

ミリ波を活用した冬期道路の安全走行支援システムの開発*

—インテリジェント・デリニエータ・システムのフィールド試験結果—

Intelligent Winter Highway System using Millimeter Wave Technology*

— Field Test Results of Intelligent Delineator System —

加治屋 安彦**, 福澤 義文***, 石本 敬志****, 石丸 元*****

By Yasuhiko KAJIYA, Yoshifumi FUKUZAWA, Keishi ISHIMOTO and Hajime ISHIMARU

1. はじめに

吹雪による視程障害問題は、北海道における冬期交通安全上の重要課題である。特に近年、規格の高い道路が普及するのに伴って、多くの多重衝突事故が冬期に発生している。吹雪による視程障害時にひとたび事故や運転が困難になっ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、これは極めてむずかしく冬期多重衝突事故の誘因のひとつになっているのが現状である。

筆者らは、自発光デリニエータにポール型視程計、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、事故や運転困難で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・システムを開発した。

本論文では、北海道におけるインテリジェント・デリニエータ・システムの開発状況とフィールド試験結果について報告するとともに、冬期交通のためのITS技術の研究開発計画や将来展望について述べる。

2. インテリジェント・デリニエータ・システムの構成と概念^{1, 2)}

図-1に、インテリジェント・デリニエータ・システムの構成を示す。また、図-2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

検知装置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。

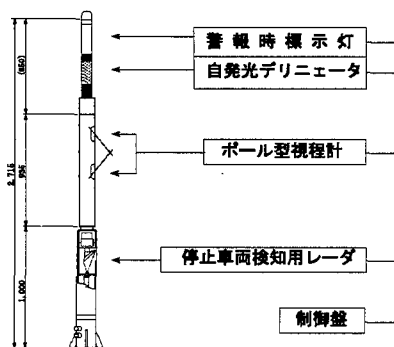


図-1 インテリジェント・デリニエータ・システムの構成

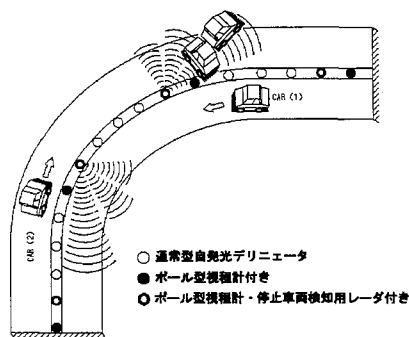


図-2 インテリジェント・デリニエータ・システムの概念

3. ポール型視程計の開発^{1, 2)}

ポール型視程計は、インテリジェント・デリニエータ・システムのために特に開発を行った小型の視程計である。特に、中央分離帯や路側に設置する自発光デリニエ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。

図-3は、ポール型視程計のブロック図である。高速変調された光ビームを空間に投射し、飛来する雪粒子によって前方又は前側方に散乱されたビーム

* キーワーズ：交通管理，交通安全

** 正員，北海道開発局 開発土木研究所 防災雪氷研究室

*** 正員，同 上

**** 正員，同 上

(札幌市豊平区平岸1条3丁目，TEL011-841-1111，FAX011-824-1226，

E-mail: ykajiya@ceri.go.jp)

***** 明星電気(株) 守谷工場 (茨城県北相馬郡守谷町守谷甲249-1，

TEL0297-48-1111，FAX0297-48-5102)

が受光器に補足され、その強度が測定される。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、視程信号を発生する。

なお、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、このボール型視程計は実用上十分な測定精度が得られていることを確認している。

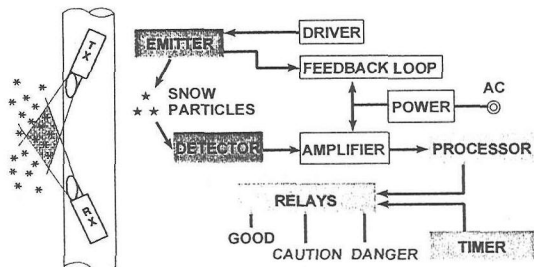


図-3 ボール型視程計のブロック図

4. 停止車両検知用レーダの開発

停止車両検知用レーダ (CHSR; Car Halt Surveillance Radar) は、ミリ波 (59.5GHz, 70mW) を用いた F M-CWレーダの一種である。路上水平面内でペンシルビームを回転し、対象物体までの距離と角度を計測する。停止車両がない時の計測データ (キャルデータ) を参照しながら停止車両の有無を判定する。

図-4 に、停止車両検知用レーダのブロック図を示す。オフセットパラボラ形の反射板が円筒筐体の中で2～3秒に1回の速度で回転する。これにより、路面上約80cm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。

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値のパ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スペクトル列が得られる。

図-5 は、評価実験時のモニタ画面である。上段が受信信号波形 (ビート信号)、下段が F F T 処理後のスペクトル列である。図-6 は、横軸が距離、縦軸が角度のモニタ画面を表したものである。角度は0度から4度毎に計測したもので波形の波の大きさが受信レベルを表している。なお、計測範囲を限定しているため双曲線状に信号がとぎれている。

94/95の冬期実験に使用した機器は最大検知距離が

60mであったが、95/96の冬期の実験では、最大検知距離を110mまで延ばすことができた。これは、計測範囲を路上に限定するソフトウェアの改良を並行して行ったことにより実現したものである。

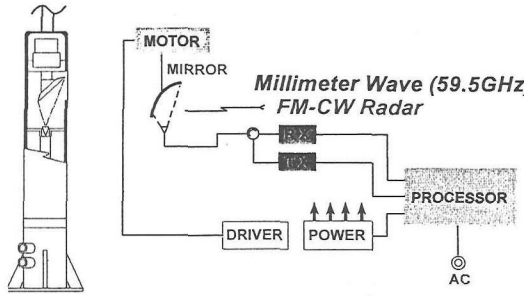


図-4 停止車両検知用レーダのブロック図

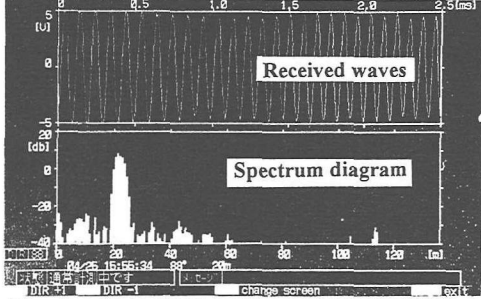


図-5 停止車両検知用レーダの評価実験時のモニタ画面 (1)

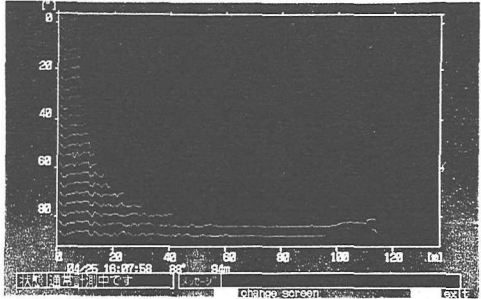


図-6 停止車両検知用レーダの評価実験時のモニタ画面 (2)

4.1 94/95冬期におけるフィールド試験結果^{1, 2)}

1995年2月、冬期の道路上で停止車両の検知試験を行った。試験は、軽い降雪の中で行ったほか、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行った。

図-7 は、94/95冬期におけるフィールド試験結果である。試験の結果は良好で、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。図からは、吹雪の有無に関わらず、出力にほとんど差のないことが分かる。

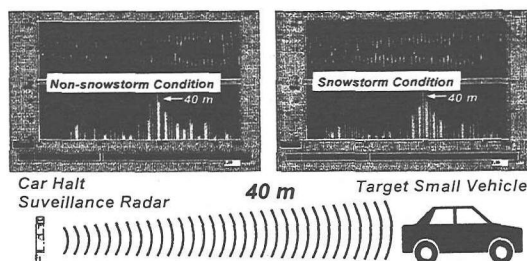


図-7 94/95冬期におけるフィールド試験結果

4.2 95/96冬期におけるフィールド試験結果³⁾

95/96冬期においては、94/95冬期の試作機に改良を施し、最大検知距離の延長と反応時間の検証を目的に試験を行った。試験は、石狩吹雪実験場で96年1月18日と3月22日の2回、国道12号江別道路で2月22日に1回実施した。

95/96冬期の試験では、実際の道路環境を想定し、軽乗用車、小型車、RV車、バスの4車種を用いた。写真-1は、停止車両検知用レーダと試験状況を撮影したものである。また、図-8は、幅員10m、延長120mの走行路の0m地点に停止車両検知器を設置し、20m間隔で検知試験を行った配置図を表したものである。

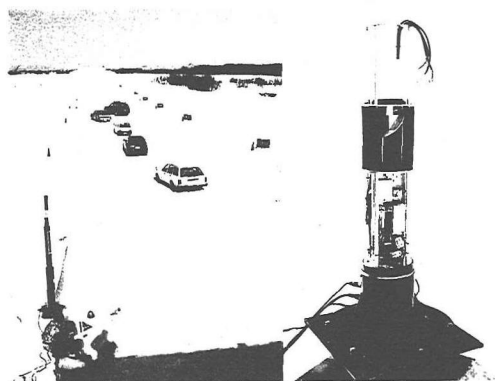


写真-1 停止車両検知用レーダと95/96冬期の試験状況

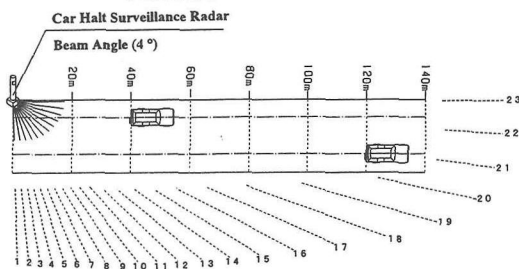


図-8 95/96冬期の試験の配置図

①1996年1月18日の試験結果

1996年1月18日は、北西の風、風速5～8m/s、気温-11℃で視程20～100mの吹雪状況であった。試験は、4車種について車両を20mごとに停止し、検知の確認及び反応時間の測定を同時に行なった。測定結果は、各車種・各間隔とも全て検知をしたが、反応時間は15sec～30secかかり安定した結果が得られなかった。当日使用した範囲設定プログラム及び自動計測プログラムはまだ改良段階にあったので、94/95冬期に使用した手動プログラムに置き換えて試験を行った。

②1996年3月22日の試験結果

1996年3月22日は、北西の風、風速5～6m/s、気温-2℃で視程100～200mの降雪状況であった。試験は、前回同様4車種で同じ走行路の条件で、改良された範囲設定プログラム及び自動計測プログラムで実施された。測定結果は、検知最大距離が110mまで確実に計測された。また、1月18日には問題とされた反応時間についても、全地点で6秒（現段階では回転速度は2.0秒/1回転なので3回転）で検知の安定した結果となった。検知動作の検証は、計測データをパソコンのハードディスクに取り込み、また目視でも確認できるように赤色ランプの点灯を併用して行った。試験結果を表-1に示す。

表-1 各車種の検知結果

車種	検知	20m	40m	60m	80m	100m	110m	120m
軽	後方	○	○	○	○	○	○	×
小型	後方	○	○	○	○	○	○	×
RV	後方	○	○	○	○	○	○	△
バス	後方	○	○	○	○	○	○	△

後方；0地点から終点方向へ車両が進行し後面を検知
○；検知 △；不安定な検知 ×；検知不能

5. まとめと今後に向けて

自発光デリニエータにポール型視程計、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、事故や運転困難で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・システムを開発した。システムの開発は1993年に開始

し、93/94冬期にはポール型視程計のフィールド試験を、また94/95と95/96の冬期には、ミリ波を用いた停止車両検知用レーダのフィールド試験を行った。

試験の結果、ポール型視程計は十分な視程測定精度と高い動作安定性を有することが明らかになった。また停止車両検知用レーダについては、95/96冬期の試験では、軽乗用車、小型車、RV車、バスの4車種とも、視程約20mの激しい吹雪の中でも約100m離れた地点から検知することができた。これらの試験の結果から、停止車両検知用レーダとトータルとしてのこのシステムは、今後の実用化に向けて開発が十分可能であることを確認した。また、ミリ波は降雪に影響されることがなく、冬期交通のためのITSの基礎技術として欠くことのできないものであることを確信した次第である。

「ITS/Win研究計画」⁴⁾

北海道開発局では、現在冬期交通のためのITS技術の研究開発を主眼とする研究計画を策定している。これは、ITS/Win研究計画と呼ばれるもので、インテリジェント・デリニエータ・システムやインテリジェントITVカメラ、インターネット技術を活用した道路情報システムの開発などをはじめとする17の研究プロジェクトを含むものである。これらは、3つのカテゴリーに分類され、1)道路の付属施設のインテリジェント化を通じて直接的に危険を回避するコンセプトのもの(IWHS; Intelligent Winter Highway System)や、2)道路情報システムの高度化を通じて道路利用者が危険な目に遭う機会を減らし間接的に事故を抑止するコンセプトのもの(WHITE21; Winter Highway Information system for Traffic safety and Efficiency of the 21st century)、そして3)総合的な道路防災情報システムの構築を目指すコンセプトのものから成っている。

冬期交通は、滑りやすい雪氷路面や吹雪による視程障害といった車の運転には非常に厳しい条件を呈しており、先進の技術を活用して安全な走行を支援したり、高度な情報提供システムを導入することにより、安全性の飛躍的向上が期待できるITS技術の潜在的なインパクトの大きい分野である。北海道開発局では、全国的に進められるITSの技術開発に加え、ITS/Winの技術開発とその整備を進めることにより、20～30年後には冬型事故の半減、通年ペー

スでも半減以上の事故削減効果を目指す予定である。

また、ITS/Win研究計画の情報については、国際道路協会が進める国際情報交換プログラムなどとも連携して、北米や北欧など冬期道路の安全性や効率性などにおいて同じ問題を抱える世界中の積雪寒冷地域と積極的な交流を図っていく予定である(図-9)。

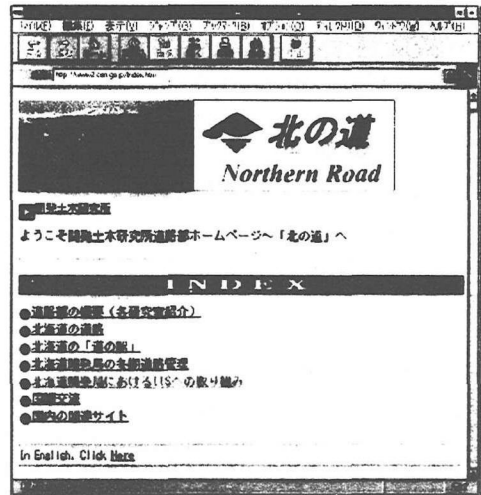


写真-2 インターネットによるITS/Win研究計画の紹介
(<http://www2.ceri.go.jp/index.htm>)

6. おわりに

インテリジェント・デリニエータ・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、現在特許出願中である。また、本システムの試験・設計にあたり、開発工営(株)の和田房幸氏にはご尽力をいただいた。ここに記して謝意を表す次第である。

〈参考文献〉

- 1) Yasuhiko Kajiya, et al.; Development of Intelligent Delineator System, The Second ITS World Congress '95 Yokohama, 1995.11.
- 2) 加治屋安彦, 福澤義文; 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, 土木学会北海道支部年次研究発表会, 1996.2.
- 3) Yasuhiko Kajiya, et al.; Field Test Results of Intelligent Delineator System - ITS Technology R&D for Winter Traffic, Fourth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, TRB, 1996.8.
- 4) Yasuhiko Kajiya, et al.; ITS Technology R&D for Winter Traffic - ITS/Win Research Program of the Hokkaido Development Bureau, The Third ITS World Congress '96 Orlando, 1996.10.