

道路上における吹雪時の視程評価に関する研究 -吹雪時の視線誘導施設と車両の視認性-

A Study on Evaluation Method of Visibility under Snowstorm on Roads
-Visibility of Delineators and Vehicle under Snowstorm -

(独) 土木研究所寒地土木研究所 ○正員 武知 洋太(Hirotaka Takechi)
同 上 学生員 伊東 靖彦(Yasuhiko Ito)
同 上 正員 松澤 勝(Masaru Matsuzawa)

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地の冬期道路においては、吹雪による視程障害に起因した通行止め、多重衝突事故など交通障害が発生している。このため積雪寒冷地の冬期道路では、吹雪の軽減対策や視線誘導施設の整備、リアルタイムな視界情報の提供など吹雪視程障害対策が講じられている。このような対策を講じるにあたり重要となるのは、吹雪時における道路上の視程を正確に把握することである。

視程は視角 0.5 以上 5° 以下の黒い目標物を見通せる距離¹⁾と気象学上定義され、この定義に該当する大きさの視程板などを目視で読み取ることによって観測される。しかし近年の視程観測では、主観的な判断の排除や連続した自動観測を可能とするため、気象学上定義された視程を大気透過率や反射率から気象光学距離 (MOR)¹⁾として視程計によって観測することが多く、道路分野でもこの視程が利用されている。

しかし、道路上には気象学上定義された目標物である黒い一定の視角を持った物体が常に存在するわけではないため、ドライバーの感じる視程はこの気象学上の視程とは異なることが考えられる。

既往研究によると、積雪期の降雪を伴った道路では視線誘導施設である矢羽根を注視しながらドライバーは運転走行を行っており(伊東ら²⁾)、視線誘導施設などドライバーが運転中に目標とするものの視認距離と気象学上定義された視程や気象光学距離 (MOR) との差異を評価することが道路交通により適した視程の計測や評価方法を検討する上では必要と考えられる。

そこで、本研究では道路に整備される視線誘導施設や車両の視認距離と気象光学距離 (MOR) や気象学上定義された目標物の視認距離との差異、飛雪流量との関係について調査を行ったので、結果を報告する。

2. 調査概要

著者らは冬期屋外において視線誘導施設や車両の視認距離について実験を行い、気象データや気象学上定義された目標物(視程板)の視認距離との関係について分析を行った。

実験は、吹雪が発生した2008年2月13日、28日の日中、石狩吹雪実験場(北海道石狩市美登位)において被験者をうい行った(図1)。各実験日の被験者は10名とした。参加した計20名の被験者の性別、年齢、視力を図2に示す。



図1 実験箇所

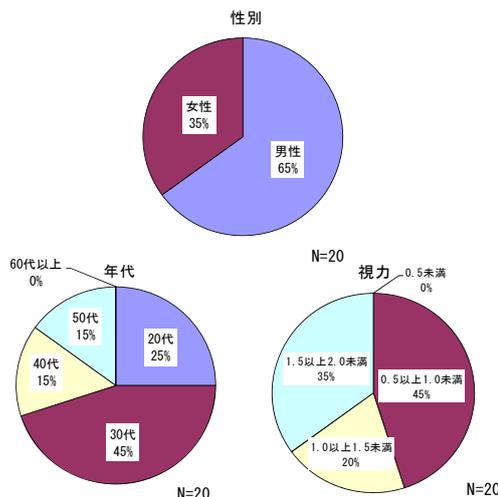


図2 被験者の属性(性別、年齢、視力)

視線誘導施設の視認距離に関する実験は、停止した車両の中から直線の試験道路に設置されたスノーポール5本、非発光式矢羽根及び自発光式矢羽根各3本(表1)を2~3人1組の被験者に10秒間視認させ、見え方について「非常によく見える」「よく見える」「まあまあ見える」「かろうじて見える」「見えない」の5段階で回答させた(図3)。この実験は各被験者に対し1回のみ

表1 視線誘導施設の設置状況

視線誘導施設の種類	規格	観測車両からの距離				
		1本目	2本目	3本目	4本目	5本目
スノーポール	再帰反射板(φ110mm)付き 赤白模様:上部900mm	44m	88m	129m	184m	246m
非発光式矢羽根	表面:カセルレンズ型 設置高5.0m	80m	160m	240m	-	-
自発光式矢羽根	表面:カセルレンズ型 発光方法:点滅式(LED累計光度160cd) 設置高5.0m	80m	160m	240m	-	-



図3 視線誘導施設の視認距離に関する実験状況を行った。

次に、車両の視認距離に関する実験を行った。実験は、停車した車両の中から前方に配置した車両を2~3人1組の被験者に10秒間視認させ、見え方について「非常によく見える」「よく見える」「まあまあ見える」「かろうじて見える」「見えない」の5段階で回答させた(図4)。車両の見え方については、前方20mから240mの範囲で目標車を前向き及び後ろ向きに20m間隔で移動させながら、車体(前向き及び後ろ向き)、尾灯、ヘッドライト(ロービーム)について調査を行った。なお、目標とした車両はカラーラアクシオ(セダン:白)及びサクシードバン(白)とした。

また、実験時には気象状況を把握するため、視線誘導施設及び車両の風上側近傍、地上高3.0mで透過型視程



図4 車両の視認距離に関する実験状況

計(明星電気製 TZE-2T)、飛雪流量測定装置(新潟電機製 SPC)を用い、視程(以下、機械視程計測値(Vm)とする)と飛雪流量を計測した(図5)。また、計測機器の横には積雪深計(コーナーステム製 KADEC21-YUKI)を設置した。実験時における計測機器周辺の積雪深は0.5~1.0mであった。

表2には実験を実施した時刻、図6には実験時の機械視程計測値(Vm)を示す。表2,図6に示した通り、視界状況は2月28日の一部の実験を除くと、車両走行に影響がではじめる³⁾視程200m以下であった。

表2 実験日時

実験日	実験項目	実験時間	
2月13日	視線誘導施設の視認距離	13:30 - 13:36	14:05 - 14:10
		14:29 - 14:35	14:54 - 14:58
	車両の視認距離	13:39 - 14:00	14:13 - 14:21
2月28日	視線誘導施設の視認距離	14:37 - 14:47	15:01 - 15:10
		13:35 - 13:49	13:59 - 14:04
	14:22 - 14:26	14:37 - 14:42	
	車両の視認距離	13:40 - 13:46	14:06 - 14:14
		14:28 - 14:32	14:45 - 14:49

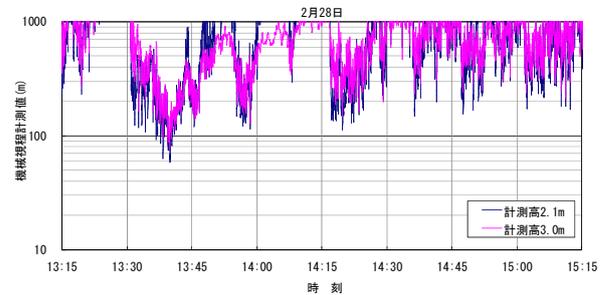
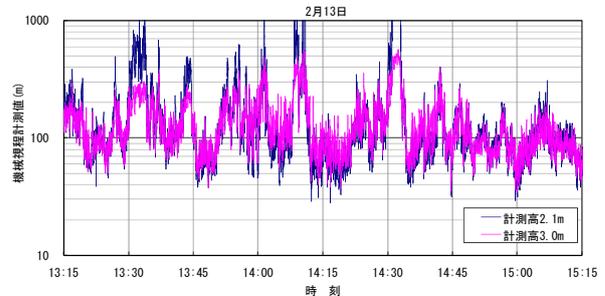


図6 実験時の機械視程計測値



図5 気象観測機器の設置状況(透過型視程計1台、飛雪粒子計数装置1台)

3. 調査結果

3. 1. 視線誘導施設の視認距離

視線誘導施設の実際の視認距離は、被験者に「非常によく見える」「よく見える」「まあまあ見える」「かろうじて見える」(以下、「見える」とする)と評価された最も遠方の施設までの距離より長く、「見えない」と評価された施設までの距離より短い。そこで、「見える」と評価された最も遠方の施設と「見えない」と評価された施設の中間地点までの距離を視線誘導施設の視認距離(以下、視線誘導施設視認距離(Vd)とする)として評価し、Vdと機械視程計測値(Vm)の平均値の関係について分析を行った。

図7に、地上高3.0mで計測した機械視程計測値(Vm)と視線誘導施設視認距離(Vd)の関係を示す。

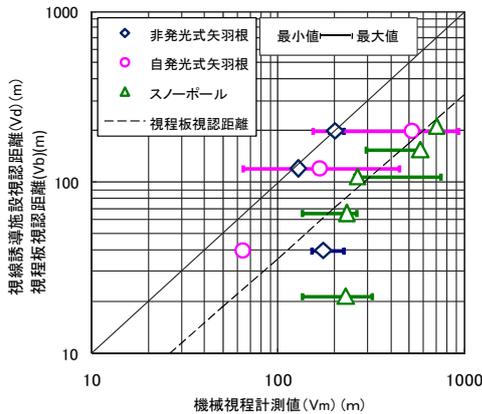


図7 機械視程計測値(地上高3.0m)と視線誘導施設の視認距離

図7より、矢羽根のVdは非発光・自発光式に関わらずVmと同程度かそれより短い距離に分布している。このことから、吹雪時において矢羽根を視認できる距離は機械視程計測値(Vm)と同程度かそれより短いと考えられる。

スノーボールのVdについては、矢羽根以上にVmより短い距離に分布しており、スノーボールの視認できる距離は機械視程計測値(Vm)に比べ短いことがうかがえる。

著者らは既往研究⁴⁾において、地上高3.0mの透過型視程計で計測された機械視程計測値(Vm)と気象学上定義される目標物である視程板の視認距離(以下、視程板視認距離(Vb)とする)の間には差異があり、式(1)の関係にあることを明らかとしている。そこで、Vdを気象学上定義された視程と比較するため、図7には式(1)から求めた視程板視認距離(Vb)を示した。

$$\log(Vb) = 0.96 \cdot \log(Vm) - 0.36 \quad \dots \dots \dots (1)$$

V_b : 視程板視認距離(m)
 V_m : 機械視程計測値(m)

図7より、矢羽根のVdはVbより長い傾向がみられ、視程計測値が200m程度では100m以上長いことがわかる。この結果から、矢羽根の視認できる距離は気象学上定義された視程と同等以上であると考えられる。一方、スノーボールのVdはVbと概ね一致するか、一部で短い結果が得られている(図7)。このことから、スノー

ボールの視認できる距離は気象学上定義される視程と同程度か、それより短いと考えられる。

また、吹雪時の視程は飛雪流量と関係があることが示されており⁵⁾⁶⁾、視線誘導施設視認距離(Vd)は飛雪流量とも相関の高い関係があると考えられる。そこで、図8に飛雪流量とVdの関係を示す。

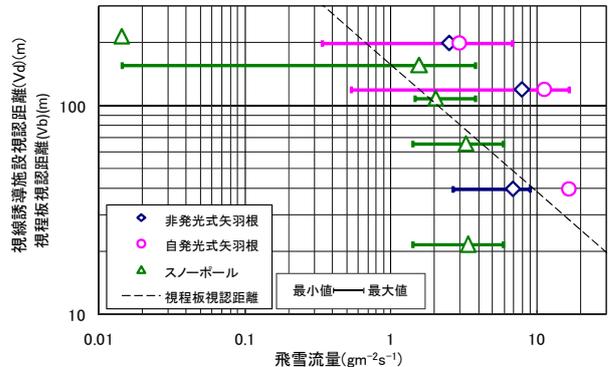


図8 飛雪流量(地上高3.0m)と視線誘導施設の視認距離

図8より、矢羽根やスノーボールのVdは飛雪流量が大きいほど短くなる傾向が見られた。著者らは、既往研究⁴⁾において地上高3.0mで計測した飛雪流量と視程板視認距離(Vb)の関係について式(2)を導いている。そこで、VdとVbを比較するため、図8には式(2)から求めたVbを示した。

$$\log(Vb) = -0.611 \cdot \log(Mf) + 2.19 \quad \dots \dots \dots (2)$$

V_b : 視程板視認距離(m)
 M_f : 飛雪流量($g/m^2/s$)

図8より、矢羽根のVdはVbより長い傾向がみられ、スノーボールのVdはVbと同程度かそれより短い傾向が見られた。この結果は、図7とも一致している。

3. 2. 車両の視認距離

車両の視認距離に関する実験では、目標とした車両を20m間隔で移動させながら視認性について調査を行っており、各距離における気象条件は厳密には一致していない。このため、車両の視認距離を正確に評価することは難しい。

そこで、車両を被験者が「見えない」と評価した場合の車両までの距離及び「見える」と評価した場合の車両までの距離と、それに対応する機械視程計測値(Vm)を整理し、車両の視認距離を分析することとした。

図9に、機械視程計測値(Vm)と車両の車体、尾灯、ヘッドライトがそれぞれ「見えない」、「見える」と評価された時の車両までの距離の関係を示す。

図9(a)より、Vmが概ね100-200mの場合でも100mより近い位置にある車体が「見えない」と評価されているものがあるなど、車体が「見える」と評価される距離は、Vmよりも短いことがわかる。また、気象学上定義される視程と車体の視認性を比較するため、図9(a)には式(1)から求めた視程板視認距離(Vb)を破線で示した。図9(a)よりVbより車両までの距離が長い場合(破線の上側)には車体を「見えない」と評価した結果が分布し

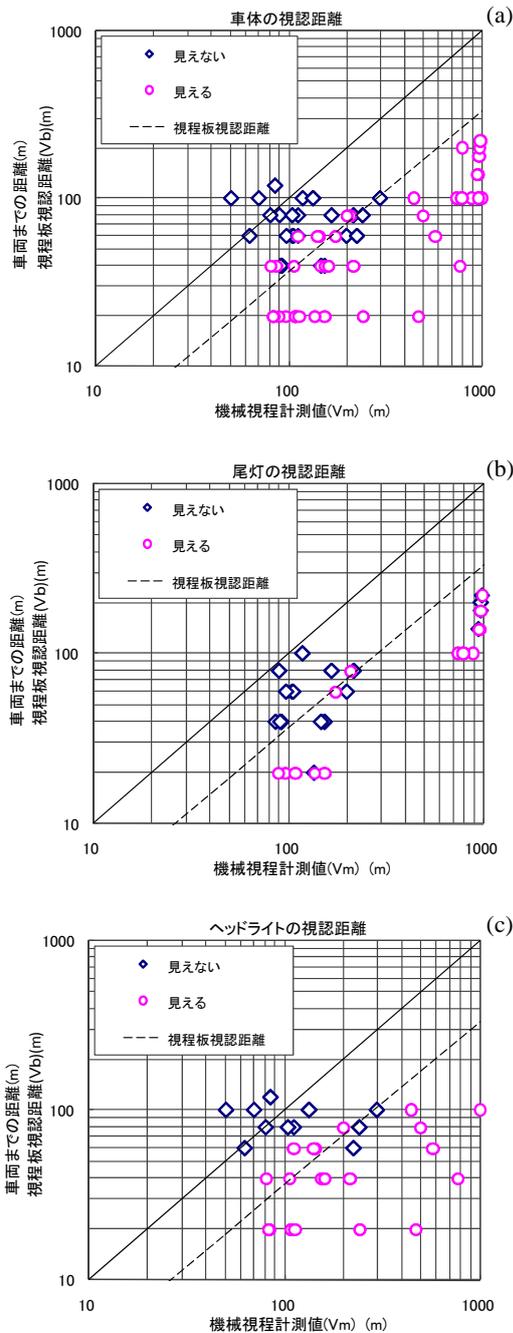


図9 機械視程計測値(地上高3.0m)と車両の視認距離

ており、逆に V_b より車両までの距離が短い場合(破線の下側)には「見える」と評価された結果が分布しており、車体の視認距離と V_b は同程度であると考えられる。

また、車両の尾灯、ヘッドライトの視認距離(図9(b)(c))についても、「見える」と評価された車両までの距離は V_m より短い傾向がみられ、 V_m より尾灯、ヘッドライトの視認距離は短いと考えられる。さらに、視程板視認距離(V_b)を境界として、概ね尾灯やヘッドライトが「見えない」(破線の上側)・「見える」(破線の下側)と評価されており、尾灯、ヘッドライトの視認距離も V_b と同程度であると考えられる。

また、車両の車体、尾灯、ヘッドライトの違いによる「見える」「見えない」の評価には大きな違いが見られ

ておらず、視認距離に大きな違いはないことが考えられる。ただし、 V_m が 200m 以下では尾灯を「見える」と評価される車両までの距離が若干短い結果が見られる。

4. まとめ

吹雪時日中の屋外において、冬期道路においてドライバーが目にする視線誘導施設や車両の視認距離について調査し、視程計によって観測される視程や気象学上定義される視程との差異や関係について調査を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 吹雪時における視線誘導施設の視認距離 (V_d) は、機械視程計測値 (V_m) に比べ短い傾向が見られた。
- 2) 吹雪時の矢羽根の視認距離 (V_d) は気象学上定義される視程に相当する視程板視認距離 (V_b) より長い傾向が見られた。
- 3) 吹雪時のスノーポールの視認距離 (V_d) は象学上定義される視程に相当する視程板視認距離 (V_b) と概ね一致していた。
- 4) 吹雪時の車両の車体、尾灯、ヘッドライトの視認距離は、機械視程計測値 (V_m) より短い傾向が見られた。
- 5) 吹雪時の車両の車体、尾灯、ヘッドライトの視認距離は、象学上定義される視程に相当する視程板視認距離 (V_b) と同程度である傾向が見られた。

今後は、時間帯の違いや沿道環境、路面状況など道路を運転する際の条件の違いが吹雪時の視程の評価に及ぼす影響についても調査し、ドライバー視点に立った吹雪時の視程の評価方法について検討していく予定である。

謝辞

本調査では、被験者実験やデータの分析において(株)雪研スノーイーターズにご協力を頂いた。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 気象庁：地上気象観測指針，(財)気象業務支援センター，2002
- 2) 伊東靖彦，武知洋太，松澤勝，加治屋安彦：アイマークカメラを用いた冬期走行における注視特性調査，第60回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，(社)土木学会，2005
- 3) 福澤義文，加治屋安彦，金子学，丹治和博，金田安弘：吹雪時における多重衝突事故の発生要因とその対策について(第2報)ー平成10年1月7日における札幌圏の事故事例解析からー，寒地技術論文・報告集，14，pp49-56，(社)北海道開発技術センター，1998
- 4) 武知洋太，伊東靖彦，松澤勝，加治屋安彦：道路環境における吹雪時の視程評価に関する研究，雪氷研究大会(2008・東京)講演要旨集，pp221，(社)日本雪氷学会，2008
- 5) 竹内政夫，福澤義文：吹雪時における光の減衰と視程，雪氷，38，pp165-170，(社)日本雪氷学会，1976
- 6) 松澤勝，竹内政夫：気象条件から視程を推定する手法の研究，雪氷，64，pp77-86，(社)日本雪氷学会，2002