

冬期道路の高度情報提供システムに関する基礎研究 ～広域情報提供サービスと路側情報提供サービスのフィールド実験～

Basic Study on the Safe Driving Support System for Winter Roads

- Field tests of "The Wide Area Information Provision Service" and "The Roadside Information Provision Service" -

松澤 勝* 加治屋 安彦** 三好 達夫*** 山際 祐司****

Masaru MATSUZAWA, Yasuhiko KAJIYA, Tatsuo MIYOSHI and Yuji YAMAGIWA

吹雪視程障害時の多重衝突事故を防止し、冬期道路の安全走行を支援するため、以下に示す「広域情報提供サービス」と「路側情報提供サービス」の2種類のサービスを提供する、冬期道路の高度情報提供システムのフィールド実験を行った。

「広域情報提供サービス」は、インターネットにより降雪・視界の実況と6時間先までの予測、安全なルート選択のための経路情報、メール配信サービス等の情報提供を行うものである。また、「路側情報提供サービス」は、吹雪の中で事故などにより停止車や低速車が発生した場合に、路側の道路センサが感知し、後続のドライバーに注意喚起を行うものである。注意喚起は道路情報板での表示のほか、自発光視線誘導標の頭部が点滅発光することにより、区間全体のドライバーに注意を促す。

冬期道路の高度情報提供システムのフィールド実験は、2003/2004年冬期から札幌市近郊で実施した。利用者アンケートから、吹雪時の走行時の安心感について高い効果が期待できることが明らかとなった。
《キーワード：ITS；冬期道路；情報提供；路側情報；広域情報；自発光視線誘導標》

To prevent multiple-vehicle collisions during conditions of reduced visibility due to snowstorms, the Division is conducting research on a safe-driving support system for winter roads. This system consists of the following two services:

"The Wide Area Information Provision Service" provides advanced road and weather information for a wide area that enables drivers to avoid snowstorms. Providing information on snowfall and visibility conditions and forecasts via the Internet and mail delivery service help drivers choose safer routes.

"The Roadside Information Provision Service" prevents the spread of accidents during snowstorms by detecting vehicles that have stopped on the roadway ahead using millimeter wave radar that is not sensitive to the effects of snowfall and alerting drivers with light-emitting self-emitting delineators and displays on road information boards.

Field tests of the two services have been conducted in areas around Sapporo since the winter of 2003/2004. Questionnaire surveys of motorists revealed that those services have significant potential effects in terms of drivers avoiding snowstorms and accidents.

《Keywords: ITS; winter road; information provision; Roadside Information; Wide Area Information; light-emitting delineators》

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地では、同じ道路でありながら、気象条件によってその走行環境は大きく変わる。吹雪による視程障害や路面凍結等により非常に厳しい運転環境になり、特に、吹雪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。これらの状況に対して既存の吹雪対策はもとより、ITS技術を活用して冬期道路の安全確保と適正な運用を図ることが重要である。

そこで、吹雪時の事故を未然に防ぐため「広域情報提供サービス」と「路側情報提供サービス」からなる「冬期道路の高度情報提供システム」の試験研究を行った。

本論文では、平成15・16年度に実施した情報提供サービスのフィールド実験結果について報告する。

2. 冬期道路の高度情報提供システム

冬期道路の高度情報提供システムは、積雪寒冷地の冬期道路において、事前の気象情報、視程障害情報、関連道路情報を提供することでドライバーの走行判断を支援するとともに、吹雪時には適切な視線誘導と前方危険事象に対する注意喚起を行うことによって安全走行を支援するものである。

このシステムは、ドライバーが適切に吹雪を回避できるように吹雪情報を提供し、交通行動の変更を促すとともに、心理的な負担軽減を図る「広域情報提供サービス」(図1)と、自発光式視線誘導標で吹雪時の視線誘導を行い、事故などにより停止車や低速車が発生した場合には、路側の道路センサが感知し、後続のドライバーに道路情報板と自発光式視線誘導標の点滅発光により注意喚起を行う「路側情報提供サービス」(図2)から構成される。

なお、フィールド実験については、広域情報提供サービスを札幌周辺地域で、路側情報提供サービスを当別町の一般国道337号で実施した(図3)。

3. 広域情報提供サービスに関する実験

平成16年度は平成17年2月1日から3月15日までインターネットでパソコンや携帯電話に、以下の4つの情報提供を行った。

①**国道の吹雪・降雪状況**：国道の現在の視界状況、時間降雪量を5段階に分け、色別で路線表示(図4)。

②**経路情報**：道路利用者が安全な経路を選択できるように、9区間にについて2つの経路上の現在の視

界状況、時間降雪量を色別で表示。

③**降雪・視界状況**：現在、1時間後、3時間後、6時間後の視界、時間降雪量を面的に表示(図5)。

④**メール配信サービス(頼めーる)**：メール配信登録者に対し、利用者自らがあらかじめ選択した経路に対して、降雪量や吹雪視程が設定した条件値を超えた場合に、メールを配信。

実験サイトのアクセス数はパソコン版のトップページで15,819件(370件/日)、携帯電話版のトップページで1,251件(29件/日)であった。

また、メール配信サービスの登録者は118名で、延べ6,344件のメールが配信された。

4. 路側情報提供サービスに関する実験

路側情報提供サービスは、吹雪により視界が悪くなると路側の自発光式視線誘導標が発光し(橙色)、ドライバーに道路線形や路側の位置を知らせる視線誘導を行う。さらに吹雪の中で事故などにより停止車や低速車が発生した場合には、路側の道路センサが感知し、後続のドライバーに注意喚起を行う。

注意喚起は道路情報板での表示のほか、自発光式視線誘導標の頭部が点滅発光(黄色)することにより、区間全体のドライバーに注意を促す。

このような注意喚起を行うことによって、後続車の追突を避け、事故の拡大を防ぐものである。

実験は、平成15年度と平成16年度冬期に、札幌市中心部から北東約20kmの一般国道337号 当別町蕨岱で、一般国道275号との交差点の手前、延長660mの区間で実施した。配置機器としては、百メートル間隔に停止車両や低速車を検知するミリ波センサを3基配置した。

また、道路の両側には自発光式視線誘導標を24m間隔で設置した。この内、交差点に向かう車線については、橙色の視線誘導灯の上に黄色の注意喚起灯を備えた2灯式の視線誘導標とした。加えて、起点部と中間部に路側情報板を設置して、ドライバーへ注意喚起を行った(図6、7)。

なお、注意喚起を行う自発光式視線誘導標は新しいデバイスであり、標準的な機器の仕様は定められていない。このため著者らは、室内実験や試験道路での実験を通じて本実験用機器の仕様を定めた¹⁾。

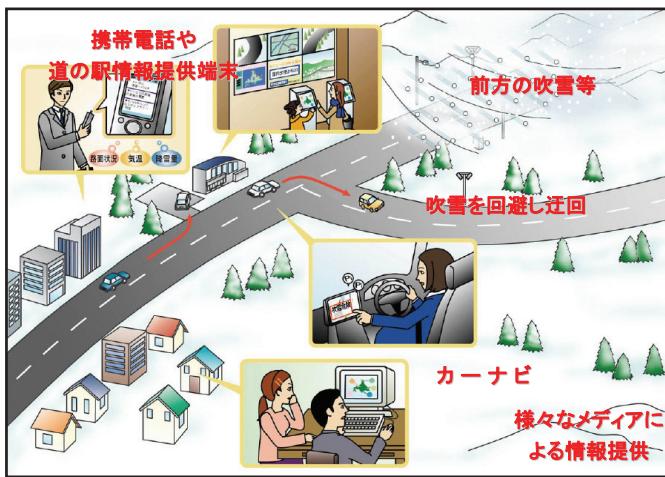


図1 「広域情報提供サービス」のイメージ

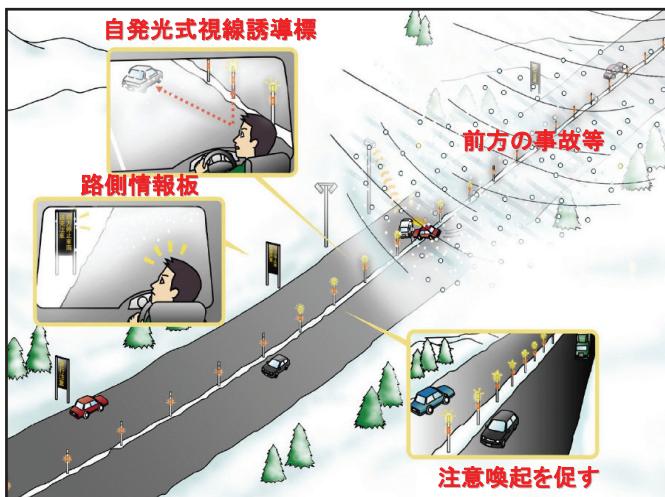


図2 「路側情報提供サービス」のイメージ



図3 フィールド実験箇所

図4 国道の吹雪・降雪状況 札幌圏吹雪の広域情報提供実験 Web サイト

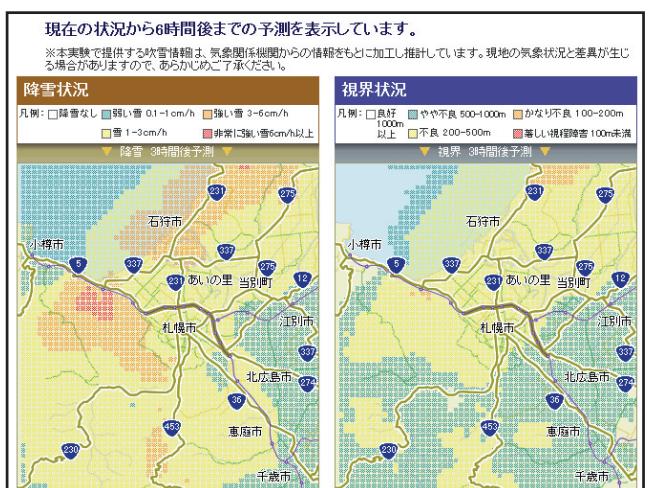


図5 隆雪・視界情報のメッシュ表示

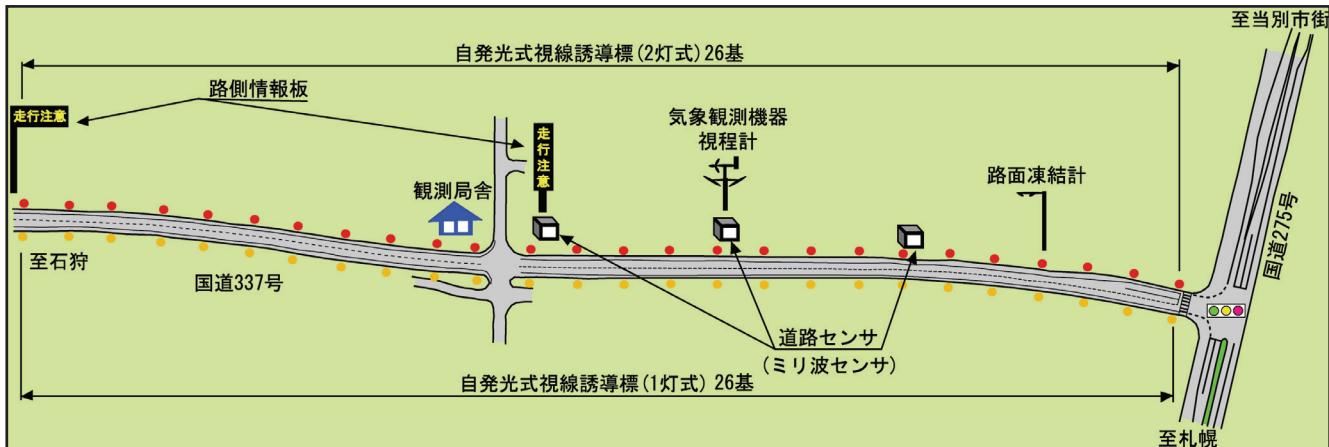


図6 路側情報提供実験機器配置状況図



図7 実験機器の設置状況(左：自発光視線誘導標、中：路側情報板、右：道路センサ(ミリ波センサ))

5. 広域情報提供システムの有効性に関する調査

(1) 広域情報提供サービスの評価の調査概要

広域情報提供サービスの有効性等についての検証評価を行うため、平成16年度に実験サイト上とメール配信登録者への郵送により、以下の項目についてアンケート調査を実施した。

- ・冬道の運転計画時の重要な事項やルート検討など
- ・広域情報提供による交通行動変更や役立ち度、冬道の不安感の変化など

回答者は、一般ドライバーから112名、運輸事業者から34名、合計146名（郵送60名（回収率76%）、Web 86名）から回答を得られた。

(2) 広域情報提供サービスの評価結果

実験で提供した吹雪情報によって交通行動を変更した人は、一般ドライバーで54%、運輸事業者で82%、全体で60%であった。交通行動の変更内訳（複数回答）は、「予定していた出発時刻を変更した」が一般ドライバー31%、運輸事業者56%、「予定していた経路を変更した」が一般ドライバー28%、運輸事業者47%であった（図8）。

一般ドライバーに比べ、運輸事業者の方が情報による交通行動変更の割合が高く、また、一般ドライバーでは「公共交通（地下鉄、JR等）に変更した」が20%おり、交通手段の変更にも寄与することがわかった。

情報コンテンツの役立度は、一般ドライバー、運輸事業者ともほぼ同様の役立度評価であり、パソコン版の国道の吹雪降雪状況と降雪・視界状況（メッシュ）については「非常に役に立った」、「やや役に立った」を合わせると8割以上となり高い評価となった（図9）。これは、広域でかつ面的な道路気象情報・気象予測情報の重要性が示されたといえる。

情報利用による冬道に対する不安感の変化については、情報利用前の不安感を100%として、現状の広域情報提供と、道路画像が追加された場合、気象情報の更新間隔が今回の1時間から10分に短縮された場合を仮定してもらい回答してもらった。

図10にその結果を示す。現状の広域情報提供のままでも冬道の不安感が100%から71%へと、約3割減少させる効果があった。

さらに道路画像が追加された場合、または、気象データの更新間隔が短縮された場合は100%から58%へと、約4割程度、不安感を減少させる効果が期待できる。

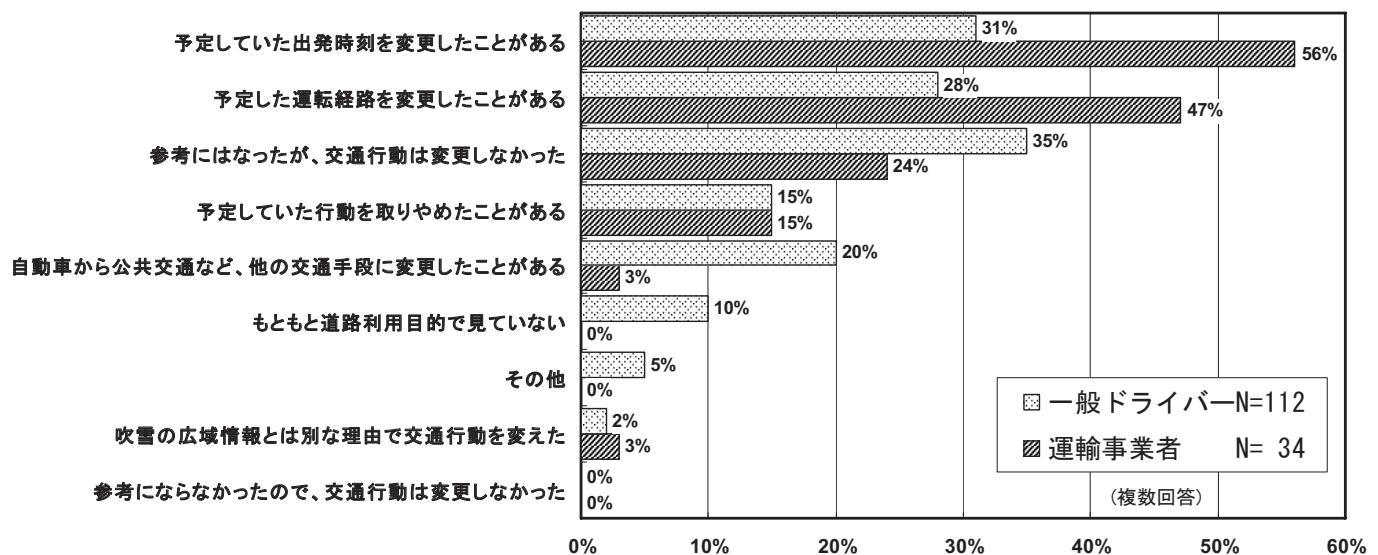


図8 実験で提供した吹雪情報によって交通行動を変更した人の割合

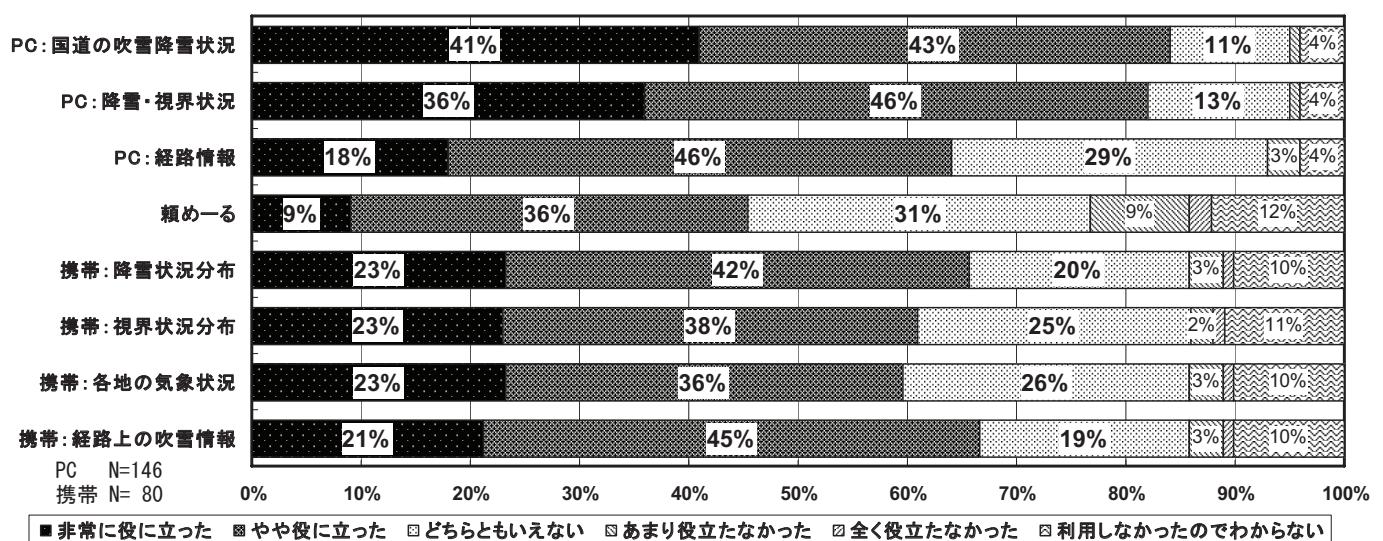


図9 実験で提供した情報コンテンツの役立ち度合い

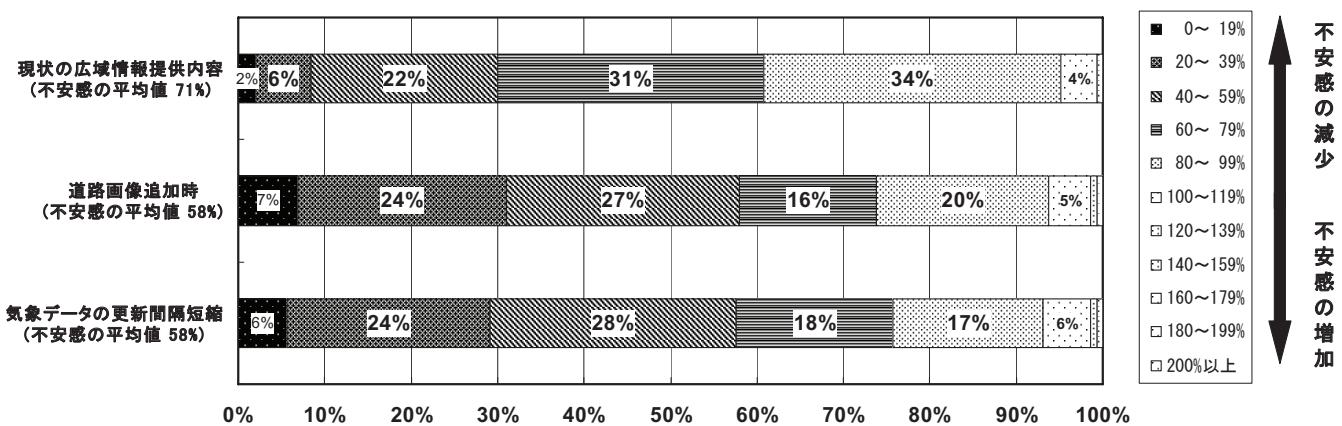


図10 機能追加あるいは機能改善をした場合の冬道に対する不安全感の増減

6. 路側情報提供サービスに関する被験者走行挙動実験

(1) 被験者走行挙動実験の概要

路側情報提供サービスのシステム導入による効果の検証評価を行うため、平成15年度と平成16年度に被験者による走行挙動実験を行い、以下の調査を行った。

- ・視線挙動調査による視線誘導効果分析
- ・走行挙動調査による注意喚起効果分析
- ・アンケート調査によるシステム受容性の評価

走行挙動実験は、路側情報提供システムの導入区間と非導入区間(比較区間)を含む走行コースを4周、被験者に視程障害移動観測車(図11)を運転してもらい、表1に示す気象、車両挙動、運転動作、視線挙動に関する測定を行うとともに、アンケート調査を行った。

実験手順を表2に示す。被験者数は、平成15年度25名、平成16年度13名の合計38名である。

被験者の性別は、男性が28名、女性が10名で、年齢は、20代が8名(21%)、30代が13名(34%)、40代が9名(24%)、50代が7名(18%)、60代が1名(3%)である。

(2) 視線挙動調査による視線誘導効果分析

視線挙動調査はアイカメラにより8名の被験者に対

して行った。視線誘導効果の分析は、夜間と降雪、吹雪による視程障害時(視程200m以下)のアイカメラデータ12事例を抽出した。走行中に注視した視的目標物を把握するため、視野角2°以内の位置に0.1秒以上視点が停留した場合を「注視」と定義した。そして、視点の停留点に道路付帯施設が含まれている場合を「注視あり」と判断した。「注視あり」の走行回数を、全走行事例(12回)で除した値を「注視割合」と定義した。従って、1度の走行において同じ道路付帯施設を複数回注視した場合でも注視割合は変わらない。

夜間と視程障害時の注視割合を分析した結果、導入区間では自発光式視線誘導標が点灯することによりドライバーは道路線形や自車の走行位置を確認できるようになり、視的目標物としての注視割合が他の施設に比較して非常に高かった。

一方、非導入の比較区間ではドライバーは遠方の矢羽根や照明柱を頼りに走行することが多いものの、全体的に注視割合が低く、常に視的目標物を探しながら走行することが伺えた(図12)。

表1 走行挙動実験における測定項目

測定項目		備考
気象に関する項目	風向風速	
	視程	
	気温	
	ビデオ画像	連続撮影
車両の挙動に関する項目	走行速度	速度パルス/GPS
	進行方向	磁気方位センサー
	走行位置	GPS
	加速度	縦・横方向の加速度
ドライバの運転動作に関する項目	アクセル操作	アクセル踏量
	ブレーキ操作	ブレーキ踏力
	ハンドル操作	ハンドル操舵角
ドライバの視線挙動に関する項目	アイカメラ	



図11 視程障害移動観測車

表2 走行挙動実験の手順

実験手順	移動観測車	アイカメラ	アンケート
1 実験手順説明	準備→観測開始	装着→計測開始	
2 1周目走行開始	観測実施	計測実施	
3 2周目走行開始	観測実施	計測実施	
4 2周目終了後			注意喚起点減、路側情報板の表示内容について
5 路側情報提供システムの説明			
6 3周目走行開始	観測実施	計測実施→終了	
7 仕様に関するアンケート内容の説明			
8 4周目走行開始	観測実施→終了	――	視線誘導灯の仕様について
9 4周目終了後			注意喚起灯、路側情報板、システムの有効性等について

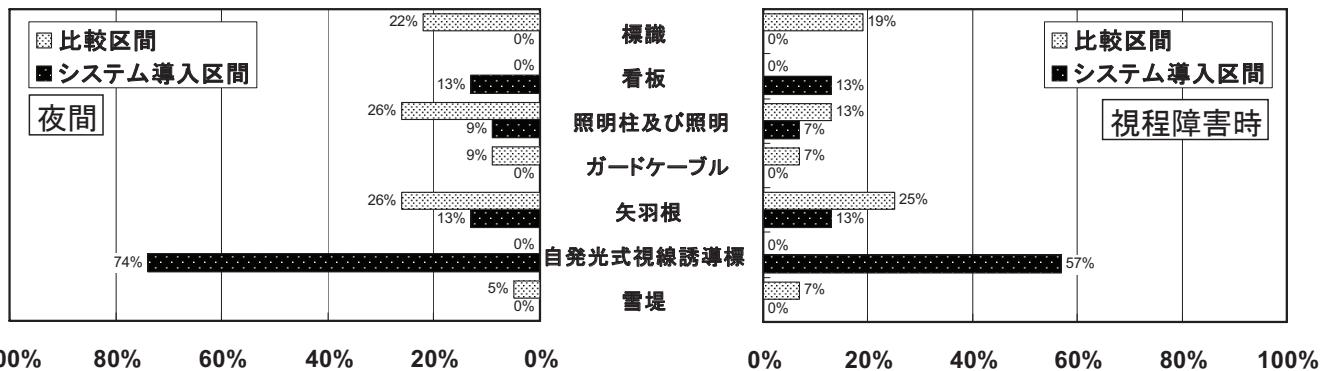


図12 システム導入区間と比較区間での道路付属施設の注視割合

(4)走行挙動調査による注意喚起効果分析

注意喚起効果の分析は、注意喚起機能の理解前後の走行速度を比較した。データ抽出の際、前方に走行車両がある場合や渋滞が発生している事例は、その影響が大きいと考えられることから比較の対象事例としないこととし、22事例を分析対象として抽出した。

注意喚起前後の走行速度を図13に示す。注意喚起機能の理解前は喚起前後の速度の変化にバラツキがみられ、時速70km/hから時速50km/hに大きく減速するドライバーがいる一方、時速50km/hから時速56km/hへと加速するドライバーなど異なる運転挙動がみられた。

しかし、注意喚起機能の理解後では速度変化のバラツキも小さくなり全体的に10km/h～15km/hの速度の低下がみられた。これは、注意喚起機能の理解によって発光点滅の意味が認知され運転操作に反映されたと言える(図13)。

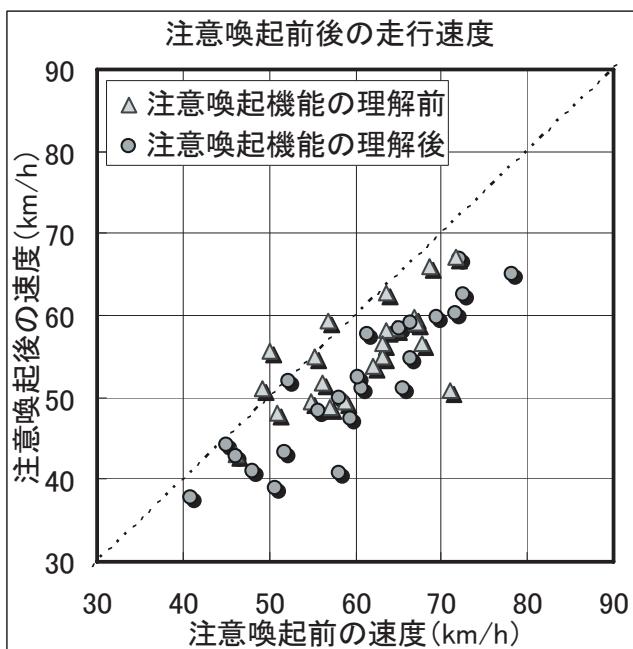


図13 注意喚起前後の走行速度

(5)アンケート調査によるシステム受容性の評価

また、システム・仕様説明後では、システム導入による夜間の運転の安心感の変化については、97%が「非常に安心できる」「安心できる」、また、吹雪時の運転の安心感については、92%が「非常に安心できる」「安心できる」と、安全性の向上に資するであろう回答が多く寄せられた(図14)。

また、事故拡大の防止効果については、97%が「効果がある」「やや効果がある」と回答しており、当システムを高く評価している(図15)。

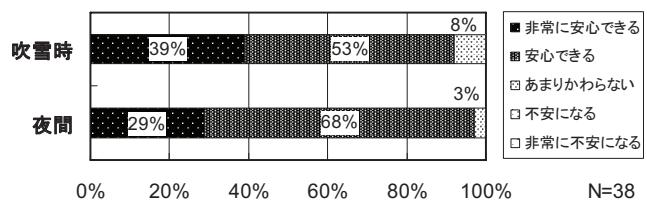


図14 システムが導入された場合の安心感の変化

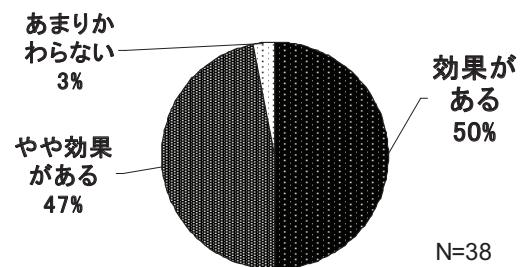


図15 システムが導入された場合の事故拡大防止効果

7. フィールド実験のまとめ

- 今回の冬期道路の高度情報提供システムのフィールド実験を通じ、以下の結果が得られた。
- ・吹雪の広域情報提供によって60%の人が「出発時刻や経路変更」などの交通行動を変更した。
 - ・吹雪情報の利用により、冬道に対する不安感を約3割減少させる効果があった。
 - ・自発光式視線誘導標の視線誘導効果については、夜間や吹雪時の点灯で視的目標物となり、注視割合が他の施設に比較して高かった。
 - ・自発光視線誘導標の注意喚起効果については、注意喚起前後の速度変化のバラツキが小さくなり、全体的に10km/h～15km/hの速度の低下がみられた。
 - ・路側情報提供システムは、吹雪時の運転の安心感、

事故拡大の防止効果などについて高い評価が得られた。

以上の結果から、冬期道路の高度情報提供システムは吹雪を避ける交通行動の変更に有効であり、夜間や吹雪時の走行時における注意喚起や安心感の向上、事故の拡大防止効果に対して高い効果が期待できる。

8. 冬期道路の高度情報提供システムの要求仕様

冬期道路の高度情報提供システムを展開する上で、システムの定義や仕様を示す必要がある。そこで、システムの要求仕様、機器に要求される性能等の基本仕様についてとりまとめた。表3にその一部を示す。

表3 道路センサー(ミリ波レーダ)の基本仕様

機器名	前方車両・障害物検知センサ(道路センサ)	
	ミリ波レーダ	機器要求仕様
具体的機能	①測定項目 : a. 車両・障害物の有無 b. 走行速度 c. 交通量 <small>注) 交通量は冬期道路の高度情報提供システムで必要とされる測定項目ではないが、システムの多機能化の一環として必要な項目である。</small> ②検出範囲 : 100～150m ③検出識別性能 : 小型4輪車両相当以上の大さを持つ物体の位置と速度 ④位置計測精度 : 縦方向±10m、横方向は車線位置が特定できること ⑤速度計測範囲 : 車両走行速度 0～120km/h以上 ⑥速度計測精度 : ±5%以下 ⑦検出時間間隔 : 0.1秒	
<設置箇所及び設置要領など>		
項目	仕様	備考
設置箇所	路側情報提供システム区間路側	設置間隔は100m間隔とする。
検出対象	本線	路側情報提供システム区間において周囲を代表できること。
上記の要求性能に対する検討課題、実道に導入する場合の検討事項		
・冬期道路の高度情報提供システムでは路車協調を前提としないため、検知センサの要求仕様として、前方障害物の位置計測精は縦方向および横方向とも前述の精度を必要としない場合がある。特に連続配置の場合では、情報提供が自発光視線誘導標および路側情報板であり、障害物の有無だけで良く位置の精度は必要とならないケースがありうる。		

9. あとがき

冬期道路の高度情報提供システムは、冬期道路の安全性向上や安心感の向上に極めて有効なシステムであることが明らかになった。

また、システムの基本仕様を整理した技術資料のとりまとめを行った。これによって、実際にこのシステムを設計する上での要件が整理され、今後の展開に資するものと考えられる。なお、IT技術については、日進月歩であり、実際に適用する際には、その時点の技術動向に応じて、適宜見直しを加えていくことが望ましい。

冬期道路の高度情報提供システムについては、平成15年度から(要素技術も入れるとそれ以前から)、研究開発を行い、今回、技術資料をとりまとめるに至り、

一通りの区切りをつけることができた。本システムの開発や試験に当たって、多大な支援を頂いた関係各位にあらためて謝意を示します。

参考文献

- 1) 松沢勝、伊東靖彦、鈴木武彦：

冬期道路の高度情報提供システムに関する基礎研究～路側情報提供サービスのユーザ受容性～、平成15年8月、北海道開発土木研究所月報 No.603



松澤 勝*

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
雪氷チーム
総括主任研究員
博士(工学)
技術士(建設)



加治屋安彦**

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
雪氷チーム・地域景観
ユニット(兼務)
上席研究員
博士(工学)
技術士(建設)



三好 達夫***

寒地土木研究所
寒地道路研究グループ
雪氷チーム・地域景観
ユニット(兼務)
研究員



山際 祐司****

国土交通省
北海道開発局
帯広開発建設部
工務課課長補佐
(前 防災雪氷研究室主任研究員)