

IV-31

インテリジェント・デリニエータ・システムの開発について

北海道開発局開発土木研究所 正員 加治屋安彦
同 上 正員 福澤 義文

概要

自発光デリニエータに、ポール型視程計と停止車両検知用レーダを組み込み、吹雪などの視程障害時には状況に応じた発光を自動的に行ってドライバーに注意を促すとともに、運転が困難になり停止した車両が出た場合には、これを自動的に検知して後続車に警報を発する「インテリジェント・デリニエータ・システム」の開発を行った。1993年よりシステムの開発を開始し、93/94冬期にはポール型視程計を、94/95冬期にはミリ波を用いた停止車両検知用レーダを試作して評価実験を行った。

実験の結果、ポール型視程計については十分な精度と高い動作安定性を有することが確認された。停止車両検知用レーダについては、現在は実験開発段階であるが、今後の実用化に向けた開発が十分可能であることを確認した。

本論文は、インテリジェント・デリニエータ・システムの開発状況や、既に実用化の段階まで達したポール型視程計を組み込んだ自発光デリニエータの現地供用試験の結果について報告するとともに、本システムの開発課題や将来展望について述べるものである。

1. はじめに

吹雪による視程障害は、場所的にも時間的にも変化が激しく、沿線にわたる障害状況を詳細に把握してドライバーに適切な情報提供を行うことは難しい。また、ひとたび何らかの障害が発生して車を停止させたドライバーがいた場合には、そのドライバーは早急に後続車に停止したことを知らせなければならないが、これも極めて難しく、冬期多重衝突事故の誘因のひとつになっている。

筆者らは、こうした冬期多重衝突事故を防止するために、自発光デリニエータにポール型視程計と停止車両検知用レーダを組み込み、吹雪などの視程障害時には状況に応じた発光を自動的に行ってドライバーに注意を促すとともに、運転が困難になり停止した車両が出た場合には、これを自動的に検知して後続車に警

報を発する「インテリジェント・デリニエータ・システム」の開発を行った。

2. インテリジェント・デリニエータ・システム構成

図-1は、インテリジェント・デリニエータ・システムの概念を示したものである。中央分離帯に設置された一群の自発光デリニエータのうち、一部にポール型視程計や停止車両検知用レーダが組み込まれており、吹雪による視程障害時に前方で生じた事故などを検知して、発光の形態を変えることで後続車に前方の危険を警告する様子を表している。

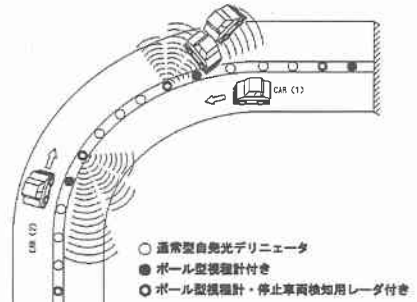


図-1 インテリジェント・デリニエータ・システムの概念

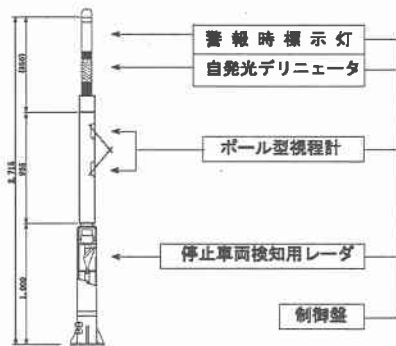


図-2 インテリジェント・デリニエータ・システムの構成

インテリジェント・デリニュータ・システムは、図-2に示すように、警報時標示灯、自発光デリニュータ、ポール型視程計、停止車両検知用レーダ及び制御盤から成るものである。以下にそれぞれの機能と役割について述べる。

2-1 警報時標示灯

警報時標示灯は、吹雪時に停止車両を検知した場合に後続車に危険警告を行う発光部である。

2-2 自発光デリニュータ

自発光デリニュータは、吹雪による視程障害の程度に応じて発光形態を変え、状況に応じた視線誘導と注意喚起を行うものである。

2-3 ポール型視程計

ポール型視程計は、赤外線により雪粒子を捕らえ、視程に換算して視程障害状況を観測するものである。測定原理の詳細については後述するが、設置対象区間の両端部や中間部に吹雪の主方向に対して90°と180°回転させた状態で各々2基1組で設置する。

2-4 停止車両検知用レーダ

停止車両検知用レーダは、吹雪などのよる低視程時に道路上の停止車両をミリ波レーダで検知するものである。ミリ波は、道路幅全域をカバーし、停止車両の最後尾を検知して警報時標示灯に信号を送る。

2-5 制御盤

制御盤は、電源部の他にポール型視程計及び停止車両検知用レーダからの信号を受け、警報時標示灯と自発光デリニュータの発光形態の制御を行うものである。

3. ポール型視程計

3-1 ポール型視程計の構造

ポール型視程計は、インテリジェント・デリニュータ・システムのために特に開発を行ったものである。中央分離帯や路側に設置する自発光デリニュータと組合せて使用するため、径の小さな垂直ポールの中に納めた構造となっている。

3-2 ポール型視程計の測定原理

ポール型視程計は、高速変調された光ビームを空間に投射し、受光ビームを限定領域内のみクロスさせて測定領域を設定している。この領域内に飛来する雪粒子により投光ビームが前方又は前側方に散乱され、

受光ビームに捕捉され散乱光強度が受光器にて検出される。受光信号は更に増幅回路・信号弁別回路・出力判別回路にて処理された後、低視程信号を発生する(図-3, 4)。

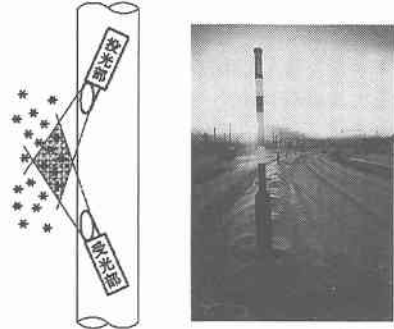


図-3 ポール型視程計 写真-1 ポール型視程計の設置状況

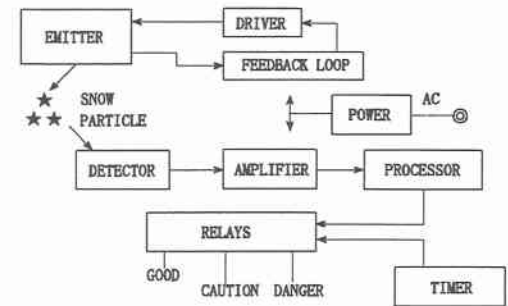


図-4 ポール型視程計のブロック図

3-3 ポール型視程計の仕様

ポール型視程計の仕様は以下のとおりである。

- (1) 計測方式；近赤外線投・受光部による前方散乱光強度による測定
- (2) 信号処理；高速変調による背光除去、自動光源安定化フィードバック機能
- (3) 出力信号；高一中一低視程接点
限時タイマー1～999sec

3-4 ポール型視程計の測定性能

視程は、人間の感覚による定まるものである。このため、個人差や周囲の状況により大きく値が異なり、特に夜間の灯火を視認する場合の視距離については、目標灯火の輝度の多様性を考えると一義的な計測は困難である。気象観測におけるMOR及び航空管制におけるRVRはその理論的裏付けをコシミュダの法則

に依っており、主要なファクターは大気透過率である。

道路に設置する器材として、以前は大気透過率計が用いられたが、設置・保守・コスト等に難があり、反射式タイプに切り替えられつつある。しかし、この方式には前方の車両や建造物の反射による影響を受けやすい欠点がある。そこで、本システムの視程センサーとしては前方散乱光計測方式を採用し、かつ道路付属物として扱いやすいポール型として設計した。

図-5は、本ポール型視程計の出力と視程の関係を示した換算図である。3年間にわたる冬期のフィールド実測データ及び発煙試験棟内の比較試験の結果、本ポール型視程計は実用上十分な測定精度を有している。

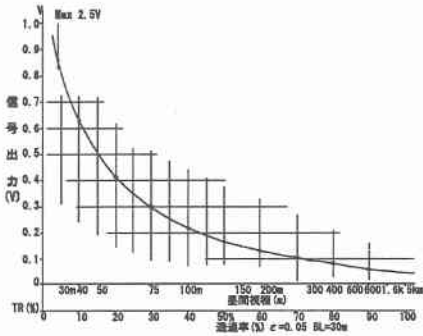


図-5 ポール型視程計の出力と視程の換算図

4. 停止車両検知用レーダ

4-1 停止車両検知用レーダの機能

低視程時、目視では視認できない前方の路上の停止車両を検知するため、ミリ波の監視レーダを開発した。道路の中央分離帯又は路側に設置し、自発光デリニエータやポール型視程計とと組み合わせるため円筒形の構造とし、デリニエータの取付架台として一体型とした。

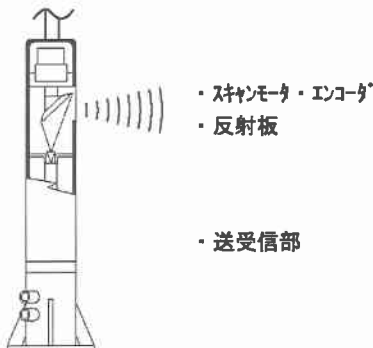


図-6 停止車両検知用レーダの断面図

4-2 停止車両検知用レーダの動作原理

停止車両検知用レーダ (CHSR; Car Halt Surveillance Radar) はミリ波によるFM-CWレーダの一種である。地上数十センチの高さで送受信ビームをスキャンングして対象物体の方角と距離を計測する。

また、既設物体との判別は計測前の長時間平均レベルとの差をソフト処理により求めて一定値以上のとき警報を出力する。

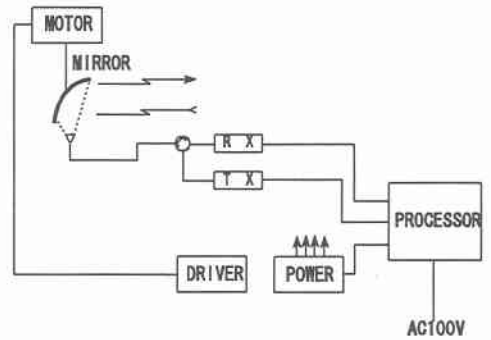


図-7 停止車両検知用レーダのブロック図

4-3 停止車両検知用レーダの仕様

- (1) 計測範囲; 距離 3~60m, スキャン角度 0~90度
- (2) 信号処理; (FFT変換)/(背景校成)/(警報)
- (3) 停車判定; 停車時間20秒間(暫定値)
- (4) 送受信周波数; 59.5GHz帯 (ミリ波)
- (5) 計算部; 16ビットマイクロプロセッサ及び16ビットADC

4-4 停止車両検知用レーダの計測法

オフセットパラボラ形反射板が円筒管体の中で3秒に1回の速度で回転する。これにより、路面上約50cmの高さの水平面を鋭いビームの送信電波が連続的に掃引(SWEEP)することになる。

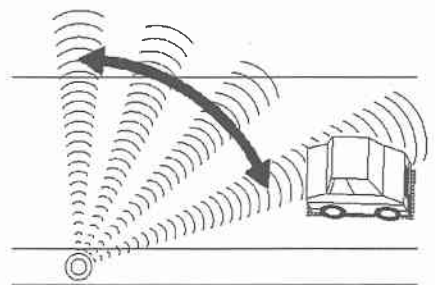
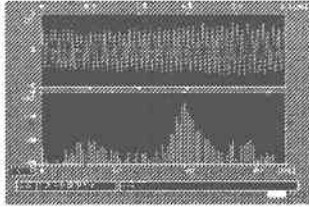


図-8 停止車両検知用レーダの回転ビームの計測法

図-8において、道路の進行方向から直角方向まで約4度ごとに区切って送信波の受信を行うと計23ステップの信号が得られる。この信号をA/D変換し、FFT処理を施して全部で128値のワースペクトラムを得る。これを横軸に周波数、縦軸に信号強度をとって棒グラフにすると図-9下段のようなスペクトル列ができる。



ビート信号波形

スペクトル列グラフ

図-9 停止車両検知用レーダの評価実験時のモニタースクリーン

道路の進行方向から最初の4度のビームのスペクトル列のピーク値をつなげたカーブを作りこれをNo.1カーブとし、続いて2番目から23番目までのビームのカーブを作ってモニター表示させると図-10のようになる。最後のNo.23カーブは、角度区間で言えば道路の進行方向から88~92度、すなわち道路に直角な方向を計測したことになる。

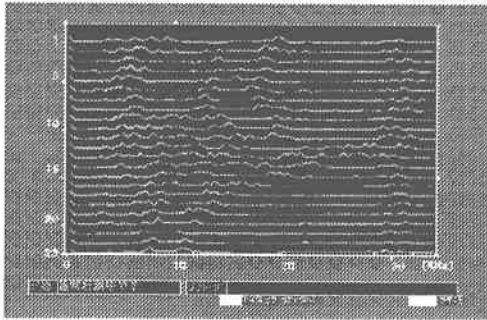


図-10 ピーク包絡線スクリーン（4度ごと23のビームのカーブを同一画面上に表したもの）

このような計測を3ないし5回行ったのち、予め蓄えてあった背景校正用スクリーンと比較する。もし3~5回の実測カーブで明らかにレベルの異なるピークが連続して存在していた場合には、これを停止車輛による反射波として認識し警報信号を送出する。

なお、実用上背景校正スクリーンとしては、前30分間の移動平均を用いたり、路上の無車両を確認してから記憶させるなどの手法や校正レベルと計測レベルの差の値に適度のアローランスを持たせるテクニック等が重要なポイントとなる。

4-5 フィールドにおける評価実験

1995年2月、冬期の道路上で停止車両の検知試験を行った。測器類の配置は図-11に示すとおりで、降雪の中で試験を行ったほか、ロータリー除雪車で高さ約20mまで雪を吹き上げて安定した低視程状況を作り上げて試験を行った（写真-2）。

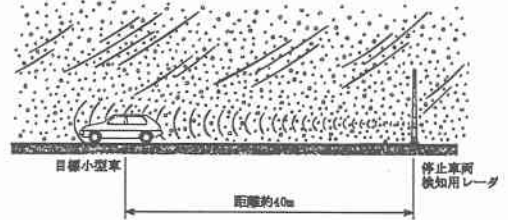


図-11 停止車両検知用レーダの評価実験の配置



写真-2 停止車両検知用レーダの評価実験

測定の結果は、良好で、距離約40mのところにある小型車が視程約10mに低下した状態でも確実に検知することができた。さらに、車両が雪に埋もれた状態でも車がそこに停止しているとの警報を発することが確認された（図-12、13参照）。

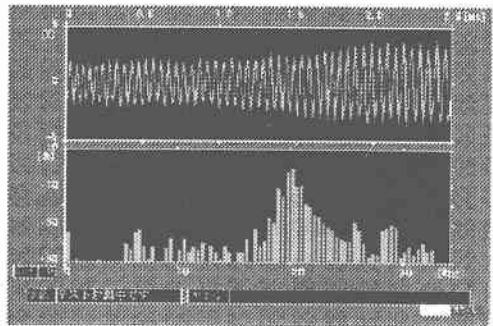


図-12 吹雪のない場合

（上段；受信波，下段；スペクトラム）

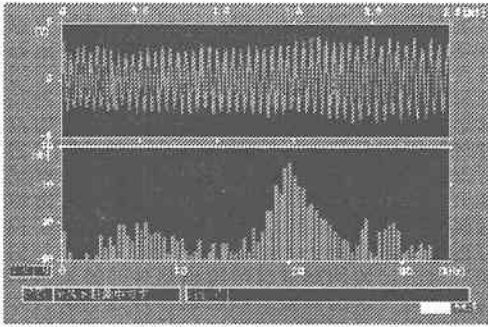


図-13 吹雪のある場合（下段の中央のピークが車両の反射を表している。吹雪の有無による差はほとんどない。）

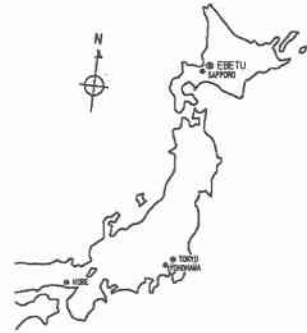


図-14 供用試験調査を行った道路の位置

5. ボール型視程計付き自発光デリニエータの 供用試験調査（一般国道12号江別道路）

5-1 調査概要

供用試験調査は、札幌市から東へ約20kmの一般国道12号江別道路で実施した。この道路は、交通量が約16,000台/日の主要幹線道路でありしばしば猛吹雪におそわれて多重事故も多発している区間である。当該箇所は、交通量増大に伴う車線拡幅工事と同時に防雪対策工事が進められ、吹き溜まりの問題はかなり解消されてきたが、視程障害対策はまだ十分とは言えない状況にあった。

5-2 自発光デリニエータの設置

1994年12月末に道路改良を終えた中央分離帯に、自発光デリニエータを20m間隔で700mにわたり設置した。当該区間は、曲線半径350mの曲線部であり、吹雪発生を的確に感知できるように曲線部の両端部と中間部に2基1組で計3組のボール型視程計を組み込んだ自発光デリニエータを配置した。日中でも吹雪の際にはボール型視程計により視程障害状況を把握し、その程度に応じた発光量で発光して視線誘導効果を確保するようにした。図-14は供用試験調査を行った道路の位置図、写真-3と図-15は現地の状況を示したものである。

5-3 視程障害状況に応じた発光判定フロー

図-16は視程障害状況に応じた発光形態を判定する手順をフローチャートに表したものである。まず最初に、1)日中と夜間を区別し、次に2)吹雪発生の有無を判定する。その上で、3)視程の程度（高・中・低）を判定し、自発光デリニエータにそれぞれの視程状況に応じた発光をさせる。



写真-3 一般国道12号江別道路

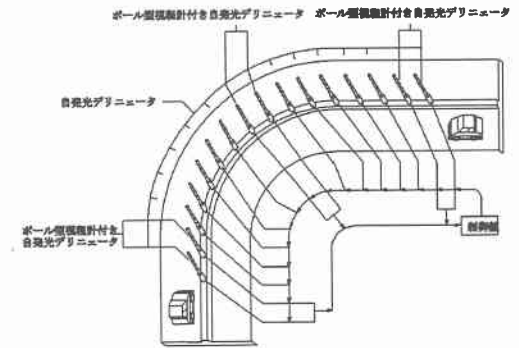


図-15 供用試験調査を行った現地の設置状況

5-4 光源の検討

自発光デリニエータの光源としては、吹雪時に瞬時に点灯し視線誘導効果を常に確保できるようハロゲン電球を採用した。ハロゲン電球は、通常の白熱電球と比べコンパクトで高効率・高温度・長寿命でひとときわ明るい電球である。さらに、視認性を高めるため、オプティカルフィルムを入れた構造とした。

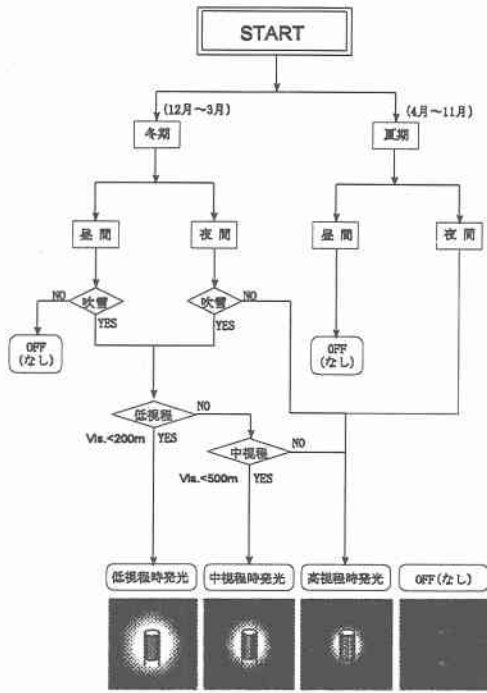


図-16 視程障害状況に応じた発光判定フロー

5-5 アンケート調査結果

アンケート調査は、当該道路周辺の住民及び運転を職業としている人を対象に行った。この新型の自発光デリニエータを設置した94/95冬期の終盤3月に行ったものである。150人に調査票を配布し、うち81人から回答を得た。したがって、回答率は54%であった。

職業ドライバーが多く回答してくれたため、現地の状況を的確に判断してくれた。

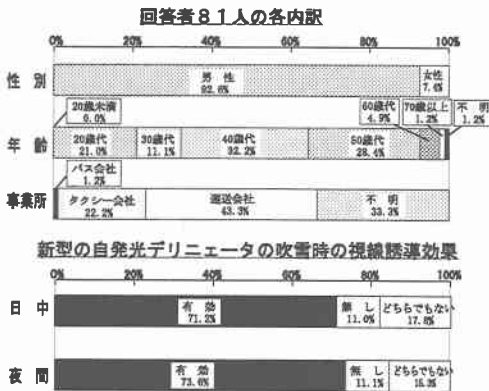


図-17 アンケート調査結果

6. 結論と今後の課題

自発光デリニエータに、ポール型視程計と停止車両検知用レーダを組み込み、吹雪などの視程障害時には状況に応じた発光を自動的に行ってドライバーに注意を促すとともに、運転が困難になり停止した車両が出た場合には、これを自動的に検知して後続車に警報を発する「インテリジェント・デリニエータ・システム」の開発を行った。実験の結果、

- 1) このシステムのために新たに開発されたポール型視程計については、十分な精度と高い動作安定性を有することが確認された。このことは一般国道12号江別道路における供用試験調査でも検証された。
- 2) 停止車両検知用レーダについては、現在は実験開発段階であるが、今後の実用化に向けた開発が十分可能であることを確認した。

今後は、1) ポール型視程計については、雪や粉塵の付着による計測の障害を避けるためのデュアルビーム方式の採用を、また2) 停止車両検知用レーダについては、検知距離や角度を拡げることによる検知範囲の拡大や検知分解能の向上を、3) 警報時標示灯については理解しやすい警報時の標示方法を、4) 全体システムについては、通信機能の付加や停止車両検知用レーダの移動による検知範囲の拡大、野生動物など他の障害物への適用などを検討し、開発を継続する予定である。

謝辞

本システムの開発は、北海道開発局開発土木研究所と明星電気(株)の共同研究によるものであり、本システムは現在特許出願中である。

なお、本稿の執筆にあたっては、明星電気(株)の石河直樹氏に貴重なアドバイスをいただいた。ここに記して感謝の意を表す次第である。

また、本システムの設計・試験にあたり、開発工営(株)の和田房幸氏にはご尽力をいただいた。さらに、ポール型視程計付きデリニエータの製作に際しては星和電機(株)にご尽力をいただいた。ここに謝意を表す次第である。

(参考文献)

- 1) Takeuchi, M. et al., Blowing Snow Problems and their Countermeasures in Hokkaido Japan, The VIIIth PIARC International Winter Road Congress, Tromso, Norway, 1990.
- 2) 上龍実(編); 「ミリ波技術の手引きと展開」, リアライズ社 (1993年刊)