況確認が困難な状況においても、路面上の車道外側線位置を確認できる。  
 ➢以上により、より安全・安心な走行環境（路外逸脱の防止等）への寄与が期待できる。

表3 検証・評価事項と結果

| 検証事項            |                      | 評価  |
|-----------------|----------------------|---|
| 視認性             | ・路面上の照射性能            | ・アンバー/ピュアグリーンの各色ともに、路面照射による視線誘導が評価された。<br>・雪壁への照射により、道路端位置の認識が容易になる。<br>・凸線形の場合、遠方の路面上の照射光の確認が困難な可能性がある。                        |
|                 | ・光柱の生成による視認性の向上効果    | ・降雪時には、晴天時には確認できなかった光の柱が確認され、降雪時においても視線誘導機能が期待できる。  |
| 照射面形状           | ・円形照射面の設定の妥当性        | ・「現状の円形が良い」という意見のほか、「路肩を光の線で示す方法はどうか？」との意見があり、円形以外の照射面についても、ヒアリングや現道での確認が困難である代替案に関するヴァーチャルリアリティ（図9）を用いた検討を行った結果、円形が望ましいと考えた。   |
|                 | ・車道外側線位置を含めた照射範囲の妥当性 | ・車道外側線を示すべきであるのに対して、照射範囲が広く、中央分離帯付近まで照射されている場合があり、照射範囲を絞ったタイプを検討すべき。  |
| 運用（灯具「円色」点灯方法等） | ・LED色の妥当性            | ・アンバーも十分視認できる性能があるが、ピュアグリーンが特に高評価。  |
|                 | ・点灯方法                | ・常灯運用、雨天夜間の運用、矢羽根との共同運用を行うことが望ましい。<br>・昼間運用、季節・天候での設置間隔の変更は行わないことが望ましい。<br>・固定式視線誘導柱の設置間隔に準拠する。<br>・ゆずり車線始点部・終点部での設置間隔短縮も可能とする。 |
| その他（コスト等）       |                      | ・運用コスト（電気料金）は、1基あたり約4円/日。<br>・これまでに、故障・破損による修理交換は無し。  |

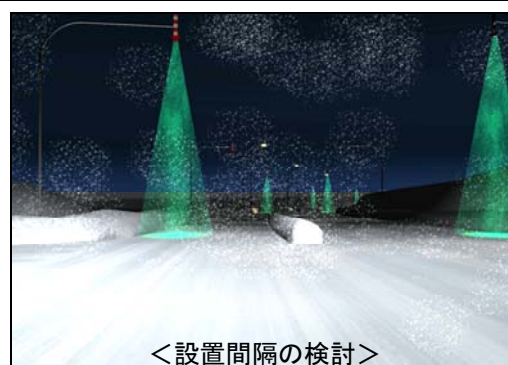
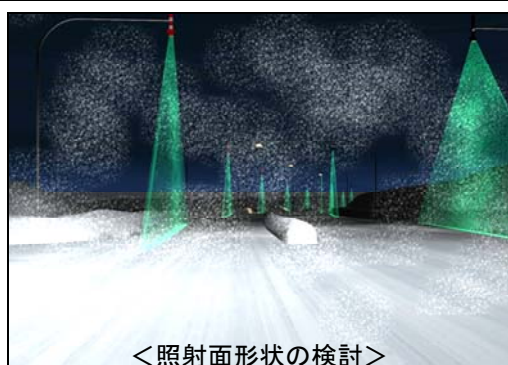


図9 ヴァーチャルリアリティによる現道での運用方法の検討事例

#### 4. その他の評価・検証結果のまとめ

新たな視線誘導施設については、アイマークレコーダを用いた評価のほかに、これまでの経緯で現道実験及び駐車場における仮設の試行を行い、施設の視認性、照射面の形状のほか、灯色や設置・点灯方法等の運用方針についても、地域住民へのヒアリングなどにより検討を行ってきた。それらの結果を表3に示す。

#### 5. おわりに

宗谷地域独自の取り組みとして、稚内開発建設部においては、新しい視線誘導施設の導入検討を進めてきた。

この施設は、現道での試行的運用を通じ、概ね好評を得ており、運転者の注視を得ていることから、視線誘導対策施設としての効果があるものと考えられる。今後も、

このような施設の検討開発が期待される。

最後に、試行設置した施設をご視察いただき貴重なご意見を頂いた社団法人北海道開発技術センター金田安弘部長の各氏、ならびに、駐車場における既設電柱への機器仮設にご理解とご協力を頂いた北海道電力(株)様、市道への施設設置にご理解とご協力を頂いた稚内市様に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：道路吹雪対策マニュアル、2003