

# 寒冷地 AHS のユーザ受容性にかかる基礎的検討(第 1 報)

Basic Study on User Acceptance of Cold Region AHS (1st Report)

松沢 勝\* 金子 学\*\* 加治屋安彦\*\*\*

Masaru MATSUZAWA, Manabu KANEKO and Yasuhiko KAJIYA

---

2002 年 2 月

北海道開発土木研究所  
道路部防災雪氷研究室

## 寒冷地 A H S のユーザ受容性にかかる基礎的検討 (第 1 報)

## Basic Study on User Acceptance of Cold Region AHS (1st Report)

松沢 勝\* 金子 学\*\* 加治屋安彦\*\*\*

Masaru MATSUZAWA, Manabu KANEKO and Yasuhiko KAJIYA

積雪官治他の冬期道路は、滑りやすい雪氷路面や吹雪等による視程障害のため非常に厳しい運転環境にある。北海道開発土木研究所では、視程障害時の多重衝突事故を防止するため、1994 年頃から、ミリ波レーダ等、寒地やの障害検知センサの開発など、寒冷地における ITS 技術の活用を検討してきた。北海道開発土木研究所では、吹雪時においては、情報板では見落としの可能性があるため、連続的に警告ができる自発光デリネータを活用した危険警告システムを検討している。

本研究では、動画 CG を用いた被験者実験や、試験道路における実車実験によって、警告機能を有するデリネータのユーザ受容性を検討した。

動画 CG を用いた被験者試験では、右側 (中央分離帯) に設置されている場合に若干良い評価が得られた。発光体高さは、視線誘導部の高さが 1.5~2.0m で評価が高く、危険警告部離れに関しては、0~0.5m の評価が高かった。

次に、試験道路で、実車による被験者実験を行い、条件による運転挙動の変化について調査を行った。なお、CG 実験や過去の知見で条件を絞り込んでいる。実験によって以下の結果が得られた。

- 1) 点滅パターンによる受容性の優劣は見られなかった。
- 2) 危険警告部離れは、0.25~0.5m の範囲で高い受容性が確保されている
- 3) 視線誘導部の高さは、1.5~2.0m の範囲で高い受容性が確保されている。
- 4) デリネータの設置位置が路側の場合と中央分離帯の場合での受容性の優劣は見られなかった。

《キーワード: ITS; 自発光視線誘導標; 寒冷地 AHS》

The driving environment of winter roads is very severe in cold, snowy regions due to slippery road surfaces covered with snow and ice and poor visibility caused by snowstorm as well as other conditions. To prevent multi-vehicle collisions at the time of poor visibility, the Civil Engineering Research Institute (CERI) has been examining application of ITS technologies for cold regions since around 1994-exemplified by development of cold-region-specific sensors that detect obstruction, such as millimeter radar. Since the road information board could be overlooked during snowstorm, the CERI examined a danger-warning system employing light-emitting delineators capable of giving continuous warnings.

Through a moving-image CG experiment with subjects and an actual driving experiment on the test road, user acceptability of the delineator capable of danger warning was examined in this research. The results of the moving-image CG experiment with subjects have revealed the following: 1) The right side of the driving lanes (center strip) was evaluated relatively highly as an installation position and 2) Delineators with heights of the visual guidance lamp of 1.5-2.0 m were rated highly. So were delineators with distances between the visual guidance lamp and the danger-warning lamp of 0-0.5 m. An actual driving experiment was conducted on the test road with test drivers to survey differences in operation behavior according to conditions that are selected in view of the CG experiment results and knowledge from the past. The results of this experiment are as follows:

- 1) No differences with respect to flashing pattern,
- 2) No differences when the distance between the danger-warning lamp and the visual guidance lamp is in the range of 0.25-0.5 m,
- 3) No differences when the height of the visual guidance lamp is in the range of 1.5-2.0 m and
- 4) No differences whether the installation position of delineators is the roadside or the center strip.

(Keywords: ITS ; light-emitting delineators ; Cold-region AHS

## 1.はじめに

積雪寒冷地の冬期道路は、滑りやすい雪氷路面や吹雪等による視程障害のため非常に厳しい運転環境にある。特に、視程障害時の事故は後続車からの発見が遅れやすいため、多重衝突事故に発展する事例も少なくない。多重衝突事故は長時間にわたり道路交通に障害を生じさせ、社会生活に与える影響も非常に大きい。これまで防雪柵や防雪林等、ハード面の対策が行われてきたが、さらに効果的に事故を防止するため、ITS 技術を活用した、新たなシステムの開発が急務となっている。北海道開発上本研究所では、1994 年頃から、ミリ波レーダ等、寒地型の障害検知センサの開発や、吹雪時の効果的な視線誘導システムの開発を行ってきた。

一方、我が国においては、ITS 開発の推進と早期展開のため、1999 年 11 月に、当時の ITS 関連 5 省庁（郵政省、警察庁、運輸省、通産省、建設省）は、ITS に係るシステムアーキテクチャを策定した<sup>1)</sup>。さらに、ITS プロジェクトの地域展開を促進し、ITS サービスを提供する各システムの効率的な開発・整備を行うため、建設省（現国土交通省）は、北海道開発

局などと共同で、9 つのサービスについて、ITS システムアーキテクチャに基づいた地域展開のガイドラインを策定した。寒冷地走行支援（寒冷地 AHS）は、9 つのサービスの一つに挙げられており、北海道開発土木研究所が国土交通省国土技術政策総合研究所（当時は建設省上本研究所）の協力を得て、その原案の策定を行った。

寒冷地走行支援は、ITS 関連 5 省庁が策定したシステムアーキテクチャの中で定義されている 5 つのサブサービス(30. 気象情報の提供、31. 路面状況情報の提供、33. 前後方向の障害等情報の提供、47. 周辺車両に対する危険警告、154. 事故発生時の周辺車両への発信)をサービス提供場面や機能の必要性の観点から統合したものであり、国土交通省の道路通信標準とも整合するよう開発を進めている。このサービスは、吹雪等の視界不良時に、停止車両等の障害物や滑りやすい路面状況を各種のセンサによって検知し、これらの情報を卓載器や路側施設によりドライバーに提供するものである。さらに、経路選択の判断材料となる広範囲の道路気象情報や予測情報を提供するサービスも含まれている。このため、通常の走行支援道路システム



図1. 寒冷地 AHS の実現イメージ

に比べ、支援を行う範囲が、空間的にも時間的にも広いという特徴を持つ。図1は、その実現イメージ図である。これら、寒冷地走行支援サービスの実現に向けては、以下の点が検討課題となっている。

1) 視程障害時でも前方の障害事象を検出できるミリ波レーダをはじめとする障害検知センサや、非常に滑りやすい凍結路面を検出可能なセンサなど、寒地型センシング技術の検討

2) 連続した危険警告ができる情報提供機器の開発と、適切に危険警告を行うための手法や機器の仕様の検討。

これらの検討のため、北海道開発土木研究所と、全国標準の走行支援道路システム(AHS)の研究開発を行ってきた国土技術政策総合研究所が共同研究を実施して、冬期道路の走行支援システムの研究開発を行った。共同研究では、寒冷地向けセンサの開発を国土技術政策総合研究所が担当し、ユーザ受容性の高い危険警告システムとパイロット・システムの開発を北海道開発土木研究所が担当した。

本論文では、北海道開発土木研究所が担当した、危険警告システムのユーザ受容性に関する調査結果を報告する。

## 2. 自発光デリネータによる危険警告の運転挙動への影響の検討

ドライバーへの情報伝達的手段としては、道路情報板が一般的であるが、吹雪等による視界不良時には判読しにくいいため、寒冷地での危険警告の用途には十分な効果が得られない可能性がある。著者らは、視界不良時には、ある程度の延長にわたって連続的に危険警告が可能な、自発光式デリネータの発光による危険警告が適していると考え、その研究を行った。いままでの研究<sup>2)</sup>で、以下のことが明らかになった。

発光による危険警告は、安全走行の支援に有効である。

短い周期の点滅の繰り返し、ドライバーに警戒感を与える。

危険警告を行うデリネータは、視線誘導部と危険警告部が分離したタイプのものが適する。

その一方、最適な仕様(設置位置、発光体の高さ等)については、十分解明されていない。そこで、動画CGを用いた被験者実験や、試験道路における実車実験によって、警告機能を有するデリネータの最適な仕様を検討した。

## 3 動画CGによる調査

### 3.1 検討対象

#### (1) 設置位置

自発光デリネータの設置位置について、路側と中央分離帯のどちらが良いか検討した。本研究では、片側2車線の中央分離帯のある多車線道路を想定し、以下の4パターンのCGを作成して比較した。

表1. 検討した動画CGの条

	自発光デリネータ設置位置	走行
1	路側	左側車線
2	路側	右側車線
3	中央分離帯	左側車線
4	中央分離帯	右側車線

#### (2) 発光体高さ

寒冷地走行支援システムの自発光デリネータは、視程障害時等における視線誘導機能、および前方の障害物等の危険警告機能を有し、それぞれ別個の発光体を同一ポール上に配置するものである。よって、これら発光体の高さは、ドライバーが視認、判断しやすいものとなるよう検討する必要がある。

本研究では、視線誘導部の高さが1.0~3.0m、視線誘導部と危険警告部との間隔(以下、危険警告部離れと示す)が0~1.5mの間で、それぞれ0.5mピッチで変化させた組み合わせについて比較検討を行うこととした。

### 3.2 調査概要

#### (1) 動画CGの作成

前節で示した比較条件で動画CGを作成した。共通する道路条件、気象条件等は以下のとおりである。図2にその例を示す。

- ・時間帯：昼間
- ・天候：雪
- ・路面：圧雪
- ・走行速度：50km/h
- ・他車両：なし
- ・視点：普通乗用車を想定(高さ1.2m)
- ・デリネータ設置間隔：20m

#### (2) 被験者

性別、年齢、運転歴等を考慮し、運転歴10年以上の男性(以下、熟練者)、運転歴3年以下の初心者、高齢

者、および女性の4属性から各15票の回答を得た。

### (3) 調査方法

ハードディスク内の動画ファイルを、プロジェクタを通してスクリーンに投影した。この際、ドライバー視点(高さ1.2m) 消失点(左右各15度)を考慮し、スクリーンへの投影を行うこととした。

### (4) 設問項目

評価の視点は、次の3点から行った。被験者には、事前にアンケート用紙を配布し、動画CGを見ながら記入してもらった。

警戒感：危険警告の有効性

誘導性：視線誘導の有効性

快適性：走行に対する煩わしさ・不快感の少なさ

設置位置については、上記3つの視点から、4パターンの一対比較(2つのパターンを同時に見せて優劣を付ける比較方法)と、各パターン毎の5段階評価によって評価した。

また、発光体の高さは、危険警告部離れを一定として、視線誘導部高さを変化させたCGを見て、警戒感、誘導性、快適性を総合的に判断した上で、5段階で評価した。この場合の、CGの構成と画像例を図2に示す。

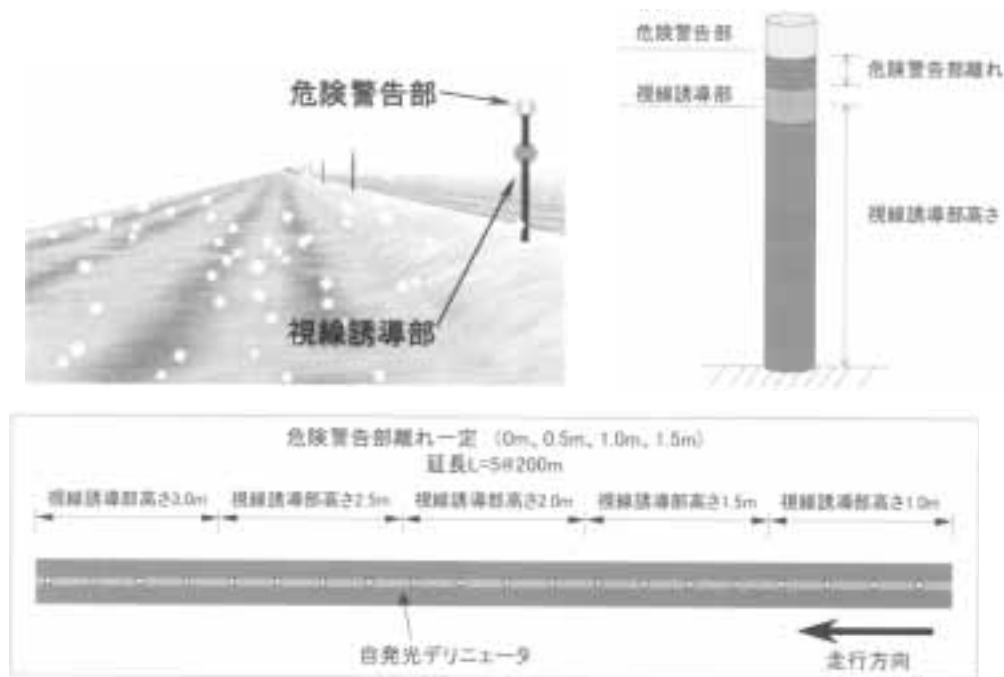


図2. CGの例(左上)と、デリネータの構造(右上)および視線誘導部高さを比較したCGの構成(下)

## 3.3 調査結果

### (1) 設置位置

デリネータ設置位置に関する比較実験の結果をまとめると、以下のとおりである。

一対比較結果(図3)を見ると、警戒感は、デリネータ近くの車線を走行している場合に大きく感じる傾向があり、これは、デリネータが中央分離帯、左側路側のどちらでも見られる傾向である。誘導性については、走行する車線、設置位置の組み合わせで大きな変化はない。快適性は、デリネータ近くの車線を走行している場合に低い傾向がある。この傾向は、デリネータが中央分離帯、左側路側のどちらでも見られる。

一方、各パターンの5段階評価結果(図4)を見る

と、誘導性、快適性については、評価点の大きな差は見られない。警戒感は、高齢者を除き左側設置・右車線走行の場合が最も評価が低い。車線による評価の差が小さいものが、設置位置として望ましいと言えるので、多車線道路の場合は、右側(中央分離帯)に設置するほうが適切と考えられる。

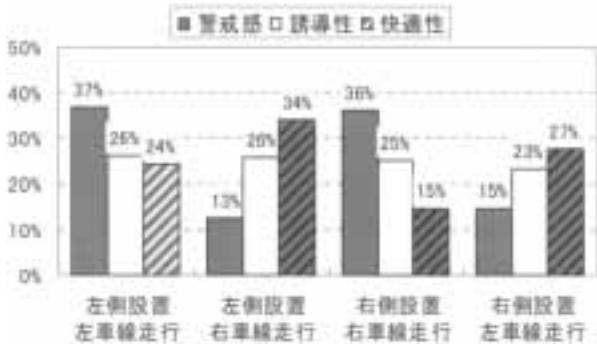


図3. 一対比較評価における各パターンの選択割合

(2) 発光体の高さ

発光体の高さについて、危険警告部離れを一定として視線誘導部高さを変化させながら、5段階評価をしてもらった結果、次のことが明らかとなった(図5)。視線誘導部の高さが1.5mの自発光テリネータの評価点が最も高い。その中でも、危険警告部離れが0~1.0mの範囲で特に高い評価を得ている。

次に評価が高いのが、視線誘導部の高さが2.0mで、危険警告部の離れが0~0.5mの自発光テリネータである。

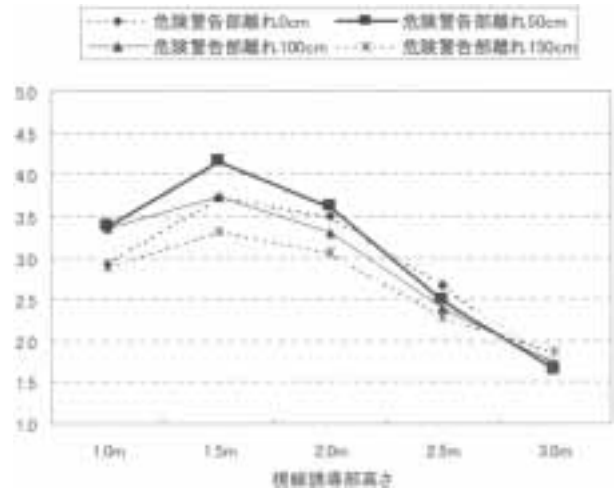
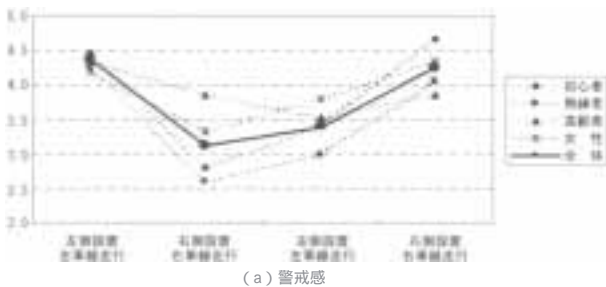


図5. 危険警告部離れを一定としたときの、視線誘導高さの5段階評価結果

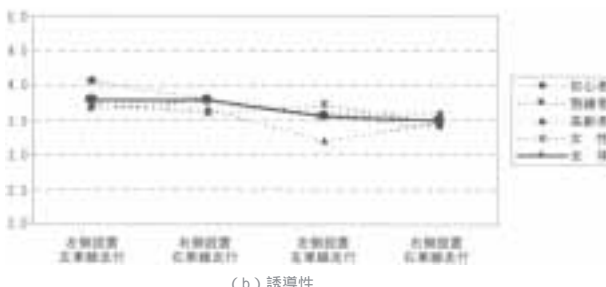
4. 実車による実験

4.1. 実験内容

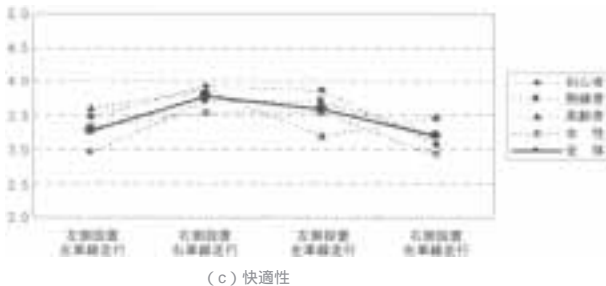
2001年2月、北海道開発土木研究所は石狩吹雪実験場の試験道路に、自発光テリネータの設置間隔や危険警告部離れを変えることのできる、寒冷地走行支援パイロット・システムを配備した。このパイロット・システムを用いて、被験者による走行実験を行った。試験用の車両には、ドライバーの運転挙動を記録するため、走行速度、アクセル踏量、ブレーキ踏力、ハンドル操舵角、前後加速度、左右加速度などの観測機器が設置されている。本調査ではこれらのデータから、最適な自発光テリネータの基本仕様について検討した。



(a) 警戒感



(b) 誘導性



(c) 快適性

図4. 各評価項目に対する5段階評価の得点化



図6. 実車実験状況。右が試作した自発光テリネータ、左が停止直面を想定した権限版。

## 4.2. 実験方法

試験道路において、被験者に試験車両を運転してもらった。途中で1)発光警告を与えて障害物が出現する場合と、2)発光警告なしに障害物が出現する場合の2つの条件における運転挙動を調査した。障害物は小型の車両を模擬した板で、路側の雪山の陰から出現させた。出現のタイミングは、試験車両が80m手前まで接近した時点である。なお、被験者が障害物の出現位置を学習しないように、障害物の出現箇所を複数とし、出現順序もランダムにした。図6に実験状況を示す。直線区間の実験は、視程100m程度の吹雪時に急に前方に現れる障害物を想定している。また、カーブ区間での実験は見通しの悪い滑りやすいカーブ区間に存在する障害物を想定している。

## 4.3. 実験条件

自発光デリネータの最適仕様に関して以下の条件で

実験を行った。なお、先に述べたCG実験結果に基づき条件を設定した。

点滅パターン:1回点滅と複数回点滅の比較と1分あたりの点滅回数による比較

危険警告部離れ:0.25mと0.5mでの比較

視線誘導部の高さ:1.5m、2.0mでの比較

自発光式視線誘導標の位置:左側路側、右側路側での比較

## 4.4. 実験結果

(1) 点滅方法による比較

図7は発光警告の点滅方法による障害物80m手前の速度の比較結果である。点滅パターンは以下の4通りで実施した。いずれの条件においても点滅回数は60回/分である。点灯時間比は全体に対する点灯時間の割合である(図8)。ここでは、以下のように点滅方法を記号で略記する。

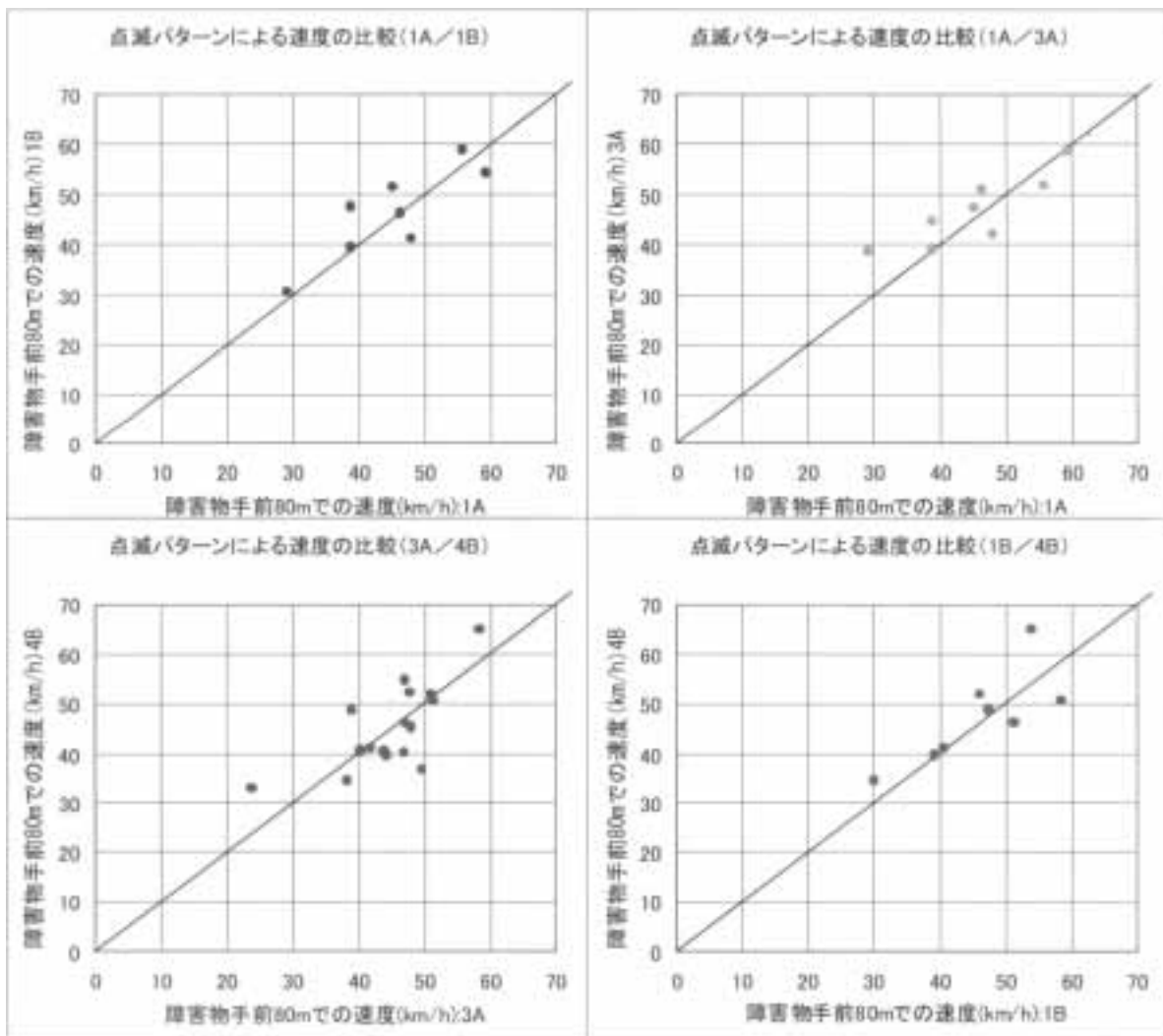


図7. 点滅パターンによる障害物80m手前での速度比較

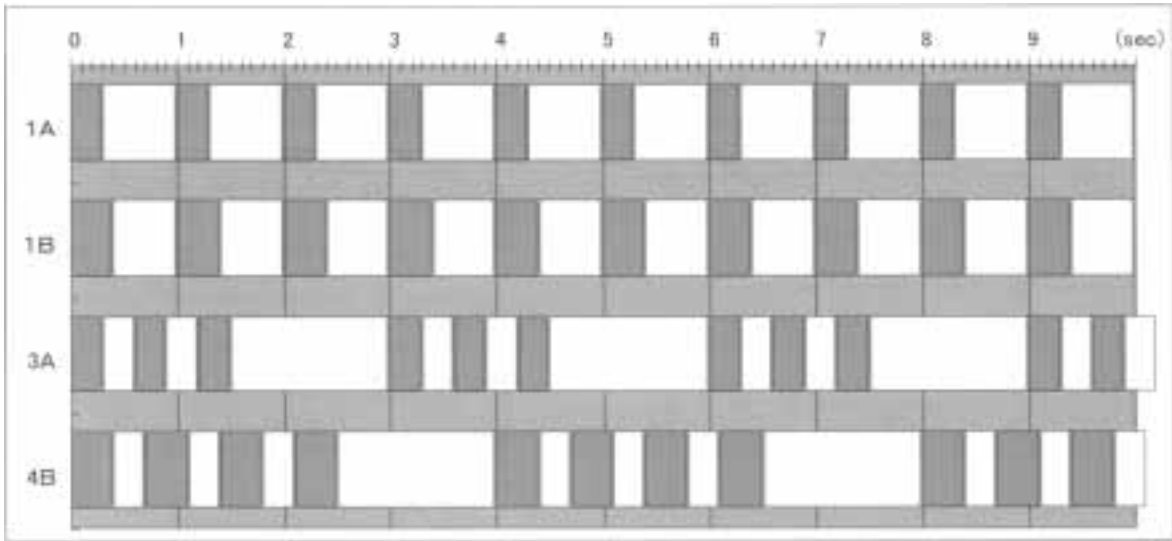


図8．点滅パターン。黒が点滅を意味する

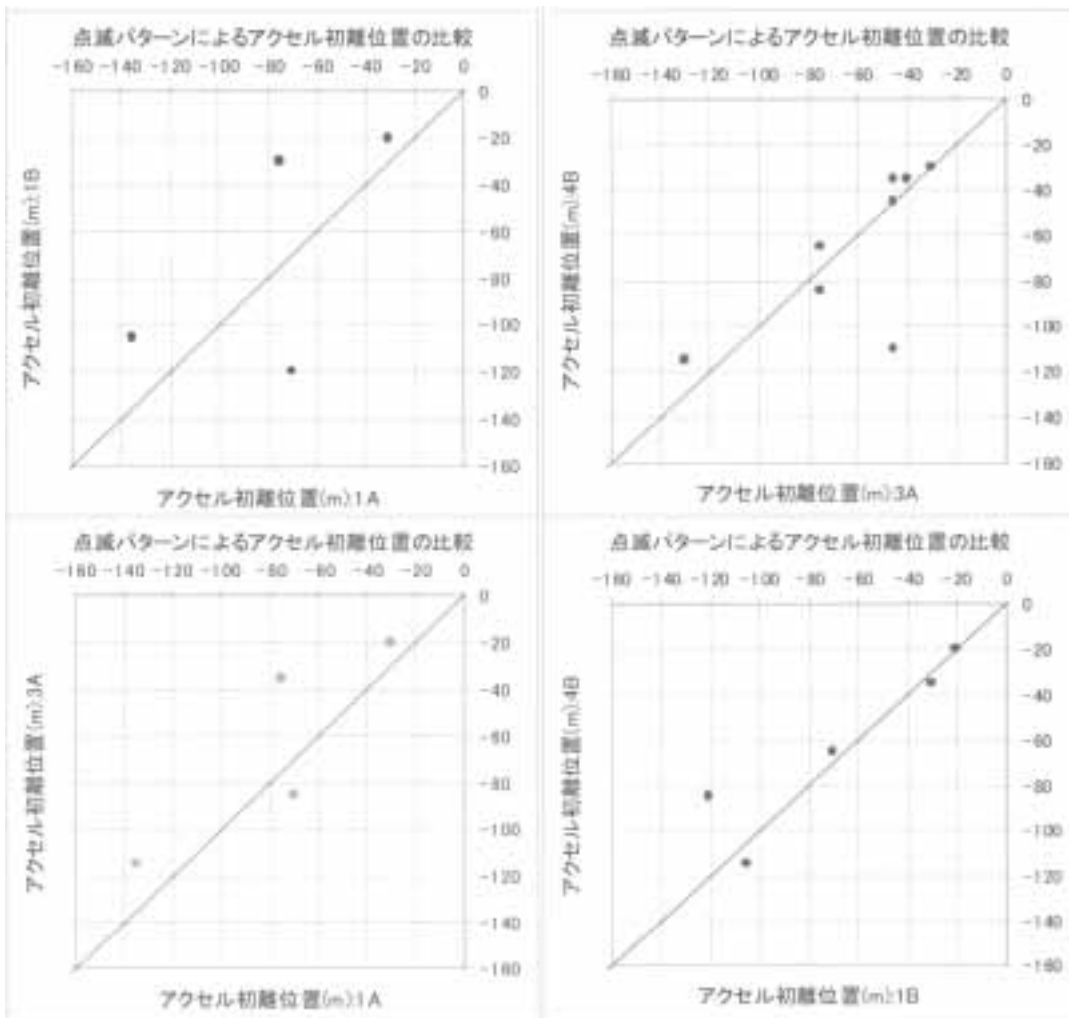


図9．点滅パターンによるアクセセルを初めて離れた位置の比較  
障害物の位置を0mとして、そこからの距離で表示



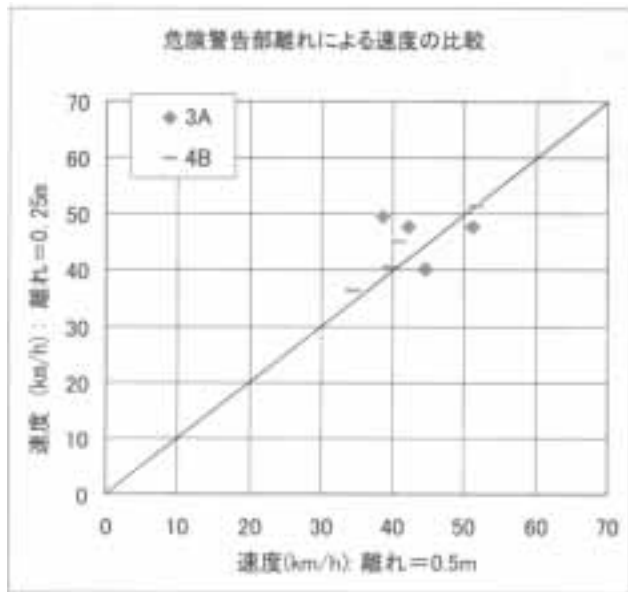


図 10. 危険警告部離れの違い(0.25m/0.5m)による、障害物 80m 手前での速度の比較。3A、4B は危険警告灯の点滅パターン。

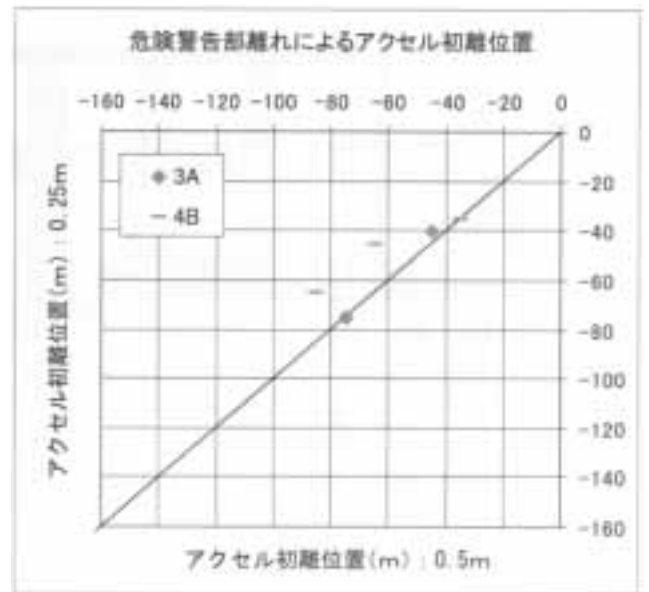


図 11. 危険警告部離れの違い(0.25m/0.5m)による、障害物 80m 手前での速度の比較。3A、4B は危険警告灯の点滅パターン。

- 1 回点滅、点灯時間比 0.3 (1A と表記)
- 1 回点滅、点灯時間比 0.4 (1B と表記)
- 3 回点滅、点灯時間比 0.3 (3A と表記)
- 4 回点滅、点灯時間比 0.4 (4B と表記)

図 7 のように点滅方法による障害物 80m 手前での速度差は確認されなかった。検定を行ったが有意差は認められなかった。発光警告の有無による障害物 80m 手前での速度差は検定によって認められている 2) ことから、実験に用いた 4 パターンの点滅方法による警告効果の差は小さいと言える。

また図 9 に点滅方法による、アクセルを初めて離れた位置の違いを比較した結果を示した。データ数が少ないものの、これも点滅方法による差は小さいと考えられる。

このことから、点滅方法の差異は、ドライバーの行動にあまり影響を与えないことがわかる。従って、以降では、過去の研究で警戒感が高かった 3 回点滅と 4 回点滅に絞って実験結果をまとめた。

## (2) 危険警告部離れによる比較

図 10 は障害物から 80m 手前での速度を、危険警告部離れが 0.25m と 0.5m のデリネータを比較したものである。図より危険警告部の離れによる速度の差は認められない。また図 11 でアクセルを初めて離れた位置の比較を行ったが、こちらも危険警告部離れによる差は確認されなかった。

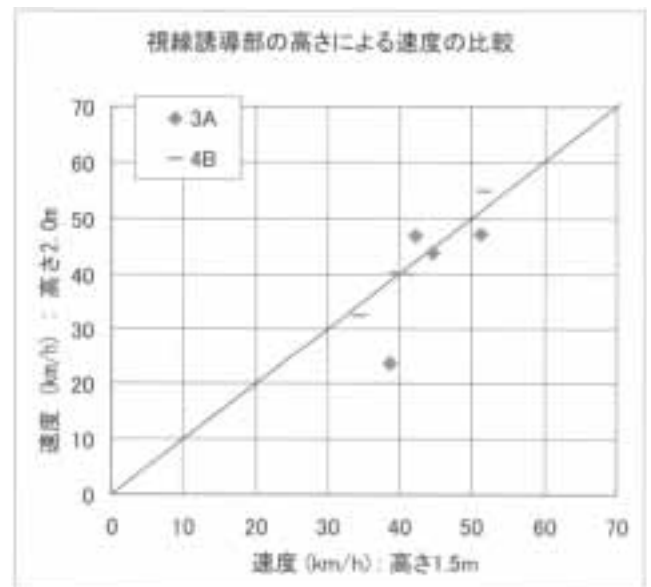


図 12. 視線誘導部の高さの違い(1.5m/2.0m)による、障害物 80m 手前での速度の比較。3A、4B は危険警告灯の点滅パターン。

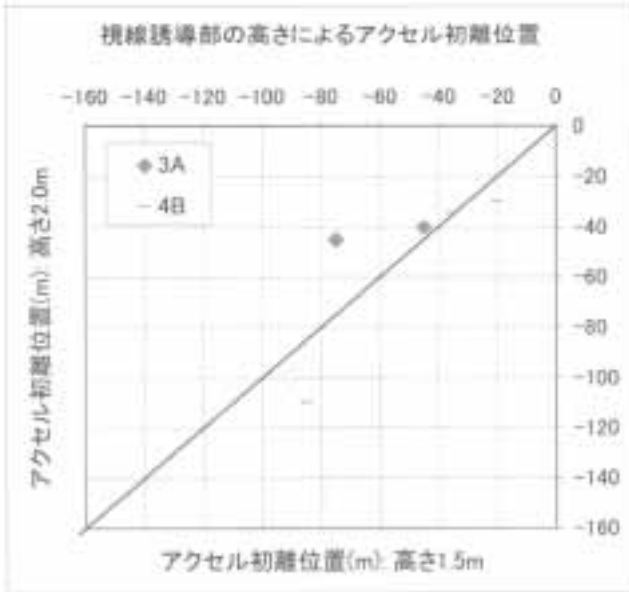


図 13. 視線誘導部の高さの違い(1.5m/2.0m)による、障害物 80m 手前での速度の比較。 3A、4B は危険警告灯の点滅パターン。

(3) 視線誘導部の高さによる比較

図 12 は障害物から 80m 手前での速度を、視線誘導部の高さが 1.5m と 2.0m のテリネータを比較した結果である。図より視線誘導部の高さによる速度の差は認められない。また図 13 は、アクセルを初めて離れた位置の比較であるが、こちらも視線誘導部の高さによる差は確認されなかった。

(4) テリネータの設置位置による比較

図 14 は障害物から 80m 手前での速度を、テリネータ

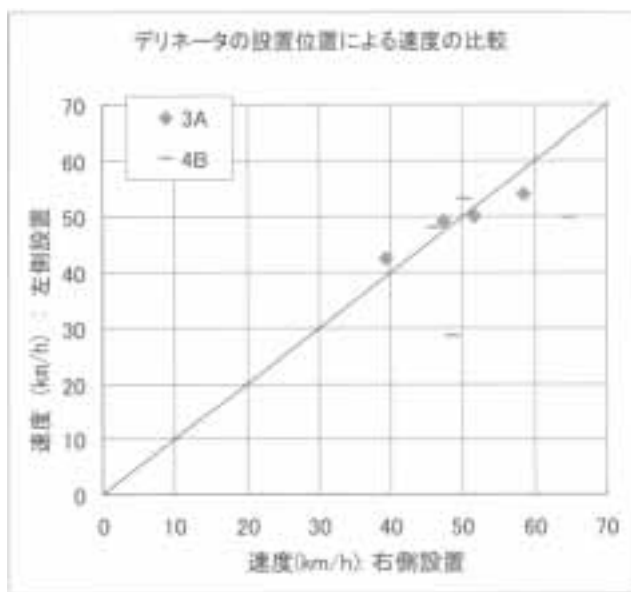


図 14. デリネータの設置位置の違いによる、障害物 80m 手前での速度の比較。 3A、4B は危険警告灯の点滅パターン。

の設置位置が左側路側の場合と、右側路側の場合を比較した結果である。デリネータの設置位置が右側の場合に、障害物から 80m 手前での速度が大きくなった事例が 2 例みられる。しかし、検定の結果、その有意差は認められなかった。

5. まとめと考察

危険警告を行う自発光デリネータの仕様（設置位置、発光体高さなど）を定めるため、動画CGと、実車を用いた被験者実験を行ってユーザ受容性を調べた。

動画CGを用いた被験者試験では、右側（中央分離帯）に設置されている場合に若干良い評価が得られた。また発光体高さは、視線誘導部の高さが 1.5~2.0m で評価が高く、危険警告部離れに関しては、0~0.5m の評価が高かった。

次に、試験道路で、実車による被験者実験を行い、条件による運転挙動の変化について調査を行った。なお、先の動画CGによる被験者実験に基づき条件を絞り込んだ。その結果は以下のとおりである。

点滅パターンによる優劣は見られなかった。

危険警告部離れは、0.25~0.5m の範囲では、大きな差は見られず、高いユーザ受容性が保たれている。

視線誘導部の高さは、1.5~2.0m の範囲では、大きな差は見られず、高いユーザ受容性が保たれている。

デリネータの設置位置が路側と中央分離帯のどちらが良いか、ユーザ受容性の面からは結論は得られなかった。これについては、除雪など別の視点からの判断が必要と考えられる。

このように、今回の実験の範囲では、点滅方法、発光体の離れ、発光体の高さ、デリネータの設置位置について、明らかな差異は見られなかった。この原因として、既にCG実験によって受容性の比較的高い条件を絞っているため、運転挙動に現れるほど大きな差が出なかったと考えられる。

また、警告を認知した後の運転挙動は、システムの仕様ではなく、個人のヒューマンファクターに強く依存する。このため、システムの仕様を考える場合は、警告を迅速にかつ確実に認識できることが重要である。今後、この観点からのデータの蓄積を行い、踏み込んだ解析を行い、システムの仕様策定に反映させる予定である。

参考文献

- 1)VERTIS : ITS システムアーキテクチャ、1999 年 11 月.
  - 2)松沢勝、金子学、加治屋安彦：寒地走行支援システムのユーザー受容性に関する研究、第 44 回北海道開発局技術研究発表会発表概要集、2001 年 2 月
- 



松沢 勝\*

北海道開発土木研  
究所  
道路部  
防災雪氷研究室  
主任研究員



金子 学\*\*

北海道開発土木研  
究所  
道路部  
防災雪氷研究室  
研究員



加治屋安彦\*\*\*

北海道開発土木研  
究所  
道路部  
防災雪氷研究室  
室長