

反射型道路付属物の視認性の主観的評価に及ぼす時間帯及び霧発生条件の影響

Effect of Time and Foggy Conditions on Subjective Visibility
Evaluation of Retroreflective Traffic Control Devices

宗広 一徳* 徳永 ロベルト** 浅野 基樹*** 萩原 亨****

Kazunori MUNEHIRO, Roberto TOKUNAGA, Motoki ASANO, and Toru HAGIWARA

濃霧発生時における反射型道路付属物の視認性は、安全走行のために基礎的に重要である。しかし、霧が発生する24時間（昼間、夕方、夜間）を対象とし、反射型道路付属物の視認性を取り扱った研究は少ない。本研究では、様々な視界条件下で、各種道路付属物の視認性の主観的評価を実施している。本実験は、2003年夏期の2ヶ月間に亘り、北海道東部の道路で自然の霧発生条件下で実施した。本試験道路は、延長200m、幅員7.5mである。視界条件は、時間帯（昼間、夕方、夜間）並びに天候条件（晴天、曇天、濃霧）により変動した。筆者らは、観測対象として13種類の道路付属物（区画線2種類、視線誘導標3種類、警戒標識4種類、シェブロン4種類）を設置し、様々な新開発の素材、色、大きさに関して実験した。20人の女性が被験者として実験に参加し、各対象物の見やすさ並びに50km/hでの運転走行を想定した場合の安全性について数秒間のうちに評価した。本実験の結果、昼間の霧発生は主観の見やすさ評価に対して大きくマイナスの影響を及ぼしたが、夜間の霧発生は主観の見やすさ評価に対し、昼間と比べるとそれほどマイナスの影響を及ぼさなかった。しかし、夜間の曇天時での対象物の主観の見やすさ評価は、昼間の濃霧発生時の評価よりも低かった。また、反射性能の優れている素材や蛍光色を用いた対象物の主観の見やすさ評価は、昼間の濃霧及び夜間の濃霧の両条件下で高くなる傾向が見られた。《キーワード：道路付属物、視認性、霧》

In dense fog, the visibility of retroreflective traffic control devices is fundamentally important to driving safety. However, few studies have addressed the visibility of these devices in fog during 24 hours (Daytime, Evening and Night). The present study measures the subjective visibility of the latest traffic control devices under various visibility conditions. An experiment was performed during a 2-month in 2003 under natural fog at a test road in Eastern Hokkaido, Japan. The test road is about 200 m long and 7.5 m wide. Visibility conditions varied by time of day factor (Daytime, Evening and Night) and weather condition factor ("Clear", "Cloudy" and "Dense Fog"). Thirteen kinds of traffic control devices were used as targets; two types of pavement markings, three types of delineators, four types of warning signs and four types of chevrons. In this experiment, various newly-developed materials were tested, while colors and sizes were varied. Twenty women participated in the experiment as subjects. The subjects were required to make subjective judgements, within a few seconds, of the visibility of each target and their feeling of safety under actual driving (50 km/h). The results showed that daytime-fog had a large negative effect on subjective visibility evaluations, while nighttime-fog had not as large a negative effect on subjective visibility evaluations than that under daytime. However, the subjective visibility values of targets under nighttime cloudy condition were worse than those under daytime dense fog. It was also found that subjective visibility for target objects made of highly reflective materials or incorporating fluorescent colors is high under both daytime fog and nighttime fog.

《Keywords: traffic control devices, visibility, dense fog》

1. はじめに

濃霧の発生は、円滑な交通流を阻害し、交通事故を誘発する。交通流の維持及び交通安全を確保するために、道路管理者は様々な反射型道路付属物を設置し、よりよい運転環境を提供している。道路上では、非常に多数の警戒標識や視線誘導標が路側に設置されている。しかし、幾つかの文献が示唆しているように、本対策が視界不良条件下においてどの程度効果的であるかについては、明らかになっていない。既往の研究¹⁾により、視界不良時の対策として、区画線、視線誘導標及び警戒標識の設置が昼間の道路線形案内に役立っており、発光型の道路付属物の設置は夜間に効果的であったと報告されているものの、具体的な評価については言及されていない。

高性能の素材及び色を適用することは、霧発生時下で視認性を確保する主要な対策の一つである。最近、反射型素材の開発が進み、様々な素材及び色が道路付属物として応用されてきている。しかしながら、自然の霧発生条件下において、ドライバーによる道路付属物の視認性に関して、様々な反射型素材及び色の効果については、これまで評価されていない。また、霧が発生する24時間を対象とした道路付属物の視認性を取り扱っている研究^{1), 2)}は少ない。よって、異なる視界不良条件下で様々な反射型素材及び色の性能を把握することが必要とされている。筆者らは、時間帯及び霧発生が反射型道路付属物の視認性に対して及ぼす影響を把握するために実地実験を行った。

2. 実験の目的及び方法

2.1 実験の目的

本実験の目的は、以下の通りである。

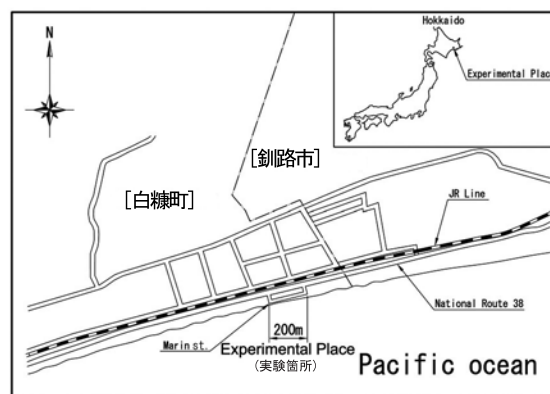
- 1) 時間帯及び霧発生条件が反射型道路付属物の視認性の主観的評価に及ぼす影響を明らかにすること。
- 2) 反射性能及び色が反射型道路付属物の視認性の主観的評価へ与える効果を評価すること。

2.2 実験場所及び期間

実験は、北海道白糠町（釧路市西隣）の町道マリ南通りを借用し行った。町道は、太平洋岸と一般国道38号の間に位置している。実験区間は、太平洋岸の海岸線に面して東西方向に伸びる直線200mの平坦部である。この地域は、春から夏にかけて、海霧（移流霧）の発生地帯として知られている。釧路地方気象台によれば、釧路市の年間霧発生日数（30年平均）は、112日間である。本実験の観測期間は、2003年7月1日～8月31日までの62日間であった。

2.3 被験者

被験者は、アンケート形式により、道路付属物の主観的視認性を評価した。被験者は、9回の実験に参加した。実験ケース及び各回の被験者数は、表一に示



図一 1 実験箇所の位置図

す通りである。被験者は、20代～40代の女性であり、全員が運転免許証を有していた。全被験者の視力が1.0以上であった。各実験ケース別の被験者の運転暦と年齢構成は、図二の通りである。被験者を女性としたのは、基本的に同一被験者が各回の実験ケースに参加するとの条件に対し、有利であったことによる。

2.4 反射型道路付属物

実験対象とした道路付属物は、区画線2種類、視線誘導標3種類、警戒標識4種類及びシェブロン4種類であり、計13種類の反射型道路付属物であった。各道路付属物の性能（名称、使用材料、色、技術仕様及び大きさ）については、表二に示す通りである。視線誘導標、警戒標識及びシェブロンは、東向きに立っており、これに対し西向きに観測した。道路付属物の設置距離は、0mから200mとした。視程板（黒い板）を50m間隔で設置し、被験者の目視により視程が確認できるように配慮した。実験区間内には、区画線、視線誘導標、警戒標識及びシェブロンを一定間隔により設置した（図四）。観測開始地点（0m）及び中間点（100m）に車両のヘッドライト部（1999年式：日産ブルーバードSSS）を設置し、すれ違いビームにより常時点灯させた。ヘッドライトの角度は、実車とほぼ同じ配光となるように調整した。

2.5 視認性の主観的評価

被験者は、観測開始地点（0m：観測ポイントA）及び中間点（100m：観測ポイントB）に立ち、高さ約1.5mから、アンケート形式の評価シート（図三）を用いて静止状態で観測対象物の視認性について評価した。被験者による主要な評価項目は、対象物の主観的見やすさ評価並びに主観的安全性評価の二つとした。被験者は、9回の実験ケースに参加し、評価を行った。

2.6 計測

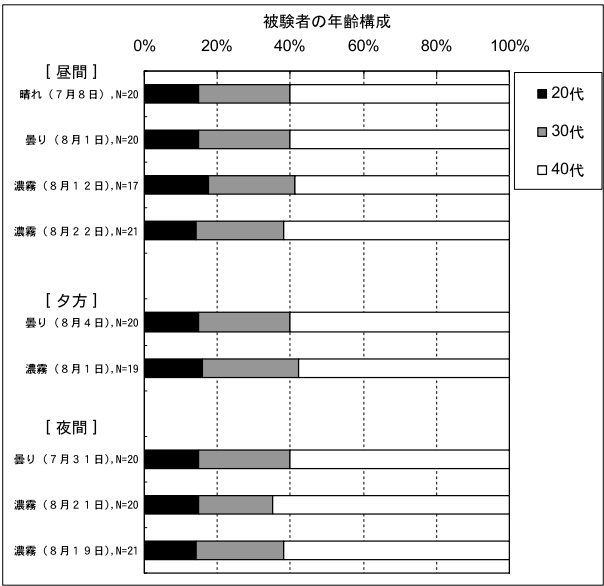
観測開始地点及び中間地点に測定装置を収納する観測小屋2基を設置した。電源は、商用電源を用いた。観測開始地点の観測小屋は、デスクトップパソコン2台及び自発光施設の制御装置を収納した。観測小屋内

に輝度計、デジタルカメラ（Canon 10D）、照度計（2台：水平と鉛直）を西向きに設置した。視程計は同観測小屋前方左に設置し、観測小屋内のパソコンにより制御した。1台目のパソコンはデジタルカメラを制御し、2分間隔のインターバル撮影を行った。デジタルカメラとは、USBケーブルで接続されている。なお、デジタルカメラの設定は焦点：無限大、露出：オートとした。道路の無限遠点が中央となるような画角とした。2台目のパソコンは、輝度値・照度値・視程値を自動的に2分間隔で記録するLabView6.0を用いた計測システムとなっている。中間地点の観測小屋には、デジタルカメラ（Nikon D100）の画像収録用のパソコンを設置した。**写真－1～9**に、対象物の主観的評価を実施した9回の実験ケースについて、観測開始地点（0 m）から撮影したデジタル画像を示した。

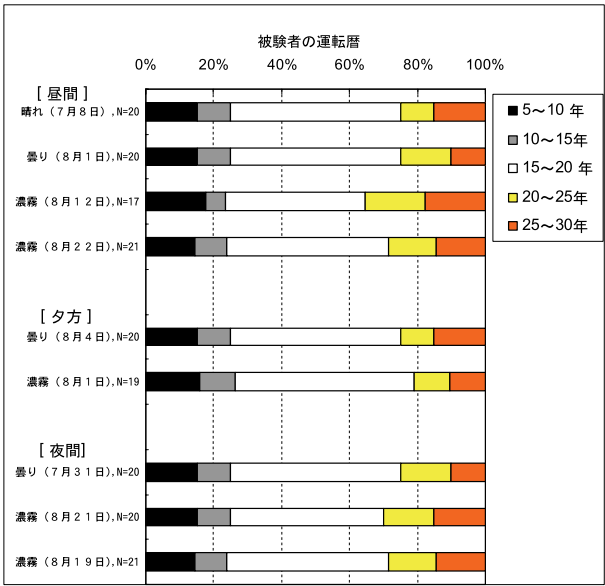
- ①デジタル画像：2分間隔によるインターバル撮影。
- ②輝度：50m先の視程板（黒い板）の輝度をTopcon BM－8により取得。観測小屋内から西向きに設置。
- ③照度：水平照度をTopcon IM－5Mにより取得、観測小屋の屋上に設置。鉛直照度をMinolta T10により取得。観測小屋内から西向きに設置。
- ④視程：レーザー光による前方散乱光検知方式の明星電気DVM－2000により取得。観測小屋（0 m地点）左前方に設置。なお、目視による視程を確認するために、視程板（黒い板）を50m間隔により設置。

表－1 実験ケースの概要

実験ケース		実験日	開始時間	被験者数(人)	視程(m)	輝度(cd/m ²)	照度(水平)(lx)	照度(垂直)(lx)
昼間	晴れ	7月8日	10時00分	20	クリア	80	43,000	8,200
	曇り	8月1日	6時00分	20	約2,500	20	9,000	3,000
	濃霧	8月12日	6時20分	17	約300	30	6,000	2,000
	濃霧	8月22日	5時17分	21	約100	20	2,000	1,000
夕方	曇り	8月4日	18時00分	20	約3,000	20	4,000	2,000
	濃霧	8月1日	17時27分	19	約300	50	5,000	2,000
夜間	曇り	7月31日	20時00分	20	約4,200	－	－	－
	濃霧	8月21日	19時29分	20	約150	－	－	－
	濃霧	8月19日	19時29分	21	約100	－	－	－



(a) 年齢構成



(b) 被験者の運転歴

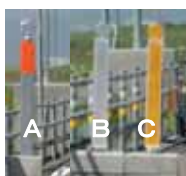
図－2 被験者構成

表－２ 実験対象とした道路付属物の性能一覧

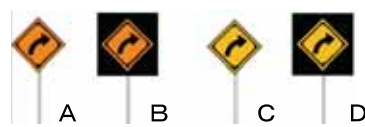
名 称		使 用 材 料	色	技 術 仕 様	大 き さ
反射型 誘導施設	区画線A	溶融式高輝度路面表示	橙色	反射輝度値:100mcd/Lx・㎡	長さ5,000(mm)×幅150(mm)
	区画線B	微粒子ガラス入り路面表示	白色	反射輝度値:500～700mcd/Lx・㎡	長さ5,000(mm)×幅150(mm)
	視線誘導標A	円形反射体:プリズム型、 反射シート:広角プリズム、 下部柱状部:白メタライズドシート	白色(円形反射体)、 蛍光橙色(反射シート)、 白色(下部柱状部)	円形反射体・反射輝度値:33.4cd/Lx・㎡(測定値)、 反射シート・反射輝度値:125cd/Lx・㎡(入射角5°)、 下部柱状部・反射輝度値:858cd/Lx・㎡(観測角0.5°、入射角5°)	円形反射体:径φ150(mm)、 反射シート:高さ600(mm)×幅125(mm)、 下部柱状部:高さ1,500(mm)×幅125(mm)
	視線誘導標B	ポリカーボネート樹脂	白色	円形反射体・反射輝度値:35cd/10.76・Lx以上(観測角0.2°、入射角0°)、 下部柱状部・反射輝度値:35cd/10.76・Lx以上(観測角0.2°、入射角0°)	円形反射体:径φ100(mm)、 下部柱状部:高さ760(mm)×幅90(mm)
	視線誘導標C	ポリカーボネート樹脂	橙色	円形反射体・反射輝度値:22cd/10.76・Lx以上(観測角0.2°、入射角0°)、 下部柱状部・反射輝度値:22cd/10.76・Lx以上(観測角0.2°、入射角0°)	円形反射体:径φ100(mm)、 下部柱状部:高さ760(mm)×幅90(mm)
反射型 標識	警戒標識A	カプセルレンズ	黄色	反射輝度値:170cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	450(mm)×450(mm)
	警戒標識B	カプセルレンズ	黄色、 黒バックボード	反射輝度値:170cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	720(mm)×720(mm)
	警戒標識C	広角プリズム	蛍光黄色	反射輝度値:275cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	450(mm)×450(mm)
	警戒標識D	広角プリズム	蛍光黄色、 黒バックボード	反射輝度値:275cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	720(mm)×720(mm)
	シェブロンA	カプセルレンズ	矢印:黒色、 背景:黄色	反射輝度値:170cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	高さ750(mm)×幅600(mm)
	シェブロンB	カプセルレンズ	矢印:黄色、 背景:黒色	反射輝度値:170cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	高さ750(mm)×幅600(mm)
	シェブロンC	広角プリズム	矢印:黒色、 背景:蛍光黄緑色	反射輝度値:375cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	高さ750(mm)×幅600(mm)
	シェブロンD	広角プリズム	矢印:蛍光黄緑色、 背景:黒色	反射輝度値:375cd/Lx・㎡(観測角0.2°、入射角5°)	高さ750(mm)×幅600(mm)



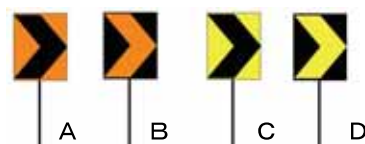
〔 区画線 〕



〔 視線誘導標 〕



〔 警戒標識 〕



〔 シェブロン 〕

Q 1. 区画線の見える本数 (最大 10 本)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Q 2. 主観の見やすさ評価 (区画線、視線誘導標、警戒標識、シェブロンを対象)

見えない ← 1 2 3 4 5 6 7 → 十分に見える

Q 3. 50km/h で運転走行した場合の主観的安全性評価 (区画線、視線誘導標を対象)

非常に不安 ← 1 2 3 4 5 6 7 → 非常に安心

Q 4. 最も見えやすい部分はどこか。(視線誘導標 A を対象)

上部 (白色) 中央部 (橙色) 下部 (白色)

1 2 3 4 5 6 7

図－３ 評価シート

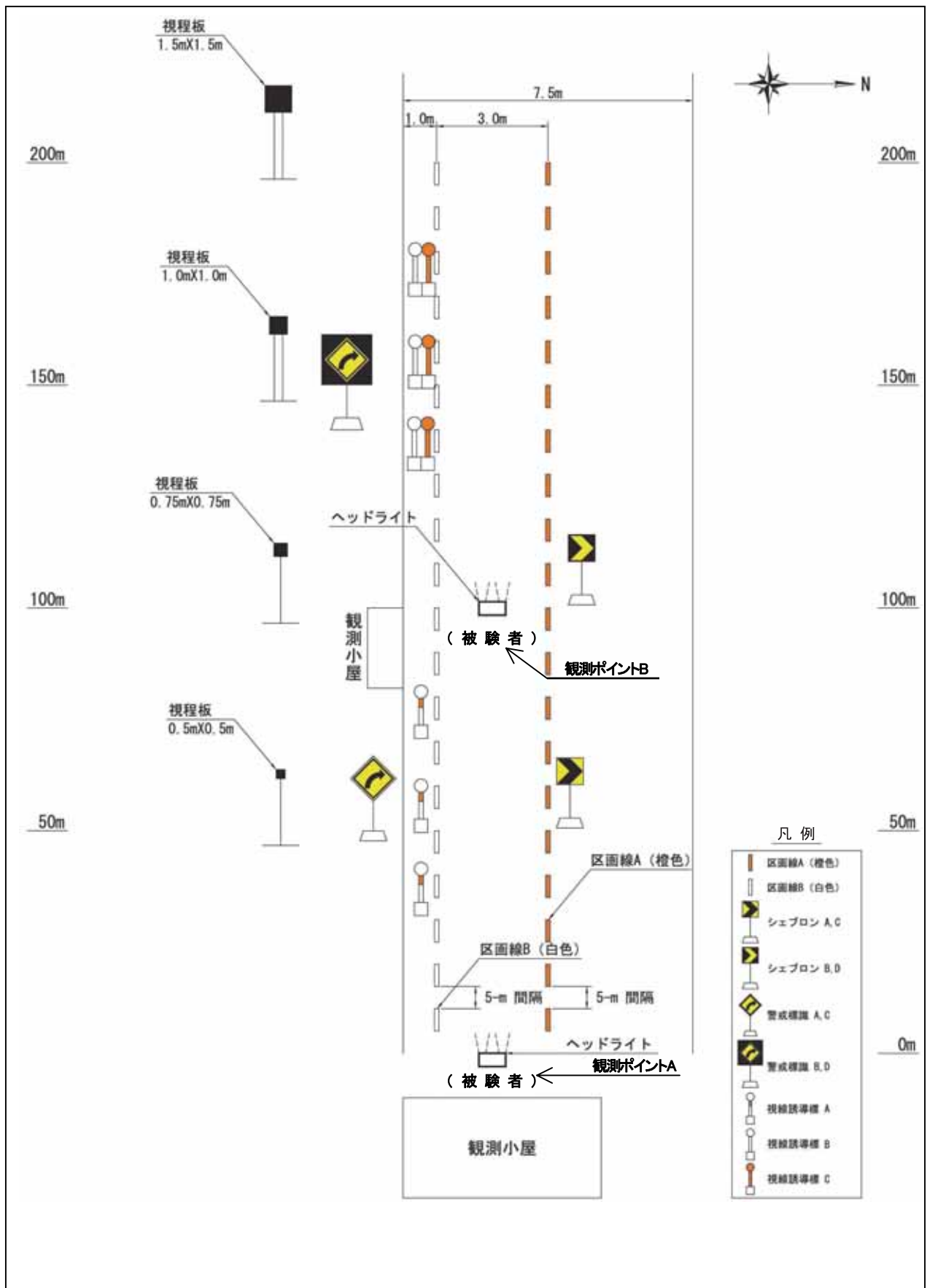


図-4 道路付属物の設置図



写真一 1 屋間・晴天時（7月8日）



写真一 2 屋間・曇天時（8月1日）



写真一 3 屋間・濃霧時（8月12日）



写真一 4 屋間・濃霧時（8月22日）



写真一 5 夕方・曇天時（8月4日）



写真一 6 夕方・濃霧時（8月1日）



写真一 7 夜間・曇天時（7月31日）



写真一 8 夜間・濃霧時（8月21日）

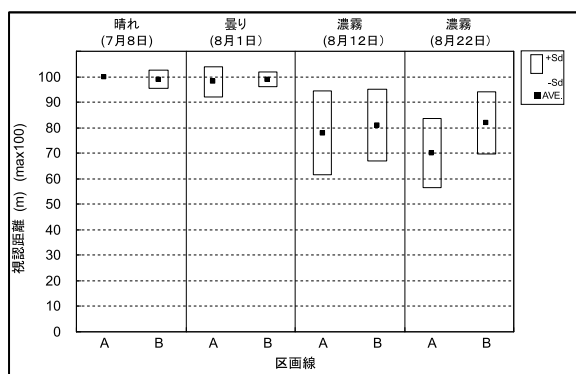


写真一 9 夜間・濃霧時（8月19日）

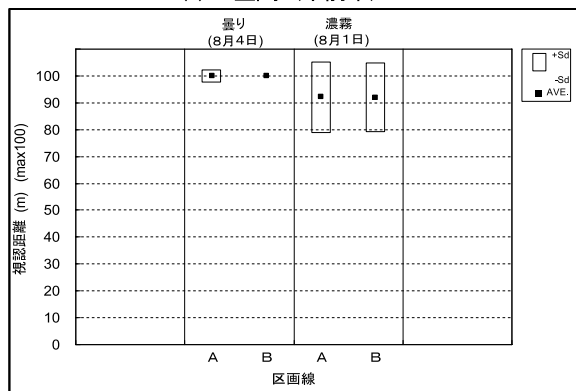
3. 調査結果

3.1 区画線の視認距離

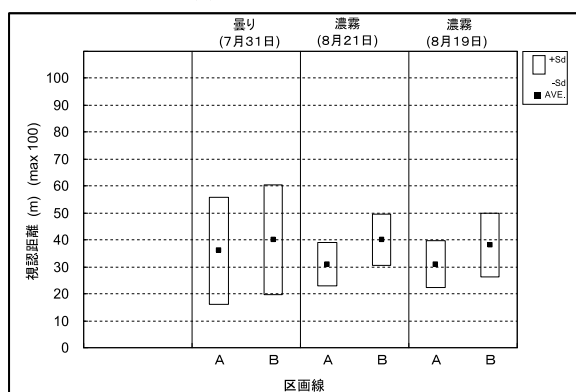
昼間、夕方及び夜間における被験者による区画線の視認距離の結果は、**図-5**に示す通りである。昼間の晴天時、曇天時及び夕方の曇天時において、ほぼ100%に近い被験者から、区画線A及びB共に、10本すなわち100m以上見えるとの回答を得た。昼間の濃霧時においては、区画線A（橙色）及びB（白色）共に、平均値で70～80m見えるとの回答に留まり、昼間の晴天時及び曇天時と比して低下する傾向が見られた。また、昼間の濃霧条件下では、区画線AとBの間に視認距離の差が見られた。



(a) 昼間（午前中）



(b) 夕方



(c) 夜間

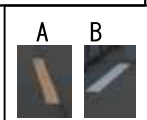


図-5 区画線の視認距離

昼間の区画線の視認距離について、各天候条件間による多重比較分析（有意確率 $\alpha = 0.05$ ）を行ったところ（**表-3**及び**表-4**を参照）、区画線A及びB共に、晴天時と濃霧時（8月12日）及び濃霧時（8月22日）、曇天時と濃霧時（8月12日）及び濃霧時（8月22日）の比較において、平均値に有意な差が認められた。本結果から、濃霧の発生により視程が低下するに従って、区画線の視認距離が低下することが確認された。なお、区画線A及びBの間で、視認距離の平均値の有意差は見られなかった。

夜間の場合、曇天、濃霧の各ケースにおいて、区画線A及びB共に、平均値で3～4本見えるとの回答が得られた。すなわち、天候の違いに関わらず、夜間条件下においては30～40mの視認距離に留まる結果となった。夜間の区画線の視認距離について、各天候条件間による多重比較分析（有意確率 $\alpha = 0.05$ ）を行ったところ、区画線A及びB共に、各ケースの比較において平均値の有意差は認められなかった。また、区画線A及びBの間では、視認距離の平均値の有意差が見られた。

3.2 主観的見やすさ評価

(1) 区画線

昼間、夕方及び夜間における被験者による区画線の主観的見やすさ評価の結果は、**図-6**に示す通りである。昼間の晴天時及び曇天時においては、区画線A及びB共に、平均値でランク4の評価を得た。しかし、濃霧時においては、見やすさ評価の平均値がランク3へ低下した。夜間の濃霧条件下では、区画線A及びBの主観的見やすさ評価の平均値は、ランク3～2程度であった。昼間の区画線の主観的見やすさ評価について、各天候条件間による多重比較分析（有意確率 $\alpha = 0.05$ ）を行ったところ、区画線A及びB共に、晴天時と濃霧時（8月12日）及び濃霧時（8月22日）、曇天時と濃霧時（8月12日）及び濃霧時（8月22日）の比較において、平均値に有意差が認められた。

夕方の濃霧条件下では、区画線A及びBの主観的見やすさ評価の平均値は、ランク4～3程度であった。この評価は、昼間の濃霧条件下のときとほぼ同じであった。

同様の濃霧条件下では、夜間の主観的見やすさ評価は、昼間のときよりも低下した。夜間の主観的見やすさ評価について、各天候条件間による多重比較分析（有意確率 $\alpha = 0.05$ ）を行ったところ、曇天時と濃霧時（8月19日）の比較において、平均値に有意差が認められた。また、区画線AとBの間で、夜間における主観的見やすさ評価の平均値の有意差が認められた。

(2) 視線誘導標

視線誘導標A、B及びCの被験者による主観的見やすさ評価の結果は、**図-7**に示す通りである。観測距離は50mである。視線誘導標Aは、3つの部分、すなわち白色の円形プリズム反射体、橙色の反射シート、白色の下部柱状部から構成されている。**図-8**は、視線誘導標A

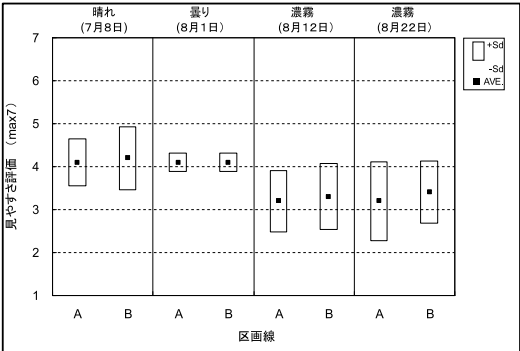
の構成部分に関して、各条件下において被験者が最も見えると判断した結果について表している。昼間と夕方においては、ほとんどの被験者が橙色の中央の部分の評価した。夜になると、ほぼ均等に白色の上部、橙色の中央部、白色の下部柱状部に評価が分かれる結果となった。視線誘導標Bの素材は、白色のポリカーボネート樹脂である。視線誘導標Cの素材は、黄色のポリカーボネート樹脂である。

昼間の晴天及び曇天時における視線誘導標A及びCの主観的見やすさ評価の平均値は、ほぼ4であった。同じ

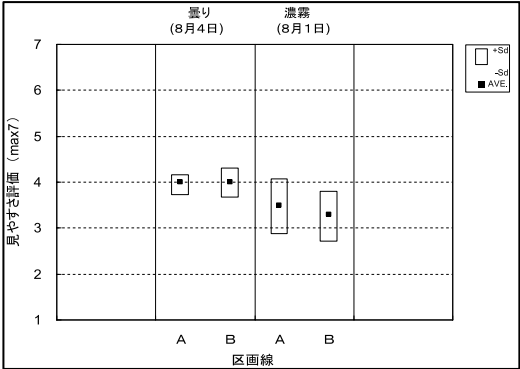
条件下で、視線誘導標Bの主観的見やすさ評価の平均値はほぼ3であった。しかし、昼間の濃霧時（8月22日）では、視線誘導標Cの主観的見やすさ評価の平均値が3つの視線誘導標の中で最も高く、次いで視線誘導標B、視線誘導標Aが最も低かった。

夕方の曇天時においては、3視線誘導標の主観的見やすさ評価の平均値は3～4であり、昼間の同じ条件下と比べてほぼ同様の値であった。

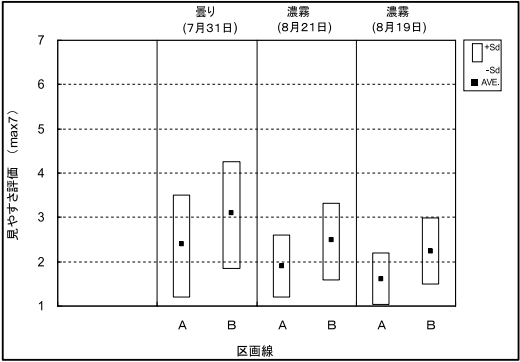
夜間においては、主観的見やすさ評価の平均値は視界状況による影響を受けなかった。視線誘導標B及びCの



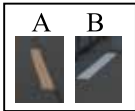
(a) 昼間（午前中）



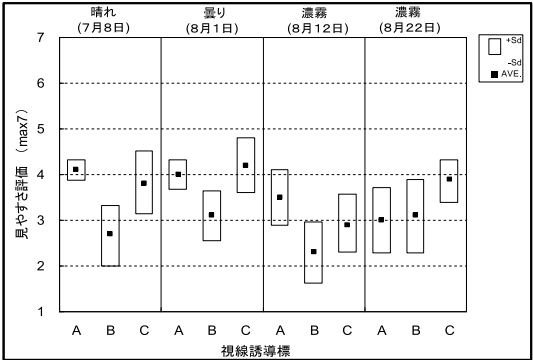
(b) 夕方



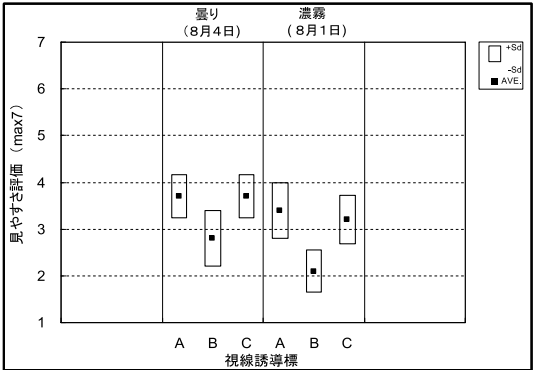
(c) 夜間



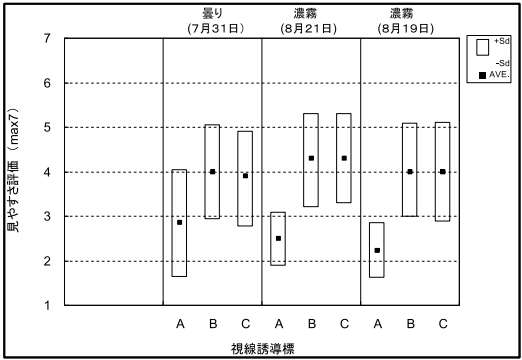
図一 6 区画線の主観的見やすさ評価



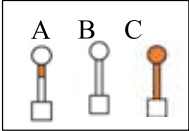
(a) 昼間（午前中）



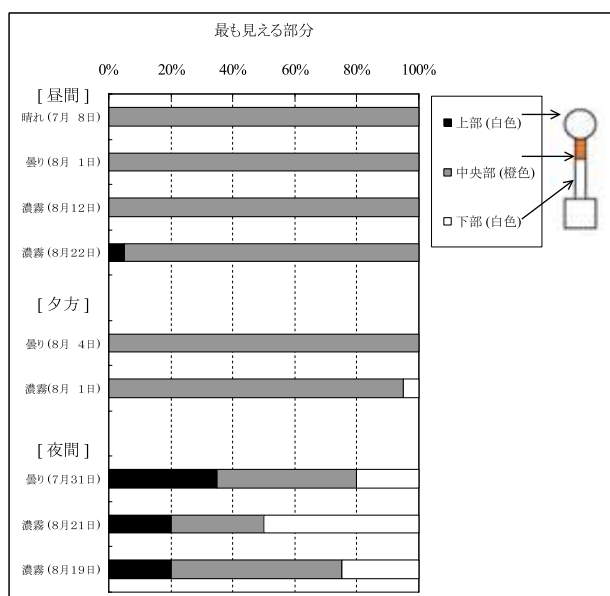
(b) 夕方



(c) 夜間



図一 7 視線誘導標の主観的見やすさ評価
(観測距離：50 m)



図一 8 視線誘導標 A の最も見える部分の評価
(観測距離：50m)

平均値は、視界条件に関わらず、評価 4 を示した。これらの評価ランクは、昼間の同じ条件下における評価よりも高かった。視線誘導標 A は、平均値で 2～3 を示した。

(3) 警戒標識

警戒標識 A、B、C 及び D の被験者による主観的見やすさ評価の結果は、図一 9 に示す通りである。観測距離は 50m であった。警戒標識 A 及び B の色と使用材料は、黄色と黒色のカプセルレンズであった。警戒標識 C 及び D の色と使用材料は、蛍光黄色と黒色の広角プリズムであった。警戒標識 B 及び D は、標識の背景として黒板を有している。天候条件及び時間帯に関わらず、警戒標識 C 及び D の主観的見やすさ評価の平均値は、警戒標識 A 及び B よりも高くなった。昼間の評価実験において、警戒標識 A、B、C 及び D の主観的見やすさ評価は、視界条件が晴天から曇天、濃霧へと悪くなるに従って、低下する傾向が見られた。

夕方においては、警戒標識 A、B、C 及び D の主観的見やすさ評価は、昼間の同じ天候条件下と比べてわずかに低くなった。

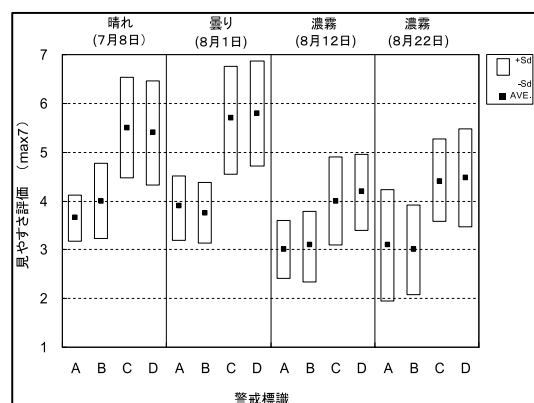
夜間においては、警戒標識 A、B、C 及び D の主観的見やすさ評価は、視界条件により変化しなかった。なお、警戒標識 A 及び B の間、警戒標識 C 及び D の間に差は見られなかった。

(4) シェブロン

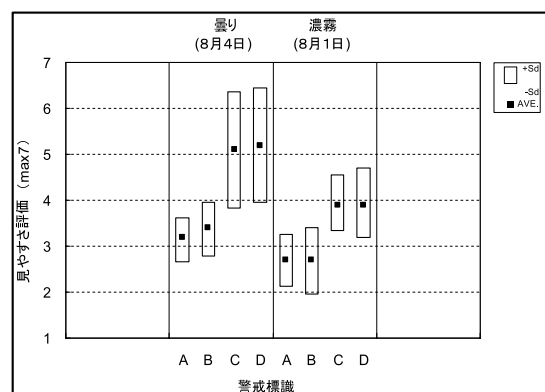
観測距離 50m のときのシェブロン A、B、C 及び D の主観的見やすさ評価の結果は、図一 10 に示す通りである。同様に観測距離 100m のときの結果は、図一 11 に示している。シェブロン A 及び B の色と使用材料は、黄色と黒色のカプセルレンズであった。シェブロン A は、矢の部分が黒色、シェブロン B は、矢の部分が黄色であった。

シェブロン C 及び D の色と使用材料は、蛍光黄色及び黒色の広角プリズムであった。シェブロン C の矢は黒色、シェブロン D の矢は蛍光黄色であった。

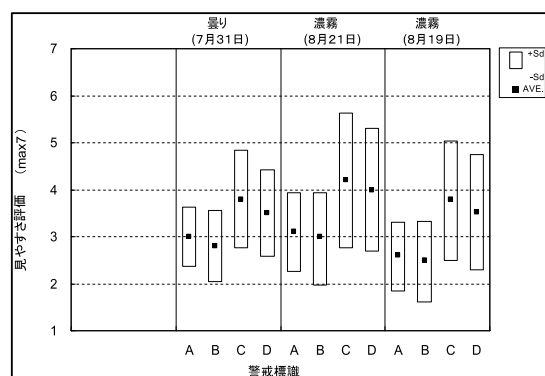
昼間において、シェブロン A、B、C 及び D の主観的見やすさ評価は、視界条件が晴天から曇天、濃霧へと悪くなるに従って、低下した。昼間、夕方及び夜間における同じ天候条件下では、シェブロン C 及び D の主観的見やすさ評価は、シェブロン A 及び B と比べて高くなった。



(a) 昼間 (午前中)



(b) 夕方



(c) 夜間

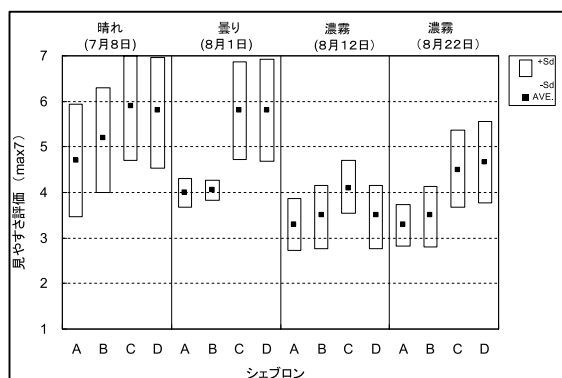


図一 9 警戒標識の主観的見やすさ評価
(観測距離：50m)

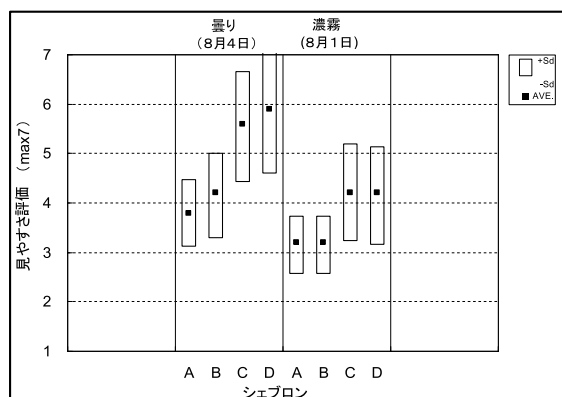
夕方において、シェブロンA、B、C及びDの観測距離50mにおける主観的見やすさ評価は、昼間の同条件とほぼ同じ評価となった。しかし、観測距離100mの主観的見やすさ評価は、昼間の同じ条件下と比べて低くなった。

夜間の各ケースにおいて、シェブロンA及びBの主観的見やすさ評価の平均値は、ほぼ2以下であった。これは、見えない状態に近づいていることを示している。しかし、シェブロンC及びDの観測距離50mの主

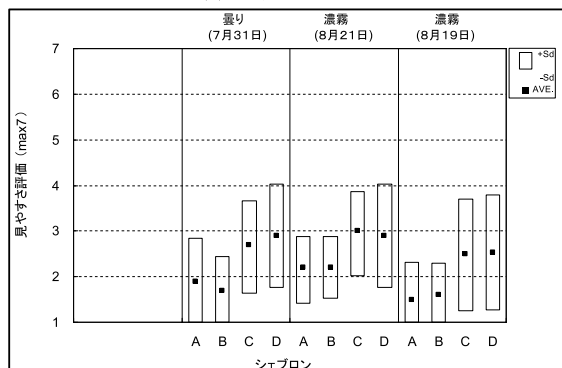
観的見やすさ評価の平均値は、ほぼ3であった。なお、シェブロンA及びBの配色パターンが異なっているが、主観的見やすさ評価の観点から比較したところ、主観的見やすさ評価の平均値において、両者に有意差は見られなかった。同様に、配色パターンの異なるシェブロンC及びDについて比較したところ、両者に有意差は見られなかった。



(a) 昼間 (午前中)



(b) 夕方

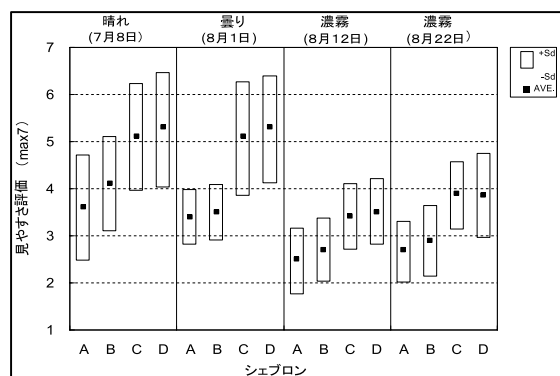


(c) 夜間

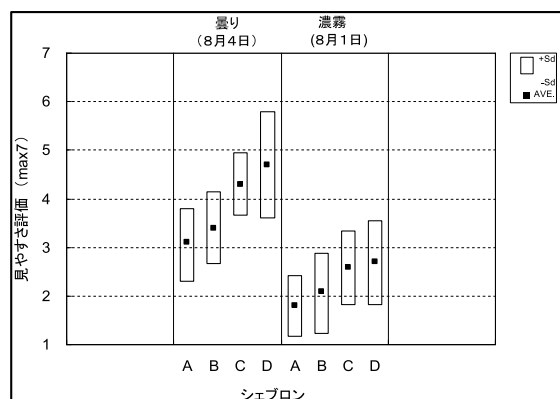
A B C D



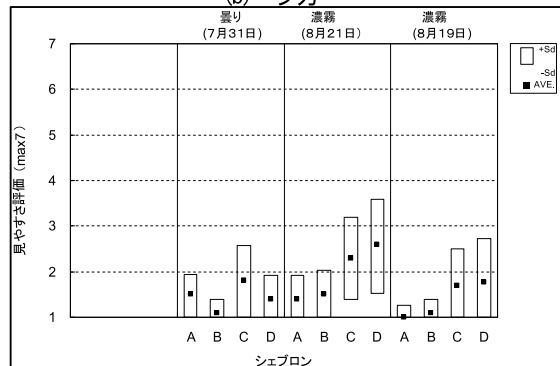
図-10 シェブロンの主観的見やすさ評価
(観測距離：50m)



(a) 昼間 (午前中)



(b) 夕方



(c) 夜間

A B C D



図-11 シェブロンの主観的見やすさ評価
(観測距離：100m)

3.3 主観的安全性評価

(1) 区画線

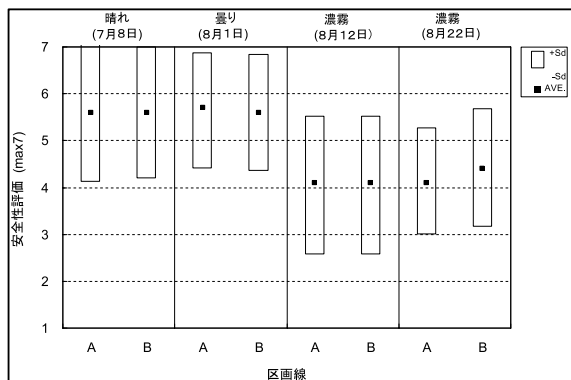
区画線の主観的安全性評価の結果は、図一12に示す通りである。昼間及び夕方の霧が発生していない場合、両区画線の主観的安全性評価は、ランク5を越えた。霧発生条件下では、両区画線の安全性評価はほぼ4であった。

昼間の区画線の主観的安全性評価について、各天候条件間による多重比較分析(有意確率 $\alpha = 0.05$)を行ったところ、区画線A及びB共に、晴天時と濃霧時(8月12日)及び濃霧時(8月22日)、曇天時と濃霧時(8月12

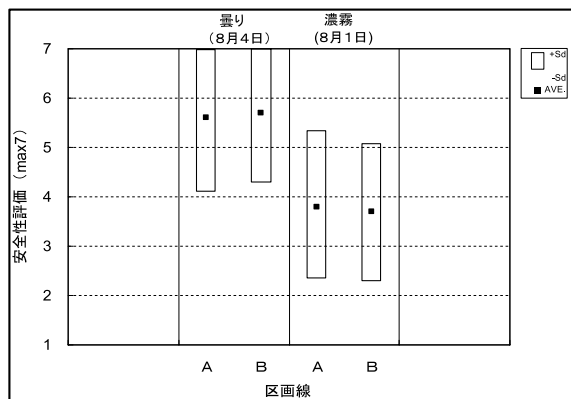
日)及び濃霧時(8月22日)の比較において、平均値に有意差が認められた。なお、区画線A及び区画線Bの間で、主観的安全性評価の平均値の有意差は見られなかった。

夜間においては、天候条件に関わらず、両区画線の主観的安全性評価は、ランク3よりも低かった。特に、橙色である区画線Aの主観的安全性評価が低くなった。

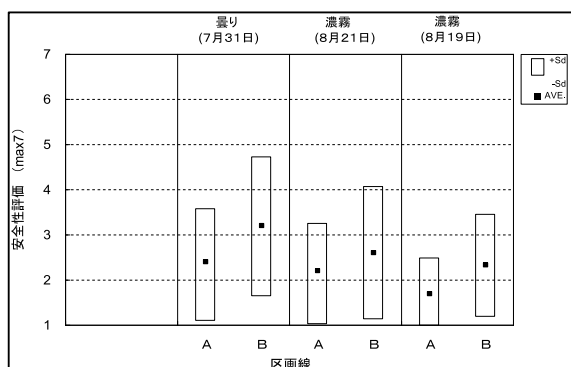
夜間の区画線の主観的安全性評価について、各天候条件間による多重比較分析(有意確率 $\alpha = 0.05$)を行ったところ、両区画線共に、曇天時と濃霧時(8月19日)の



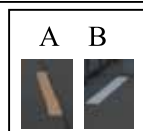
(a) 昼間 (午前中)



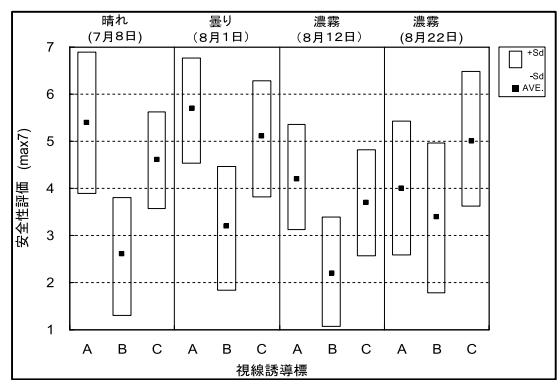
(b) 夕方



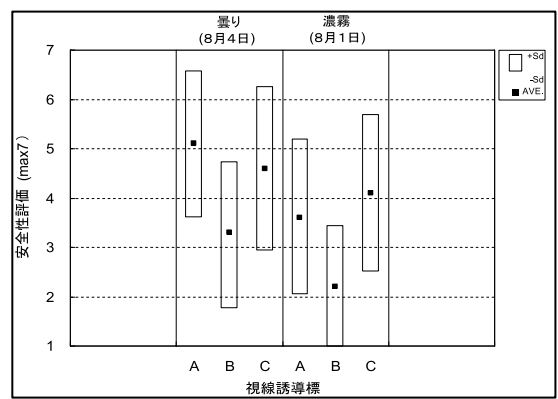
(c) 夜間



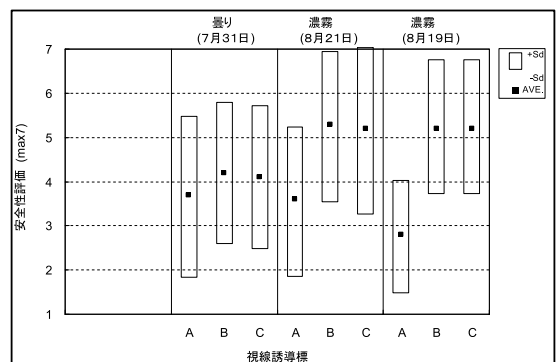
図一12 区画線の主観的安全性評価



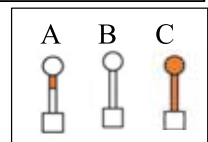
(a) 昼間 (午前中)



(b) 夕方



(c) 夜間



図一13 視線誘導標の主観的安全性評価

表一 3 多重比較分析結果（各天候条件間の比較）

道路付属物	時間帯	天候条件	各天候条件間における評価値の平均の有意差		
			視認距離	見やすさ評価	安全性評価
区画線 (A、B)	昼間	晴れ(7/8)	-	-	-
		曇り(8/1)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
	夜間	曇り(7/31)	-	-	-
		濃霧(8/12)	-	-	-
		濃霧(8/21)	-	-	-
		濃霧(8/19)	-	-	-
視線誘導標 (A、B、C) (観測距離: 50m)	昼間	晴れ(7/8)	-	-	-
		曇り(8/1)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
	夜間	曇り(7/31)	-	-	-
		濃霧(8/12)	-	-	-
		濃霧(8/21)	-	-	-
		濃霧(8/19)	-	-	-
警戒標識 (A、B、C、D) (観測距離: 50m)	昼間	晴れ(7/8)	-	-	-
		曇り(8/1)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
	夜間	曇り(7/31)	-	-	-
		濃霧(8/12)	-	-	-
		濃霧(8/21)	-	-	-
		濃霧(8/19)	-	-	-
シェブロン (A、B、C、D) (観測距離: 50m)	昼間	晴れ(7/8)	-	-	-
		曇り(8/1)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
	夜間	曇り(7/31)	-	-	-
		濃霧(8/12)	-	-	-
		濃霧(8/21)	-	-	-
		濃霧(8/19)	-	-	-
シェブロン (A、B、C、D) (観測距離: 100m)	昼間	晴れ(7/8)	-	-	-
		曇り(8/1)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
		濃霧(8/22)	-	-	-
	夜間	曇り(7/31)	-	-	-
		濃霧(8/12)	-	-	-
		濃霧(8/21)	-	-	-
		濃霧(8/19)	-	-	-

注) *は、有意水準5%により有意を示す。

表一 4 多重比較分析結果(各道路付属物のタイプ間の比較)

道路付属物	タイプ	時間帯	各タイプ(素材)間における評価値の平均の有意差		
			視認距離	見やすさ評価	安全性評価
区画線	A	昼間	-	-	-
	B	昼間	-	-	-
	C	昼間	-	-	-
	D	昼間	-	-	-
	A	夜間	-	-	-
	B	夜間	-	-	-
	C	夜間	-	-	-
	D	夜間	-	-	-
視線誘導標 (観測距離: 50m)	A	昼間	-	-	-
	B	昼間	-	-	-
	C	昼間	-	-	-
	D	昼間	-	-	-
	A	夜間	-	-	-
	B	夜間	-	-	-
	C	夜間	-	-	-
	D	夜間	-	-	-
警戒標識 (観測距離: 50m)	A	昼間	-	-	-
	B	昼間	-	-	-
	C	昼間	-	-	-
	D	昼間	-	-	-
	A	夜間	-	-	-
	B	夜間	-	-	-
	C	夜間	-	-	-
	D	夜間	-	-	-
シェブロン (観測距離: 50m)	A	昼間	-	-	-
	B	昼間	-	-	-
	C	昼間	-	-	-
	D	昼間	-	-	-
	A	夜間	-	-	-
	B	夜間	-	-	-
	C	夜間	-	-	-
	D	夜間	-	-	-
シェブロン (観測距離: 100m)	A	昼間	-	-	-
	B	昼間	-	-	-
	C	昼間	-	-	-
	D	昼間	-	-	-
	A	夜間	-	-	-
	B	夜間	-	-	-
	C	夜間	-	-	-
	D	夜間	-	-	-

注) *は、有意水準5%により有意を示す。

比較において、主観的安全性評価の平均値について有意差が認められた。また、区画線A及び区画線Bの間において、主観的安全性評価の平均値の有意差は表れなかった。

(2) 視線誘導標

視線誘導標3タイプの主観的安全性評価の結果は、図一13に示す通りである。視線誘導標Aの主観的安全性評価は、昼間の晴天時、曇天時及び濃霧時(8月12日)において、最も高かった。濃霧時(8月22日)においては、視線誘導標Cの主観的安全性評価が最大であった。天候条件に関わらず、視線誘導標Bの主観的安全性評価は、昼間及び夕方においては最低であった。夜間の各ケースでは、視線誘導標B及びCの主観的安全性評価は、視線誘導標Aよりも高かった。特に、濃霧発生時(8月19日)では、視線誘導標B及びCの主観的安全性評価は、ランク5を超える高さであった。

なお、上述の3.1～3の視認距離、主観の見やすさ評価及び主観的安全性評価について、各天候条件間及び各タイプ間の評価値に関する多重比較分析を行った結果の一覧は、表一3及び表一4に示す通りである。

4. まとめ

2003年夏期の2ヶ月間に亘り、13種類の反射型道路

付属物の視認性に関する評価実験を行った。評価対象として、区画線2種類、視線誘導標3種類、警戒標識4種類、シェブロン4種類を実験区間に設置した。評価実験は、同区間において9回繰り返した。視界条件は、時間帯(昼間、夕方、夜間)と天候条件(晴天、曇天、濃霧)により変化させた。

(1) 昼間の場合、区画線の視認距離は、晴天及び曇天の条件下において100m以上であった。視認距離は、濃霧条件下では約70～80mに減少した。夜間の場合、視認距離は、曇天及び濃霧条件下で30～40mであった。昼間の霧発生は、視認距離に対し、大きな影響を与えたが、夜の霧発生からは大きな影響は見られなかった。昼間において、区画線、警戒標識及びシェブロンの主観の見やすさ評価は、視界条件が晴天から曇天、濃霧へと悪化するに従って、低下する傾向が見られた。夜間では、区画線及びシェブロン(観測距離100m)で主観の見やすさ評価において、視界条件の変化に伴う有意差が見られたが、警戒標識及びシェブロン(観測距離50m)では視界条件が曇天から濃霧へと悪化することに伴う有意差は見られなかった。

昼間の場合、区画線の主観的安全性評価は、視界条件が晴天から曇天、濃霧へと悪化するに従って、

低下する傾向が見られた。夜間の場合、区画線の主観的安全性評価は、視界条件が曇天から濃霧へと悪化することに伴う明確な差は見られなかった。

夕方における主観的見やすさ評価及び主観的安全性評価は、昼間における同じ条件の時と同様の傾向を示した。昼間における全ての主観評価値は、天候条件に関わらず、夜の霧が発生していない条件下と比べて高くなった。

(2) 高性能の反射材や蛍光色を用いた道路付属物は、濃霧条件下では高い視認性評価となることが明らかになった。夜間の濃霧条件下では、区画線の反射輝度が高くなるに従って、主観的見やすさ評価及び主観的安全性評価が高くなった。全ての視界条件下において、蛍光黄色の広角プリズム型を用いた警戒標識及びシェブロンが、最高の視認性を示した。なお、晴天及び曇天の条件下では、これらの標識及びシェブロンの主観的見やすさ評価及び主観的安全性評価は共に、標準タイプ（カプセルレンズ型）の評価に近づいた。

(3) 視線誘導標の主観的見やすさ評価及び主観的安全性評価は、夕方には区画線と同様のレベルであるが、夜間の濃霧条件下で区画線よりも高くなることが明らかになった。わずかに暗い並びに暗い条件下では、視線誘導標は、区画線に代わって、ドライバーの安全性の維持に対し、非常に有効である。霧が頻発する地域においては、ドライバーの視認性の観点から、高反射性能を有する素材を用いた道路付属物の設置が有効であると考えられる。これにより、夜間の濃霧発生条件下において、さらなる視界条件の改善が期待される。

5. 今後の課題

ドライバーは、道路上では一定速度により移動しな

がら、様々な道路付属物を認識している。今後、濃霧条件下の実道において、車両が一定速度で走行している状態での道路付属物の視認性評価実験の実施について、検討する予定である。

謝辞

本実験の実施にあたりご協力いただいた被験者の方々及び北海道土木技術会道路研究委員会・賛助会員の皆様に対し、謝意を表する。

参考文献

- 1) Heiss, H.W., Highway Fog: Visibility Measures and Guidance Systems, NCHRP Report 171, TRB, National Research Council, Washington, DC., 1976.
- 2) Shepard, F.D., Reduced Visibility Due to Fog on the Highway, Synthesis of Highway Practice 228, TRB, 1996.
- 3) (社)日本道路協会；道路標識設置基準・同解説、1987年
- 4) (社)日本道路協会；視線誘導標設置基準・同解説、1984年
- 5) 萩原 亨、徳永 ロベルト、浅野 基樹；昼間の霧中における道路付属物の視認性に関する研究、第23回交通工学研究発表会論文報告集、2003年11月
- 6) 宗広 一徳、徳永 ロベルト、浅野 基樹、萩原 亨；北海道東部地域における霧発生に対する道路付属物の視認性評価実験、第24回交通工学研究発表会論文報告集、2004年11月
- 7) 満田 喬、高木 正幸；視線誘導施設の視認性、雑誌「道路」、1980年10月
- 8) 建設省土木研究所交通安全研究室；区画線の耐久性および視認性、雑誌「道路」、1980年10月



宗広 一徳*
Kazunori MUNEHIRO

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員
技術士（建設）



徳永 ロベルト**
Roberto TOKUNAGA

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
研究員
博士（工学）



浅野 基樹***
Motoki ASANO

北海道開発土木研究所
道路部
交通研究室
室長
技術士（建設・総合）



萩原 亨****
Toru HAGIWARA

北海道大学大学院工学
研究科
都市環境工学専攻
交通システム工学講座
助教授
工学博士