

# 道路標示等の設置効果に関する 調査研究報告書

平成13年3月

社団法人 全国道路標識・標示業協会

## ○ 調査研究をとりまとめて

北海道は、広大な地域、拠点都市を結ぶ長大な道路、郊外部の単調な道路環境が続き、幹線道路でも比較的交通量の少ない区間が多いところから、自動車の走行速度が速いなどの道路交通環境の特殊性があり、高速走行を伴う致死率の高い正面衝突による死亡事故が全国平均の2倍以上発生しており、それが交通事故の死者数を押し上げ、都道府県別の死者数が9年連続のワーストワンを記録している。

この正面衝突事故を防止するためには、中央分離帯の設置や登坂車線の増設、カーブの曲線半径の緩和等、道路構造面の改善対策が重要であるが、膨大な経費等を要するところから、それらの対策は遅々として進まず、全道路の95パーセントを超える道路が往復分離されていない現状にある。

北海道警察ではこれまで、交通死亡事故が多発する非分離二車線道路等を重点に、速度規制や追越しのための右側部分はみ出し通行禁止（以下「はみ禁」という。）を実施し、特に、はみ禁標示については、高輝度標示の導入やワイド化等の対策を推進し、相当の効果をあげてきたところである。しかし、「往復分離」、「中央分離」の代替施策としてその効果を高めるためには、運転者の視覚特性を利用して走行車線を狭めて走行速度を抑制するなど、より視認性の高い路面標示材の開発とともに路面標示の施工方法等の工夫改善が必要と思われる。

そのような情勢を踏まえ、「道路標示の設置効果に関する調査研究委員会」を設置し、新型のはみ禁二条線の設置効果の検証と、夜間における区画線の視認性等を重点テーマとした調査研究を行いました。

本調査研究は、時間的な制約等から今後課題を残した部分もありましたが、一応の成果としてとりまとめたものであります。

本研究報告が、今後の交通安全施設整備に携わる方々の参考になれば幸いと存じます。

道路標示等の設置効果に関する調査研究委員会

委員長 加 来 照 俊

# 目 次

第1	調査研究の概要	1 p
1	調査研究の目的	1
2	正面衝突、カーブの交通事故発生状況	2
第2	はみ禁二条線の設置効果について	3
1	調査要領	3
2	交通事故発生状況	5
3	第1調査地点の調査結果	6
4	第2調査地点の調査結果	14
5	二条線調査結果のまとめ	22
6	角型リブ式高輝度標示と高輝度外側線の設置効果	22
第3	夜間における区画線の視認効果について	26
1	実験の概要	26
2	区画線の視認距離測定実験	26
3	実験結果	33
(1)	測定視認距離の平均値・標準偏差と分散分析	33
(2)	被験者の視機能と視認距離	33
(3)	区画線の面積と視認距離	35
(4)	路面状態と視認距離	36
4	被験者と輝度コントラスト	38
(1)	測定輝度	38
(2)	輝度の推定	38
(3)	コントラスト	39
(4)	限界コントラストと視認距離	41
(5)	コントラスト感度と視認距離	41
5	まとめ	42
第4	夜間雨天時及び摩耗状態別視認性について	43
1	貼り付け式標示剤の視認性	43
2	夜間における区画線の摩耗状態別の視認性	48
3	考察	54
○	あとがき	55
○	道路標示の設置効果に関する調査研究委員会・同作業部会名簿	56

# 第1 調査研究の概要

## 1 調査研究の目的

道路標示及び区画線は、道路標識とともに交通規制、指示等の情報を伝達する交通安全施設として、運転者の注意力を必要な場所に集中させる効果が大きく、交通の安全と円滑等を確保するうえで重要な役割を果たしている。

適正な交通規制の前提となる交通安全施設としての道路標示及び区画線は、法令に基づく基準によって設置、管理されなければならないものであり、昼夜、降雨等の道路条件下においても、視認性が確保され、十分な耐久性を有し、経時によって機能が低下しないことや、安全性に問題がないことなどが必要である。

北海道の交通死亡事故の特徴の一つとして、致死率の高い正面衝突事故があげられ、非分離2車線道路のカーブ区間等におけるはみ出しや、路外逸脱の防止対策が重要な課題となっている。

そのような情勢から北海道警察は、見通しの悪いカーブやトンネル内等を重点に、道路管理者と共同で車線分離板（チャッターバー）を整備するほか、センターポール等の整備を積極的に要請し、カーブにおける路面对策としては、はみ禁標示のほか、はみ禁のワイド化、二条線化、高輝度化、減速マークの設置、標識の大型化等の対策を表1. 1のとおり強化している。

本調査研究では、

- 新型のはみ禁二条線標示（以下「二条線」という。）の設置前後における車両の走行速度、走行軌跡の変化、交通事故発生状況
  - 夜間における区画線の視認性を運転者のコントラスト感度と視認距離、視機能と視認距離の関連
  - 夜間雨天時における路面標示材の視認効果
- についての調査研究結果をとりまとめ、安全で快適な道路交通環境づくりに寄与することを目的とする。

カーブの路面对策実施状況（北海道公安委員会分）

はみ禁標示延長	1, 358箇所	3, 188, 290m
収納式車線分離板	120区間	10, 997個
ワイド標示（塗替）		1, 185, 000m
二条線標示（塗替）		309, 468m
二条線標示（新設）		117, 500m
高輝度標示		300, 000m
減速マーク（塗替）	5, 000箇所	

（注）新設分以外は、平成12年度末のストック数である。

表1. 1 カーブの路面对策

## 2 正面衝突、カーブの交通事故発生状況

北海道の交通事故は、都道府県別で発生件数と負傷者数が第10位にランクされているのに対して、死者数が突出してワースト1位であり、致死率が高く、複数の死傷者を伴う正面衝突事故が主としてカーブ地点で多発している。

年別 区分		年別									
		H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	
昼夜別 市街地	昼間	件数	269	239	266	269	273	206	255	280	314
		死者	9	9	14	11	11	8	10	7	10
		重傷	36	40	54	55	44	45	75	40	56
		軽傷	303	271	302	293	289	260	293	332	360
	夜間	件数	163	185	172	177	163	168	158	165	176
		死者	11	11	19	13	17	19	13	4	13
		重傷	51	48	35	41	50	41	38	46	47
		軽傷	171	224	185	200	144	192	161	154	189
非市街地	昼間	件数	574	557	626	634	656	547	534	573	569
		死者	51	52	49	51	66	59	54	53	60
		重傷	199	185	205	207	222	234	195	222	198
		軽傷	712	746	803	756	766	618	655	713	678
	夜間	件数	311	315	326	361	349	332	270	295	269
		死者	48	38	52	49	47	59	37	29	22
		重傷	95	95	111	133	139	133	115	117	101
		軽傷	351	371	380	398	360	327	298	321	292
計	昼間	件数	843	796	892	903	929	753	789	853	883
		死者	60	61	63	62	77	67	64	60	70
		重傷	235	225	259	262	266	279	270	262	254
		軽傷	1,015	1,017	1,105	1,049	1,055	878	948	1,045	1,038
	夜間	件数	474	500	498	538	512	500	428	460	445
		死者	59	49	71	62	64	78	50	33	35
		重傷	146	143	146	174	189	174	153	163	148
		軽傷	522	595	565	598	504	519	459	475	481

表1. 2 正面衝突による交通死亡事故

年別 区分		年別									
		H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	
市街地	件数	20	19	31	22	28	24	21	11	21	
	死者	20	20	33	24	28	27	23	11	23	
非市街地	件数	91	83	96	96	108	107	80	80	76	
	死者	99	90	101	100	113	118	91	82	82	
計	件数	111	102	127	118	136	131	101	91	97	
	死者	119	110	134	124	141	145	114	93	105	

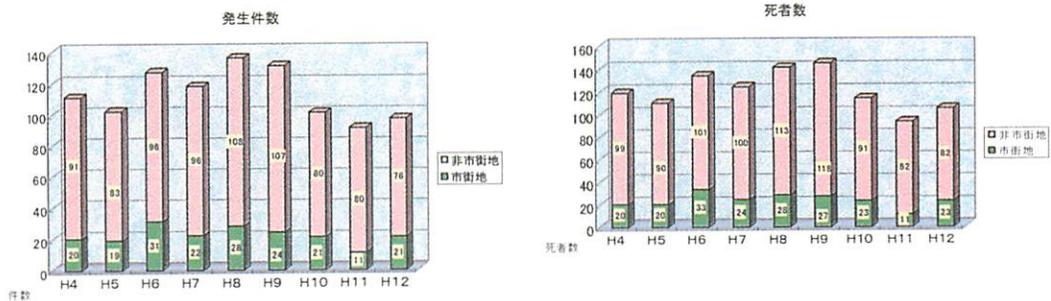


表1. 3 カーブにおける交通死亡事故

## 第2 はみ禁二条線の設置効果について

### 1 調査要領

#### (1) 調査の目的

交通事故の多発路線である幹線道路の非市街地で、カーブが連続する非分離二車線区間において、現行のはみ禁標示を改良した二条線を試験的に実施することにより、車両の走行速度や走行軌跡等にはどのような影響を及ぼすかを調査し、その有効性を考察することを目的とする。

#### (2) 調査区間場所

一般国道337号の石狩市八幡4丁目（一般国道231号交点）から石狩郡当別町栄50番地（一般国道275号交点）までの16,250m間の7箇所のカーブに二条線を設置するとともに、そのうち3箇所のカーブには収納式車線分離鋸（以下「分離鋸」という。）を設置した。それぞれのカーブについて対策実施前後の効果を確認するため、車両の走行速度や走行軌跡等を調査したが、それぞれ若干の相違があったものの、ほぼ同様の傾向を示していたところから、本研究では

- 石狩市大字生振村（第1調査地点と呼称する。）
- 石狩郡当別町材木沢（第2調査地点と呼称する。）

の2地点の調査結果を対象とした。

これらの調査区間は、道都札幌市から石狩市を經由して道北方面への主要幹線道路に接続する幹線道路であるところから、大型貨物自動車の混入率が高く、日交通量は約6,500台で、畑作地帯を貫通する単調な道路交通環境が続くところから、走行速度が速い路線である。

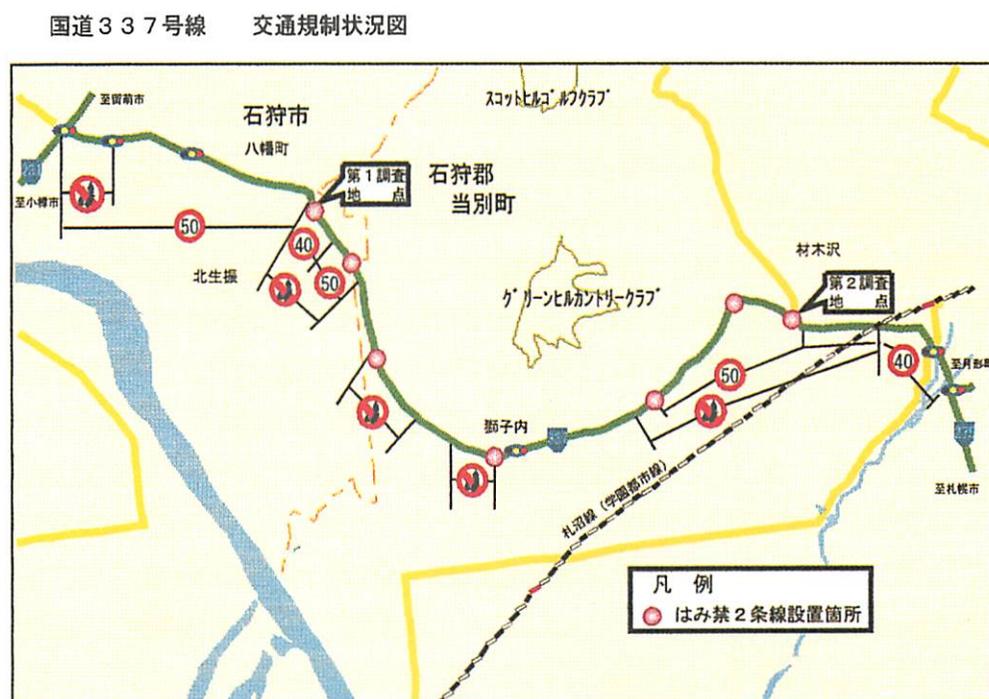


図2. 1 対策実施区間の概況図

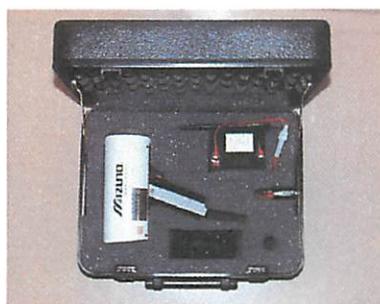
### (3) 調査の方法

#### ア 通過速度調査

通過速度の調査は、「カーブ手前の直線部分」及び「カーブの入口部分」を外側車線と内側車線別に、対策（改良）実施前と対策（改良）実施後の通行車両を大型貨物自動車（以下「大貨」という。）、普通乗用自動車（以下「普乗」という。）、普通貨物自動車（以下「普貨」という。）及び軽自動車（以下「軽」という。）に区分し、それぞれ100台ずつスピードガンによって測定した。

#### イ 走行軌跡調査

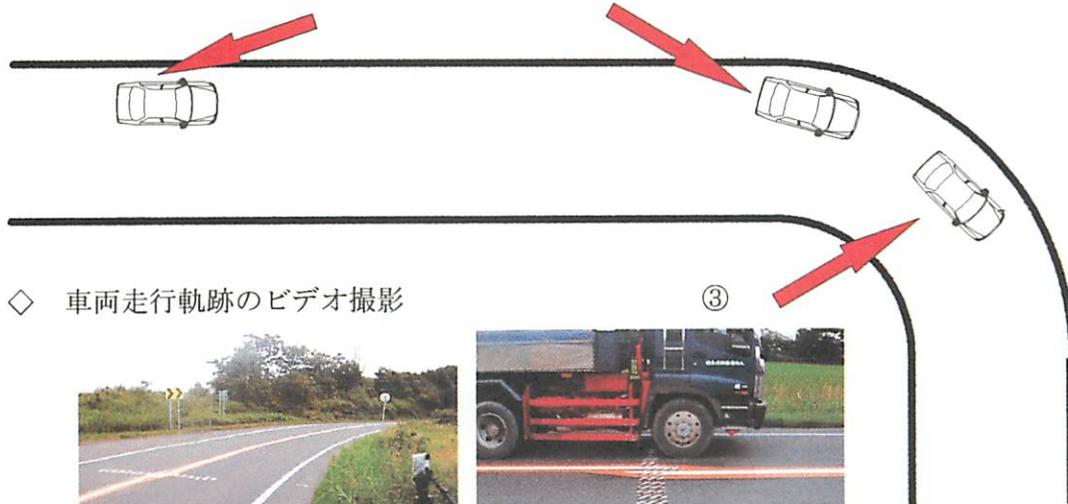
車両の走行軌跡調査は、カーブの中心部の外側車線及び内側車線を走行する車両を大貨、普乗、普貨及び軽に区分し、それぞれ100台ずつビデオカメラにより、撮影調査した。



①



②



#### ◇ 車両走行軌跡のビデオ撮影



- ① スピードガンによる直線道路での走行速度を測定
- ② スピードガンによるカーブ直近部分での走行速度を測定
- ③ カーブ頂点での車両走行軌跡をビデオ撮影

#### ○ 使用速度測定機器

トアスポーツマシーン社製 PSK-DSP仕様

有効通達距離～1,000m、測定可能速度～50~320km/h、測定誤差～±1km/h

図2.2 走行速度の測定及び車両走行軌跡のビデオ撮影状況

## 2 交通事故発生状況

二条線の対策は、石狩市八幡から石狩郡当別町材木沢まで 16,250m の間にある 7 箇所のカーブについて実施したが、この区間内における平成 8 年から同 12 年まで 5 年間の年別交通事故の発生状況は、表 2. 1 のとおりである。

対策を実施した平成 12 年 9 月以後、同年末までに発生した交通事故は 1 件のみであり、区間内の全体の事故防止効果が認められた。

なお、交通事故の詳細については、表 2. 2 のとおりである。

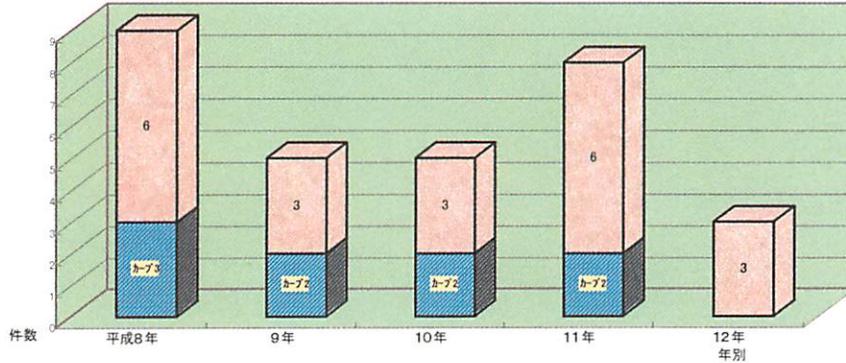


表 2. 1 年別交通事故発生状況

発生年月	曜日	天候	道路形状	路面状況	事故類型	死傷程度
H 8. 1	木	雪	単路	積雪	追突	死亡2 重傷1
H 8. 2	月	雪	カーブ	凍結	正面衝突	重傷1
H 8. 3	土	晴	カーブ	凍結	すれ違い時	軽傷1
H 8. 4	月	晴	交差点	乾燥	出会い頭	軽傷2
H 8. 5	月	曇	カーブ	乾燥	横断中	軽傷1
H 8. 7	日	晴	交差点	乾燥	出会い頭	軽傷1
H 8. 12	水	曇	単路	凍結	車両相互	軽傷1
H 8. 12	金	晴	交差点付近	凍結	追突	軽傷1
H 8. 12	金	曇	単路	凍結	進行中追突	軽傷2
H 9. 5	金	晴	カーブ	乾燥	単独	重傷2
H 9. 6	火	雨	カーブ	湿潤	単独転落	重傷1
H 9. 6	火	曇	単路	乾燥	追越し時	軽傷1
H 9. 7	土	晴	交差点	乾燥	出会い頭	死亡1 軽傷2
H 9. 12	火	雪	交差点付近	積雪	追突	軽傷2
H10. 1	月	雪	カーブ	凍結	正面衝突	軽傷3
H10. 2	土	晴	カーブ	乾燥	正面衝突	軽傷1
H10. 6	日	晴	交差点	乾燥	追突	軽傷2
H10. 7	月	晴	単路	乾燥	単独電柱	軽傷1
H10. 8	金	晴	単路	乾燥	追突	軽傷2
H11. 4	月	晴	単路	乾燥	追越し時	軽傷2
H11. 5	日	晴	交差点	乾燥	追突	軽傷2
H11. 5	土	晴	交差点	乾燥	追突	軽傷1
H11. 5	土	曇	交差点	乾燥	出会い頭	軽傷2
H11. 7	火	晴	交差点	乾燥	追突	軽傷1
H11. 10	月	晴	単路	乾燥	追突	軽傷2
H11. 11	金	曇	カーブ	乾燥	単独逸脱	重傷1
H11. 11	水	曇	カーブ	凍結	正面衝突	軽傷2
H12. 6	日	晴	単路	乾燥	追越追抜	軽傷1
H12. 8	月	曇	交差点	乾燥	正面衝突	死亡1 軽傷1
H12. 10	土	晴	単路	乾	進行中衝突	軽傷2

(注)日時、対象車両、原因等については、個人情報に係る恐れがあるため割愛した。

表 2. 2 交通事故分析一覧表

### 3 第1調査地点の調査結果

石狩市大字生振村 KP (キロポスト) 75.628~75.772

(曲線半径 100m・平坦・カーブ延長 150m)

○ 交通規制等の実施状況

はみ禁規制、速度規制 50 km/h、分離錐 21 個設置 (1 m 間隔)

○ 調査日時

改良前～平成 12 年 7 月 19 日 (水・晴) 13:30～16:40

改良後～平成 12 年 8 月 4 日 (金・晴) 14:00～17:00

(1) 中央線の施工状況

図 2. 3 の左側路肩は除雪の堆積スペースとして 4.5 m 確保されており、農家の取付け道路があるため、車道外側線は破線 (ドット線) である。

はみ禁標示は、ワイド型の 20cm 幅である。

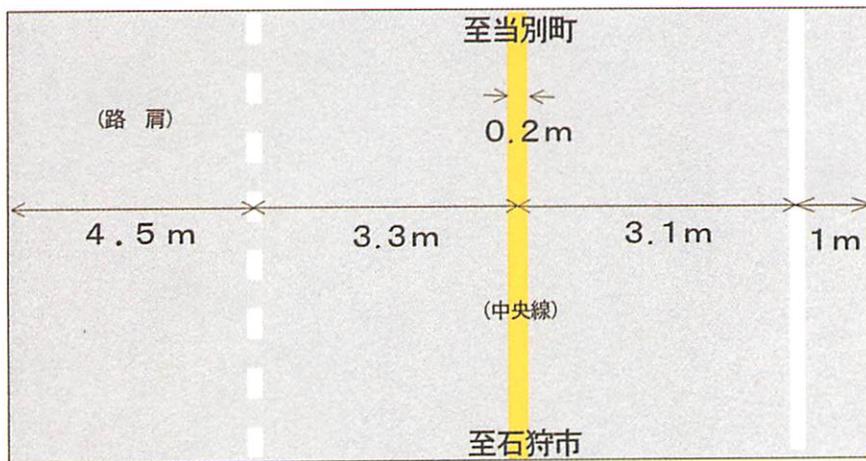


図 2. 3 二条線施工前

二条線の施工は、カーブの始端からカーブの終端まで、車道外側線をはみ禁標示 (15cm 幅) が挟み、45cm 幅である。

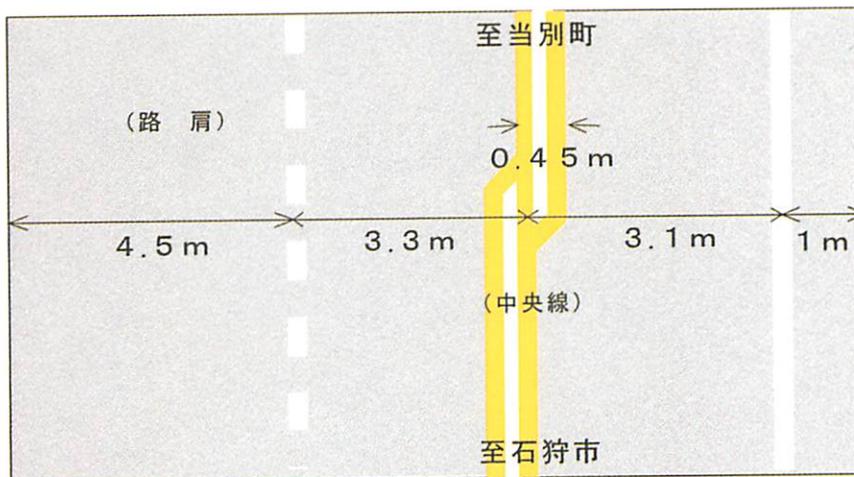


図 2. 4 二条線施工後

(2) 二条線施工前の現場写真

写真2. 1以下は、二条線を施工する前のカーブ手前からの現場写真である。

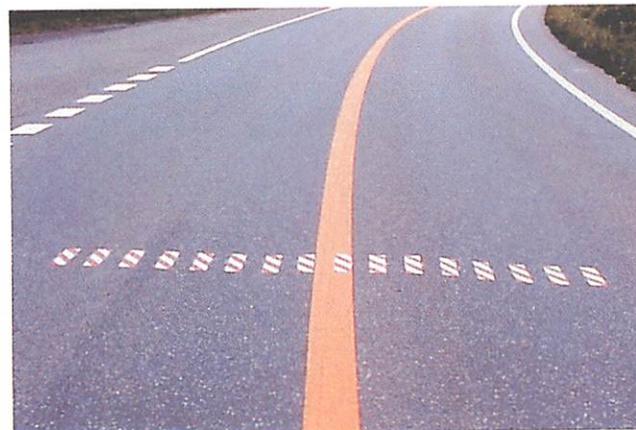
なお、カーブ手前の白色の楕型標示は減速マークであり、マークの間隔、標示の長さを徐々に変化させることにより、カーブでの減速とはみ出し防止を狙いとしたものである。



写真2. 1 カーブ手前の状況（石狩⇒当別）



写真2. 2 カーブ手前の状況（当別⇒石狩）



(注) 写真中に見られる横方向のゼブラ標示は、車両の走行位置を読み取るために設置した座標である。

写真2. 3 中央線の状況

(3) 二条線施工後の現場写真

写真2.4、写真2.5及び写真2.6は、二条線施工後の現場写真である。増設する白線及び黄線は、カーブ中心位置を境としてカーブ進入側の左側に増設した。

なお、櫛型の路面標示は視認性を高めるための減速マークで、その長さは1m均一である。



写真2.4 カーブ手前の状況（石狩⇒当別）



写真2.5 カーブ手前の状況（当別⇒石狩）



写真 2. 6 中央線の状況

(4) 通過速度

ア 外側車線 (石狩⇒当別)

外側車線の通過速度をカーブ手前直線部 (以下「直線」という。) 及びカーブの入口部分 (以下「カーブ」という。) について、施工前と二条線施工後及び分離紙の設置後における車種別の走行速度の平均、最低及び最高と、それぞれの速度差は表 2. 3のとおりである。

走行速度 (km/h・以下「K」と略称する。) を全体の平均値でみると、直線速度よりカーブ速度は 8~12 K減速しており、その速度差が最も大きいのは分離紙設置後であり、逆に速度差が小さいのは二条線施工後となった。

速度差が少なかった理由としては、カーブに入る前の直線部での速度差がすでに低下しているため、相対的に小差となったと考えられる。

二条線施工後と分離紙設置後の平均速度を比較すると、必ずしも分離紙の減速効果は明確でないが、車種別にみると大貨だけは着実に速度が低くなっている。

外側車線

区分		直線			カーブ			速度差		
		平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高
施工前	全体	66.3	58.7	73.9	56.2	51.3	61.1	-10.1	-15.5	-4.8
	大貨	67.7	60.6	74.7	55.9	50.8	61.1	-11.7	-17.0	-6.4
	普乗	66.7	57.6	75.8	57.0	52.0	62.0	-9.7	-16.0	-3.5
	軽貨	63.2	58.2	68.1	55.1	50.6	59.6	-8.0	-11.2	-4.9
二条線施工後	全体	64.5	56.2	72.8	54.8	48.1	61.5	-9.7	-14.2	-5.2
	大貨	63.2	57.0	69.3	53.6	48.1	59.0	-9.6	-13.5	-5.7
	普乗	65.2	54.6	75.8	55.8	47.4	64.2	-9.4	-14.0	-4.9
	軽貨	66.7	59.2	74.2	55.5	49.9	61.2	-11.2	-16.7	-5.6
車線分離紙設置後	全体	66.6	56.9	76.2	55.1	49.1	61.0	-11.5	-18.9	-4.1
	大貨	60.3	53.4	67.2	50.6	46.6	54.6	-9.7	-16.0	-3.3
	普乗	68.9	58.9	78.9	56.7	50.6	62.8	-12.2	-20.0	-4.4
	軽貨	67.5	57.1	77.9	56.2	51.1	61.4	-11.3	-19.6	-3.1
	軽	66.8	59.7	73.9	54.5	48.9	60.1	-12.3	-17.8	-6.9

表 2. 3 外側車線通過速度一覧 (石狩⇒当別)

イ 内側車線（石狩⇒当別）

内側車線の通過速度を直線及びカーブについて、施工前と二条線施工後及び分離  
 鈺設置後における車種別の走行速度の平均、最低及び最高と、それぞれの速度差は  
 表 2. 4 のとおりである。

走行速度を全体の平均値で見ると、直線速度よりカーブは 6~12 K 減速しており  
 対策実施前との比較では分離鈺設置後の軽の減速が大きい。

内側車線

区分		直線			カーブ			速度差		
		平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高
施工前	全体	65.9	59.1	72.8	56.6	49.7	63.6	-9.3	-15.1	-3.5
	大貨	65.0	60.4	69.6	55.2	49.5	60.9	-9.8	-15.2	-4.4
	普乗	66.8	59.0	74.7	58.5	51.3	65.7	-8.3	-14.0	-2.7
	普貨	64.3	58.0	70.5	54.1	47.7	60.5	-10.2	-16.1	-4.4
	軽	64.1	59.0	69.2	53.4	48.1	58.7	-10.7	-14.7	-6.6
二条線 施工後	全体	65.8	59.6	72.0	57.1	49.7	64.4	-8.7	-15.2	-2.3
	大貨	62.5	56.1	68.9	56.1	49.1	63.1	-6.4	-9.8	-3.0
	普乗	66.0	60.0	72.1	57.7	49.7	65.8	-8.3	-14.8	-1.8
	普貨	66.9	60.3	73.5	56.8	51.0	62.5	-10.2	-17.1	-3.2
	軽	66.7	61.6	71.8	56.5	51.4	61.5	-10.2	-16.7	-3.8
車線分離鈺 設置後	全体	65.8	58.7	73.0	54.5	48.6	60.5	-11.3	-17.7	-4.9
	大貨	64.9	59.1	70.7	54.2	48.5	59.9	-10.7	-17.3	-4.1
	普乗	66.7	57.8	75.6	55.4	49.0	61.9	-11.3	-18.4	-4.2
	普貨	66.1	60.5	71.6	54.5	48.8	60.2	-11.6	-17.1	-6.0
	軽	64.9	56.8	73.0	51.9	46.8	56.9	-13.0	-19.1	-7.0

表 2. 4 内側車線通過速度一覧（当別⇒石狩）

(5) 外側車線の速度分布

ア 二条線施工前後の速度分布

全体の平均値で見ると、直線からカーブに移行した段階で概ね 10 K 減速して  
 いる。

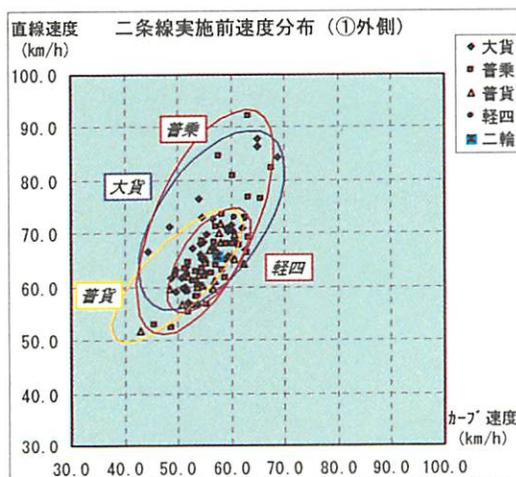


図 2. 5 二条線施工前

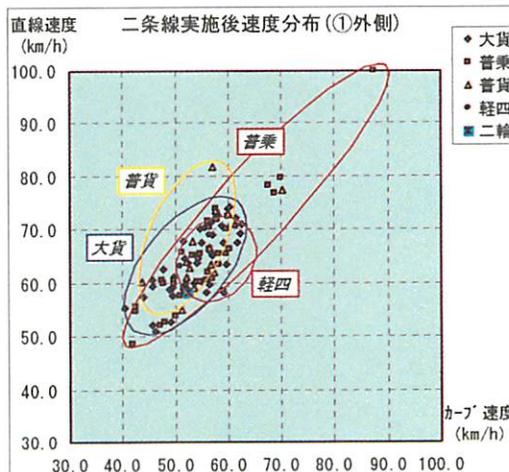


図 2. 6 二条線施工後

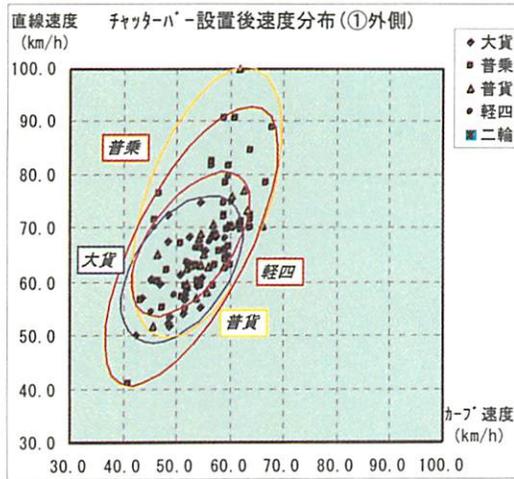


図 2. 7 車線分離鉋設置後

イ 通過速度及び速度差

速度差は二乗線施工後よりも、むしろ分離鉋施工後の方が大きく、二乗線施工後、9.7 Kであったものが、分離鉋施工後は 11.5 K となっている。

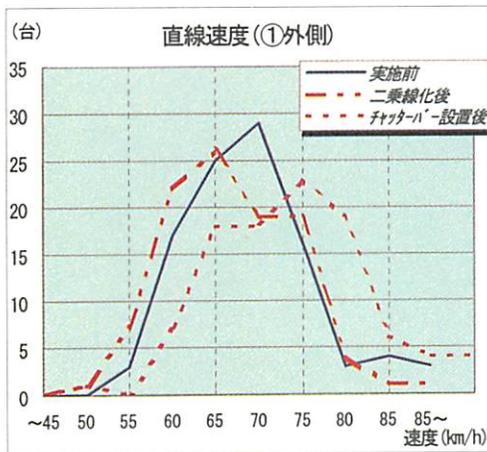


図 2. 8 直線速度 (外側)

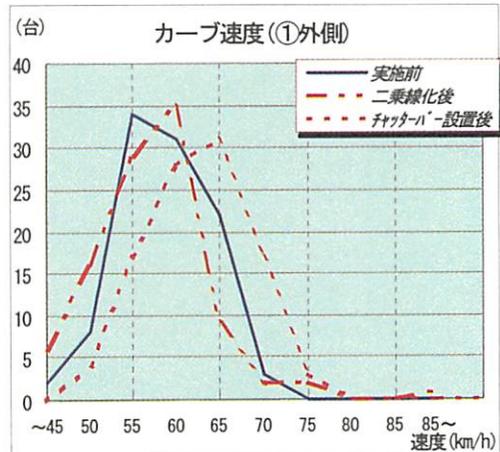


図 2. 9 カーブ速度 (外側)

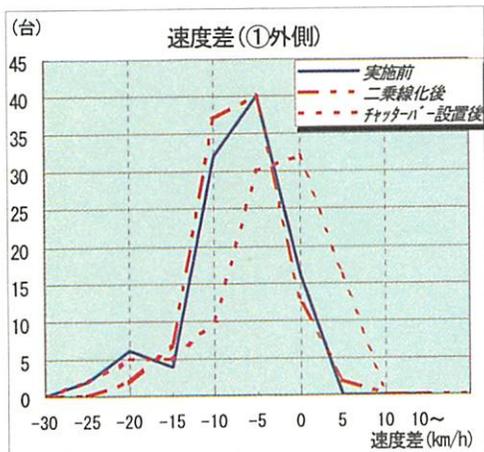


図 2. 10 速度差 (外側)

(6) 内側車線の速度分布

ア 二条線施工前後の速度分布

全体の平均値で比較すると、直線からカーブに移行する段階で走行速度は、概ね10 K減速している。

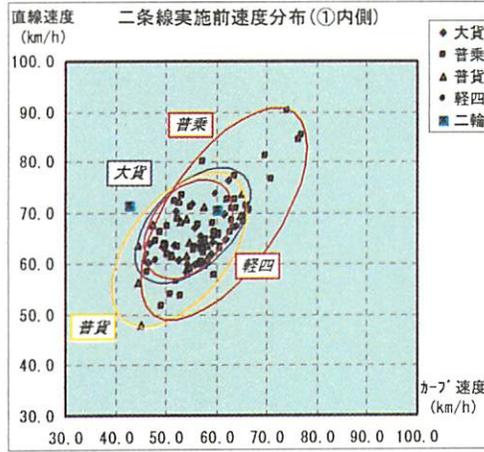


図 2. 1 1 二条線施工前

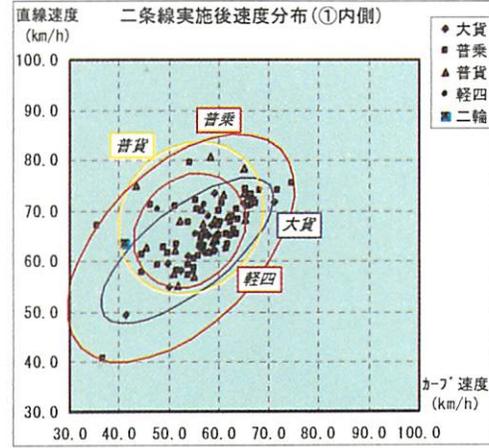


図 2. 1 2 二条線施工後

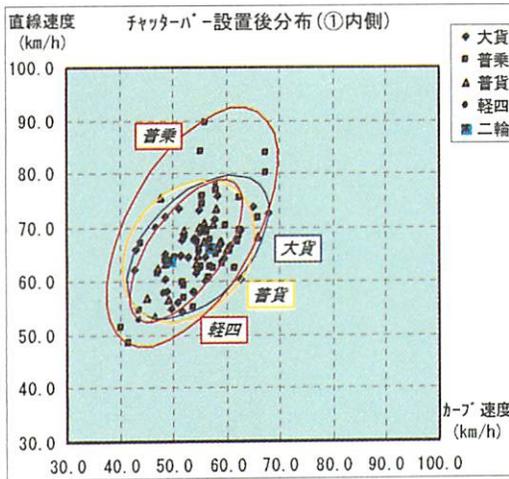


図 2. 1 3 車線分離紙設置後

イ 通過速度及び速度差

通過速度の速度差は、二条線施工後よりも分離紙施工後の方が大きく、二条線施工後 8.7 Kであったものが、分離紙施工後 11.3 Kとなっている。

90 Kを超える特別な車両を除けば、内側車線の方が速度のばらつきが大きい。

これは、外側車線は右カーブ、内側車線が左カーブであることを考えると左カーブの方がセンターラインから離れて走行するため、センターラインの影響を受け難いと言うドライバーの走行特性の現れとも推定される。

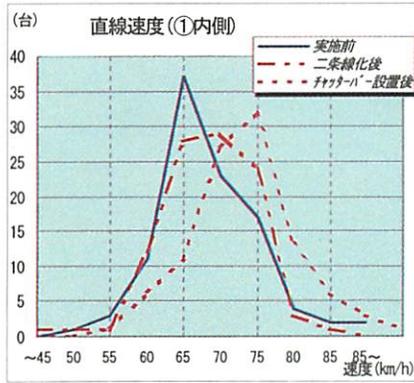


図 2. 14 直線速度 (内側)

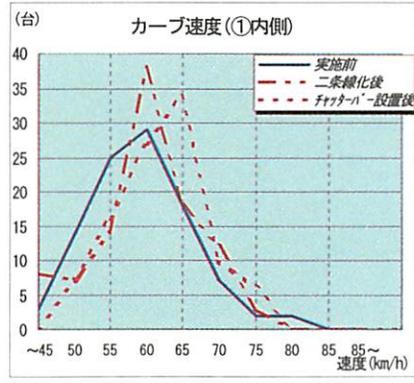


図 2. 15 カーブ速度 (内側)

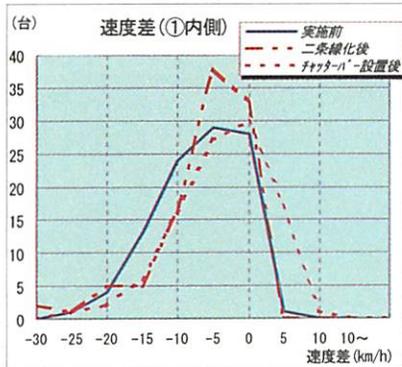


図 2. 16 速度差 (内側)

#### ウ 車両走行位置

走行位置の座標は、施工前のはみ禁ラインのセンターを基点とし、右タイヤの通過位置を示す。

全体として外側車線（右カーブ）はセンター寄りを、内側車線（左カーブ）は路側寄りを走行している。

内側車線（左カーブ）での走行位置の分布は、大型車に比べて普通車の方が極端に路側に集中している。

車線別の平均走行位置は、表 2. 5 とおりである。数値はセンターラインの中心を 0 とし、マイナスが大きいほど進行方向に向かって左側に寄っている。

外側車線では二条線施工後、車両がセンターラインから離れて走行するようになっているのに対し、内側車線でははっきりとした影響は現れなかった。

区分		(単位:cm)		
		施工前	二条線施工後	分離鉋設置後
外側車線	大型車	-41.1	-53.4	-67.6
	普通車	-68.4	-84.9	-71.2
内側車線	大型車	-93.5	-101	-77.3
	普通車	-125	-122	-115

表 2. 5 車線別の平均走行位置

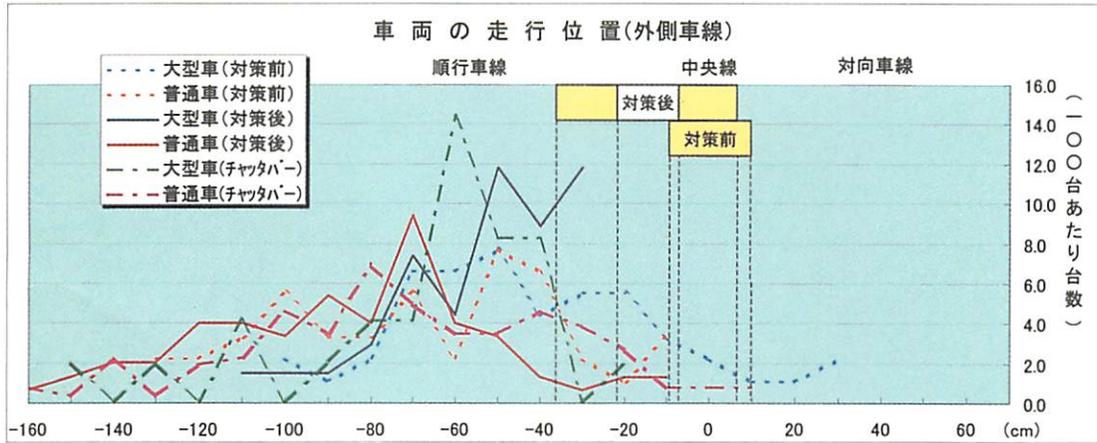


図 2. 17 車両の走行位置 (外側車線)

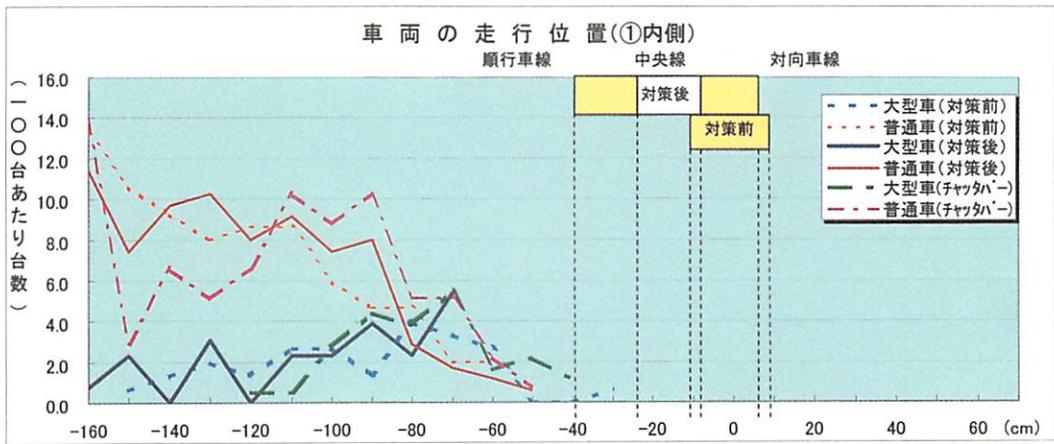


図 2. 18 車両の走行位置 (内側車線)

#### 4 第 2 調査地点の調査結果

石狩郡当別町字材木沢 K P 66.08~66.17

(曲線半径 90m・平坦・カーブ長 100m)

##### ○ 交通規制実施状況

はみ禁規制、速度規制 40 km/h (両方向)

##### ○ 調査日時

- 改良前～平成 12 年 7 月 7 日 (水・晴) 13:30～16:20
- 改良後～平成 12 年 8 月 24 日 (木・晴) 14:00～16:00

##### (1) 中央線の施工状況

図 2. 18 の施工前のはみ禁標示は、幅 20cm のワイド型標示である。  
両側に歩道が設置されている。

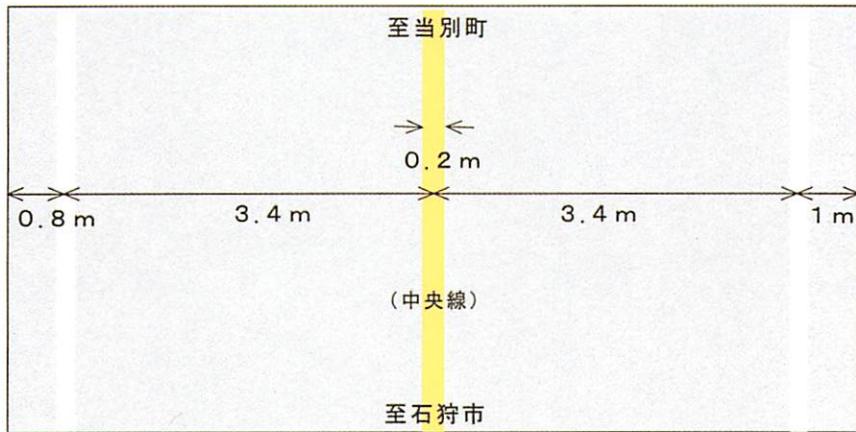


図 2. 19 二条線施工前

図 2. 19 の施行後のはみ禁標示は、カーブの中央部（約 30m）のを二条線を重複させ、幅 75cm にしている。

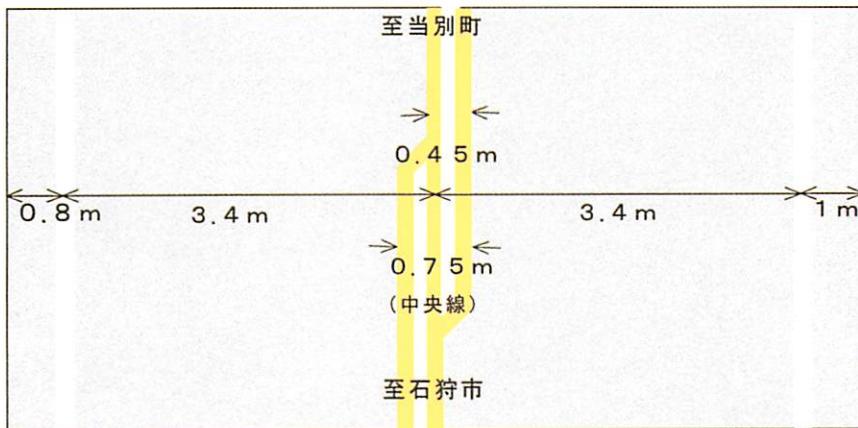


図 2. 20 二条線施工後

(2) 二条線施工前の現場写真

写真 2. 7、写真 2. 8 及び写真 2. 9 は、二条線施工前のカーブ手前から見た現場写真である。左側車道外側線の破線は、交差点部分のドット線である。



写真 2. 7 カーブ手前の状況（石狩⇒当別）



写真2. 8 カーブ手前の状況（当別⇒石狩）



写真2. 9 中央線の状況

### (3) 二条線施工後の現場写真

写真2. 10、写真2. 11及び写真2. 12は、二条線施工後の現場写真である。

増設する白線及び黄線は、カーブ中心位置を境としてカーブ進入口の左側に増設した。なお、櫛型の路面標示は、視認性を高めるための減速マークで、その長さはそれぞれ1mである。



写真2. 10 カーブ手前の状況（石狩⇒当別）



写真2. 1 1 カーブ手前の状況（当別⇒石狩）



写真2. 1 2 中央線の状況

#### （4）通過速度

##### ア 外側車線（当別⇒石狩）

表2. 6は、外側車線の通過速度を直線及びカーブについて、対策実施前と二条線対策実施後における車種別の走行速度の平均、最低及び最高と、それぞれの速度差である。

実施前の走行速度を全体の平均値で見ると、直線速度はカーブ速度より10~11K減速している。また、実施前と実施後で見ると直線が変化が少ないのに対し、実施後のカーブにおいてはかなりの減速効果が見られる。

外側車線

区分		直線			カーブ			速度差		
		平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高
施工前	全体	63.8	57.8	69.8	53.5	47.6	59.4	-10.3	-15.1	-5.5
	大貨	62.7	57.3	68.1	52.0	45.8	58.3	-10.7	-15.3	-6.0
	普乗	64.5	59.0	69.9	55.0	49.9	60.1	-9.5	-14.8	-4.2
	普貨	62.8	55.8	69.8	52.0	45.9	58.1	-10.8	-15.4	-6.2
	軽	65.5	59.1	71.9	54.4	48.1	60.6	-11.1	-15.1	-7.1
二条線 施工後	全体	64.9	57.4	72.3	52.7	46.9	58.6	-12.1	-19.2	-5.1
	大貨	62.3	56.2	68.5	50.4	44.9	55.9	-11.9	-18.1	-5.7
	普乗	65.0	57.2	72.9	52.3	46.8	57.8	-12.7	-20.7	-4.8
	普貨	66.2	58.4	73.9	56.0	49.0	63.0	-10.2	-14.5	-5.8
	軽	66.5	59.5	73.6	53.6	47.9	59.2	-13.0	-18.5	-7.4

表 2. 6 外側車線通過速度一覧（当別⇒石狩）

内側車線

区分		直線			カーブ			速度差		
		平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高
施工前	全体	67.8	58.6	77.1	52.8	46.2	59.5	-15.0	-23.9	-6.1
	大貨	67.7	60.1	75.2	53.6	46.3	60.8	-14.1	-21.2	-7.0
	普乗	70.4	59.9	81.0	53.8	46.8	60.9	-16.6	-27.0	-6.2
	普貨	64.5	57.9	71.0	51.1	45.5	56.7	-13.4	-20.4	-6.4
	軽	66.4	58.6	74.2	51.7	45.8	57.7	-14.7	-22.1	-7.2
二条線 施工後	全体	66.6	59.9	73.3	57.0	51.2	62.8	-9.6	-16.0	-3.3
	大貨	60.8	55.2	66.4	55.6	49.3	61.9	-5.3	-8.8	-1.8
	普乗	69.6	63.4	75.9	58.1	52.0	64.2	-11.5	-18.1	-4.9
	普貨	63.8	56.9	70.8	55.3	50.1	60.5	-8.5	-14.8	-2.2
	軽	65.7	62.4	69.0	57.0	51.8	62.1	-8.7	-14.2	-3.2

表 2. 7 内側車線通過速度一覧（石狩⇒当別）

(5) 外側車線の速度分布

ア 速度分布

全体の走行速度の平均値では、直線からカーブに移行する段階でいずれも 10 K前後減速している。

平均速度自体は、二条線施工後の方が全体的に速度は高くなっている。

速度分布図でみると二条線施工後の方が、低速走行車両が減少しており、平均値を上げる結果となっている。

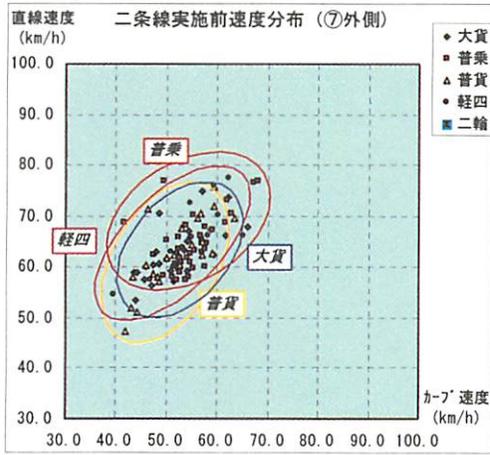


図 2. 2 1 二条線施工前

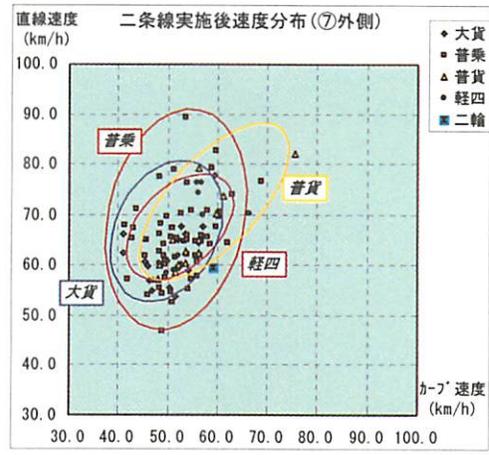


図 2. 2 2 二条線施工後

イ 通過速度及び速度差

通過速度の速度差は、施工前が約 10 K であるのに対し、二条線施工後は 7~8 Kにとどまっている。

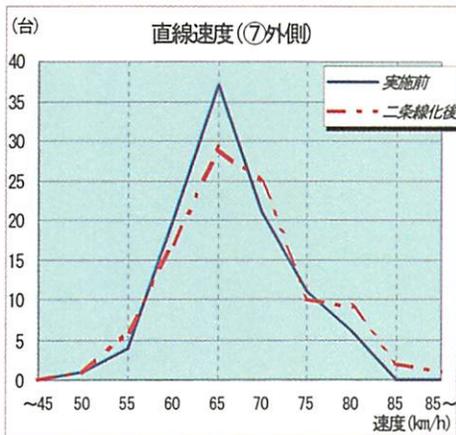


図 2. 2 3 カーブ速度 (外側)

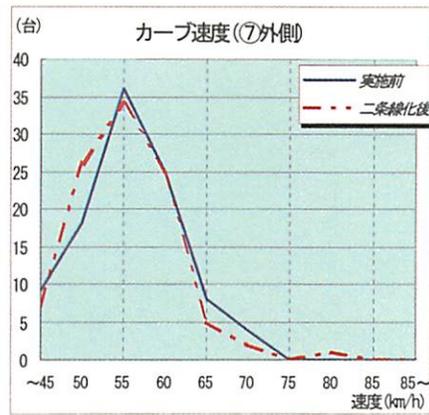


図 2. 2 4 直線速度 (外側)

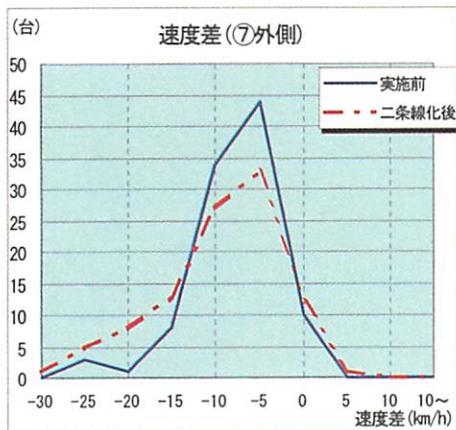


図 2. 2 5 速度差 (外側)

(6) 内側車線の速度分布

ア 速度分布

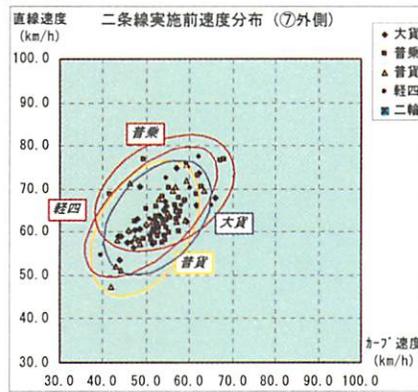


図 2. 26 二条線施工前

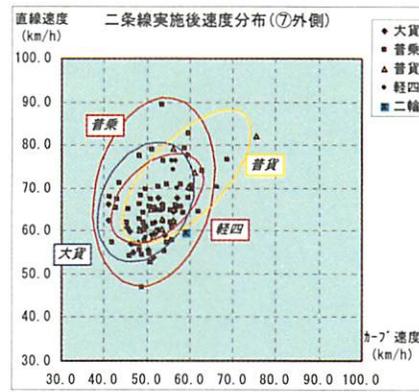


図 2. 27 二条線施工後

イ 通過速度及び速度差

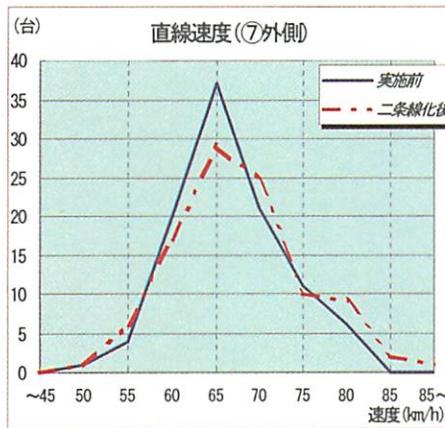


図 2. 28 直線速度 (内側)

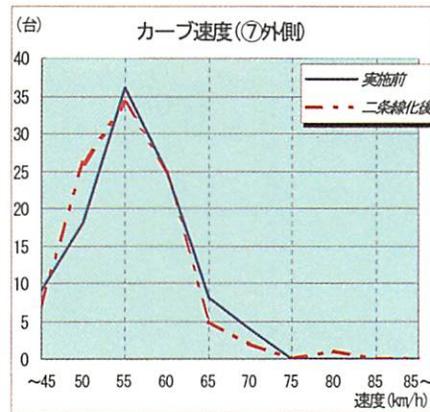


図 2. 29 カーブ速度

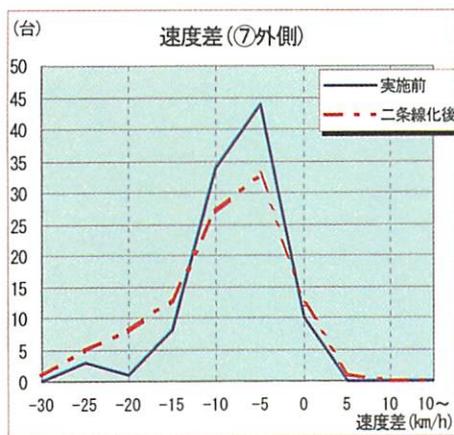


図 2. 30 速度差 (内側)

ウ 車両の走行位置

車両の走行位置の分布は、外側車線（右カーブ）はセンターライン寄りを、内側車線（左カーブ）は路側寄りを走行している。

内側車線の走行位置を車種別に比較してみると、大型車、普通車とも路側に寄っており、第一調査地点で観測されたような車種による分布の違いは見られなかった。

表2. 8は、車線別の平均走行位置を示したもので、数値はセンターラインの中心を0（ゼロ）とし、マイナスの大きいほど進行方向に向かって左側に寄って走行していることを示したものである。二条線施工前後の走行位置の変化は、外側車線では施工後にセンターラインから離れて走行しているのに対し、内側車線では大きな変化が見られない。

(単位:cm)

区分		施工前	二条線施工後
外側車線	大型車	-13.4	-29.4
	普通車	-39.7	-51.4
内側車線	大型車	-137	-136.4
	普通車	-149.5	-146.1

表2. 8 車線別の平均走行位置

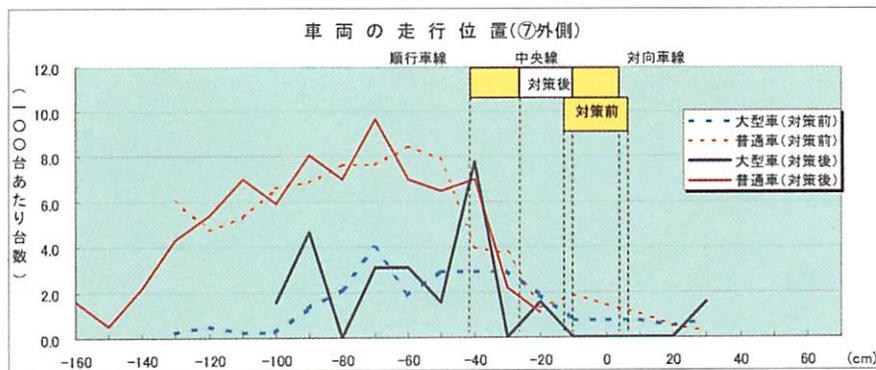


図2. 3 1 車両走行位置（外側車線）

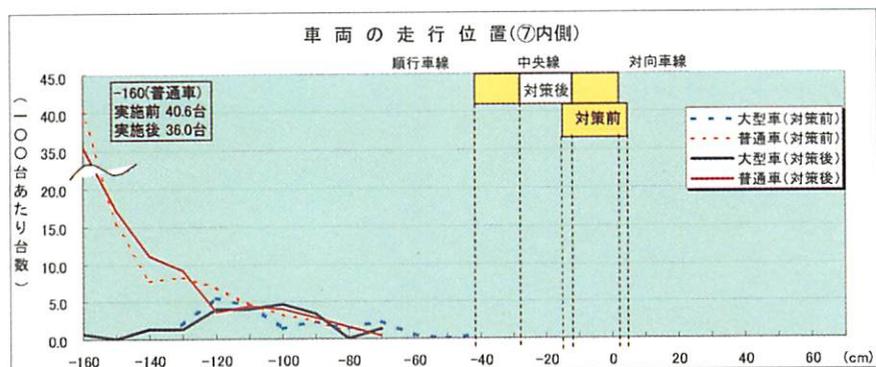


図2. 3 2 車両の走行位置（内側車線）

## 5 二条線調査結果のまとめ

二条線の標示幅は45cmであり、一般的なはみ禁標示に比べて25cmも広いことから、走行中の車両が狭隘感を受けて速度を低下させたり、センターラインから離れて走行することが期待されたが、車種や観測地点の違いにより結果にばらつきが見られた。

全体的な傾向としては直線からカーブに入る時、約10Kの速度低下があり、実施前、二条線施工後、分離錐設置後の3者の比較では、分離錐施工後の速度低下が最も大きかった。

外側車線、内側車線の比較では、走行速度、走行位置の分布のいずれも外側車線の方が影響を受けて速度低下や走行軌跡の移動が見られる傾向にあったが、車がカーブを走行する時、出来るだけカーブの内側に沿って走ろうとする性質に由来するもので、外側車線は右カーブの内側であるセンターラインが影響しやすいようである。

## 6 角型リブ式高輝度標示と高輝度外側線の設置効果

### (1) 調査の概要

カーブ区間におけるはみ禁標示と車道外側線との組合せによる運転者の視覚に焦点をあて、カーブの手前及びカーブ通過後における速度の変化を測定し、その効果を確認することとした。この調査は、前述の二条線による車両の走行特性との関連から、車道外側線の視認性を向上させることによる車両の減速効果等を検証することを目的とした。

### (2) 調査の方法

一般国道274号、夕張郡由仁町字東三川のはみ禁区間1,100mのほぼ中央部の曲線半径100mのカーブを対象に、15cm幅のはみ禁標示を高輝度標示(20cm幅)とし、車道外側線(15cm幅)も高輝度とする対策を併せて実施し、カーブの前後に光電管式速度測定装置を設置して単独走行車両の中から無作為に抽出し、対策実施前後における速度を測定した。

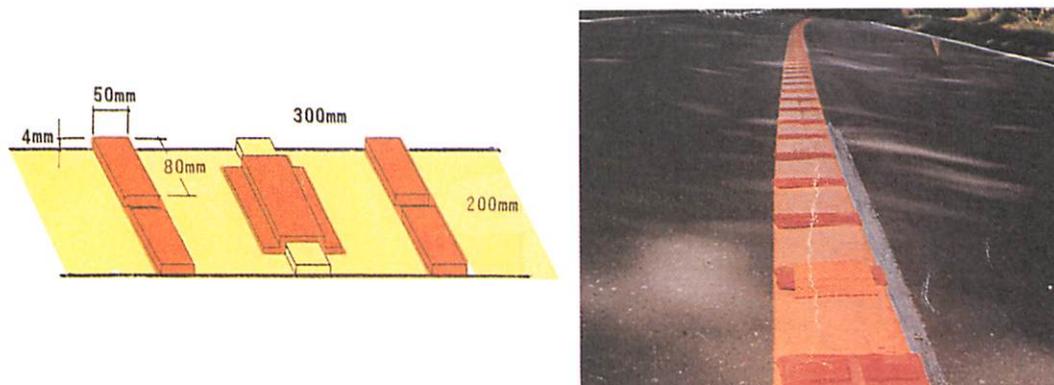


図2.33 高輝度標示材

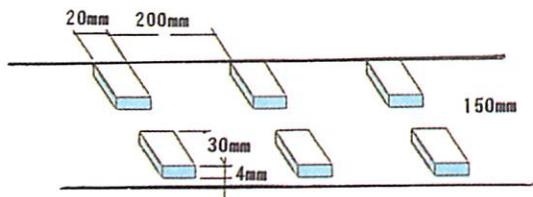


図 2. 3 4 高輝度車道外側線

(3) 速度測定結果

カーブ手前の平均速度は、対策実施前の 68.6 K から 70.6 K へと速度の上昇が見られたが、カーブ通過後は対策実施前の 70.3 K から 65.3 K と速度が減少している。また、対策実施前は、80 K を超える速度で走行した車両のみが、カーブ通過後速度は減少していたが、対策実施後はすべての速度範囲で減少傾向が見られる。

		単位(Km/h)			
		対策実施前		対策実施後	
		カーブ手前	カーブ通過後	カーブ手前	カーブ通過後
		51	69	57	54
		52	71	57	73
		52	71	59	71
		53	89	59	58
		54	69	60	54
		58	74	61	64
		64	69	62	62
		65	65	63	61
		66	69	63	60
		67	70	64	54
		67	71	64	63
		70	67	66	86
		70	74	67	61
		71	77	67	56
		73	86	69	67
		74	74	70	62
		75	86	70	45
		75	75	73	72
		76	88	78	56
		78	81	81	65
		80	86	87	80
		83	70	94	81
		85	70	96	94
		87	81	101	67
平均速度		68.58	75.08	70.33	65.25
カーブ前後の平均速度差			6.50		-5.08

表 2. 9 カーブ実験速度測定結果

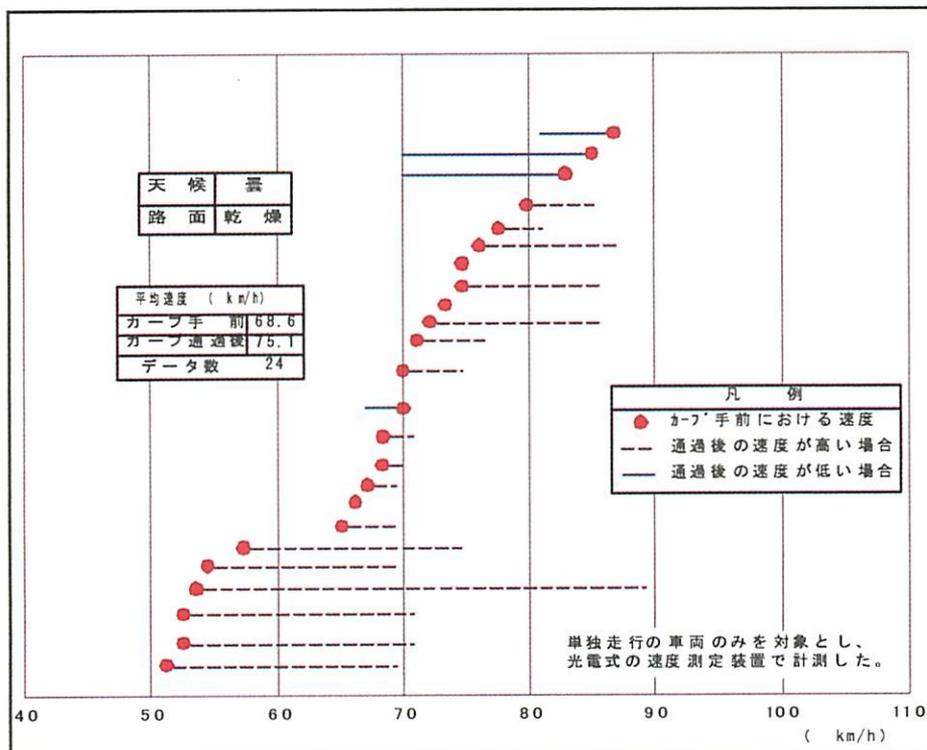


図 2. 3 5 減速効果 (対策実施前)

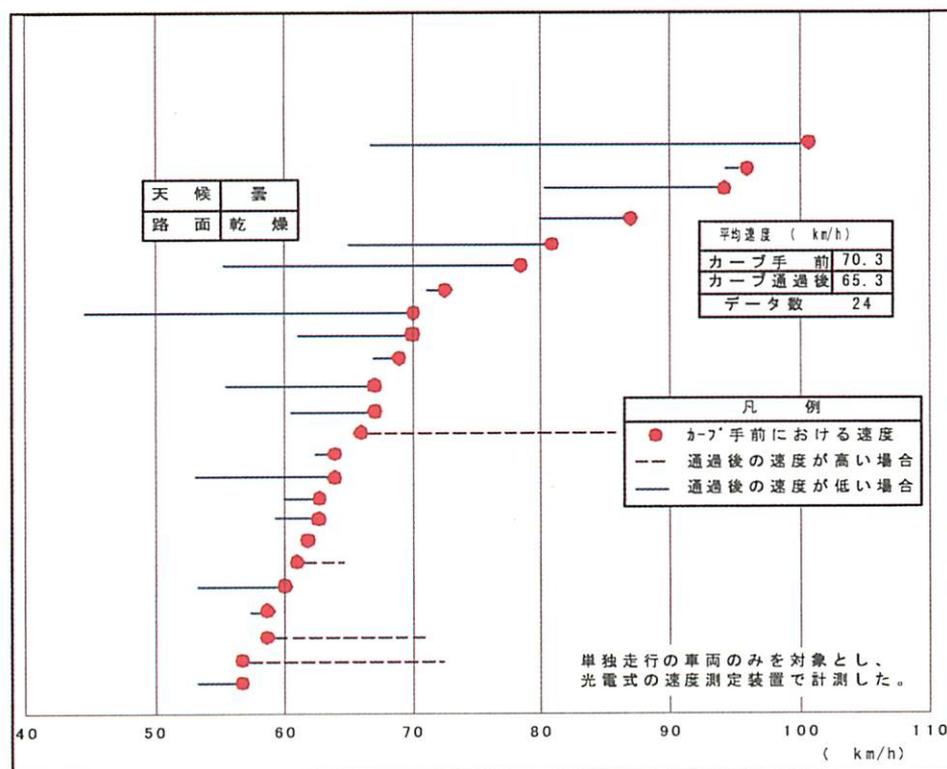


図 2. 3 6 減速効果 (対策実施後)

(4) 交通事故発生状況

対策を実施した平成8年6月13日前の6箇月間の交通事故は、発生3件、死者1名、負傷者3名であったが、対策実施後の6箇月間はゼロであった。

その後においても、平成9年から同12年末までの交通事故の発生がゼロであった。

(5) 考察

カーブのはみ禁高輝度標示と車道外側線の高輝度を組合せて実施することによる速度抑制効果が顕著に現れているが、走行車線の両側から圧迫感を与えることが出来るためと推定される。また、はみ禁標示だけでなく車道外側線上を走行すると突起部の振動が運転者に伝わることによる注意喚起の影響も大きいものと思われる。

従って、非分離二車線のカーブ対策としては、公安委員会のはみ禁標示の二条線化、ワイド化、高輝度化だけでなく、道路管理者の車道外側線の高輝度化対策と連携した対策が極めて重要と考えられる。

なお、幹線道路における交差点の存在を明確にし、従道路から幹線道路の交差点に進入する車両の安全確認等を徹底する効果の大きい交差点内の「ドット線」(白色溶着・幅30cm×長さ50cm)は、郊外部カーブの取付け道路にも整備されるようになり、視線誘導と減速効果に大きく寄与している。



写真2. 13 カーブにおけるドット線の設置状況

### 第3 夜間における区画線の視認効果について

#### 1 実験の概要

区画線は、昼夜とも見やすく分りやすい性能が求められ、特に、夜間における視認距離の長短が重要な要素となり、区画線の性能に加えて運転者の視機能が大きく影響する。夜間雨天時における区画線の視認性に与える影響として、降雨強度、区画線の形状、散布ビーズの反射特性、環境光、ヘッドライトなどがあるが、光の再帰反射量が運転者の視認距離にどの程度影響するのかは未知と言えた。

一方、区画線の視認性の評価として区画線の見やすさの主観的な評価によって区画線の明るさを知ることができるが、明るさの差を視認距離等の定量的な評価に転換できない問題点が残る。

区画線や道路標識の識別にはコントラストが大きく関係しており、高齢者は他の年齢層に比べ特にコントラストを必要としていた。よって、コントラストや色彩を考慮することにより高齢者にとって識別しやすいものにでき、運転者のコントラスト感度や有効視野は、運転にとって重要なファクターとなっていると言える。

しかし、運転者の視機能を高齢者と若年者とする定性的な分類が多いのに対して、視機能の低下が視認距離に与える影響を定量的に検討した研究例は少ない。

そこで、本研究では、実際に運転している運転者の判定による区画線の視認距離を測定し、運転者の視機能、区画線、路面が視認距離に与える影響を検討することとした。また、区画線のコントラストが区画線の視認性に与える影響を分析し、必要な視認距離となる区画線のコントラストを求める手法を運転者の視機能を含めて検討することとした。

#### 2 区画線の視認距離測定実験

##### (1) テストコース

視認距離測定実験は、北海道開発局開発土木研究所所有の江別テストコース(全長約1 Km、幅員3.5m、往復2車線、直線)で実施した。

視認距離測定は、簡易的であるが直接的な手法を用いた。

測定路面は、乾燥と湿潤とし、湿潤路面は、乾燥路面に散水することから再現した。図3. 1は、テストコースにおける区画線の配置図であり、各々の区画線の延長は45m(5m間隔)である。

区画線は、1996年10月9日に施工した。

##### (2) 区画線の種類

視認距離は、3種類の区画線について測定した。

- 溶融式ライン：一般的に供用されている区画線であり、セラミックスを用いて測定した反射輝度は、およそ500mcd/m<sup>2</sup>/lxであった。
- 溶融式50%剥離ライン：図2. 2と図2. 3に示すように溶融式ラインを20等分した50cm×7.5cm(5m区画線の5%の面積)の50%をマスキングすることで剥離を再現した。

- 溶融式 75%剥離ライン：上記と同様に 75%をマスキングすることで剥離を再現した。



写真 3. 1 テストコース全景

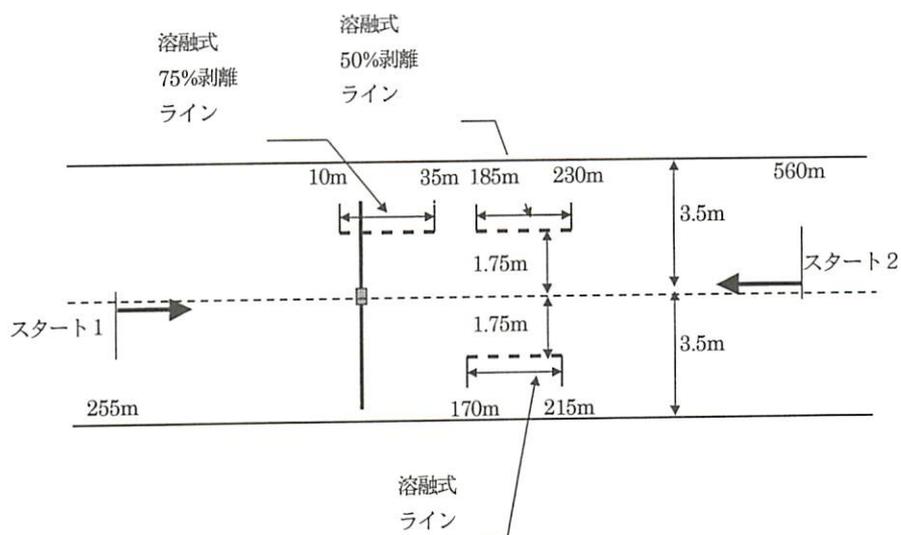


図 3. 1 テストコースの外観と 3 種類の区画線

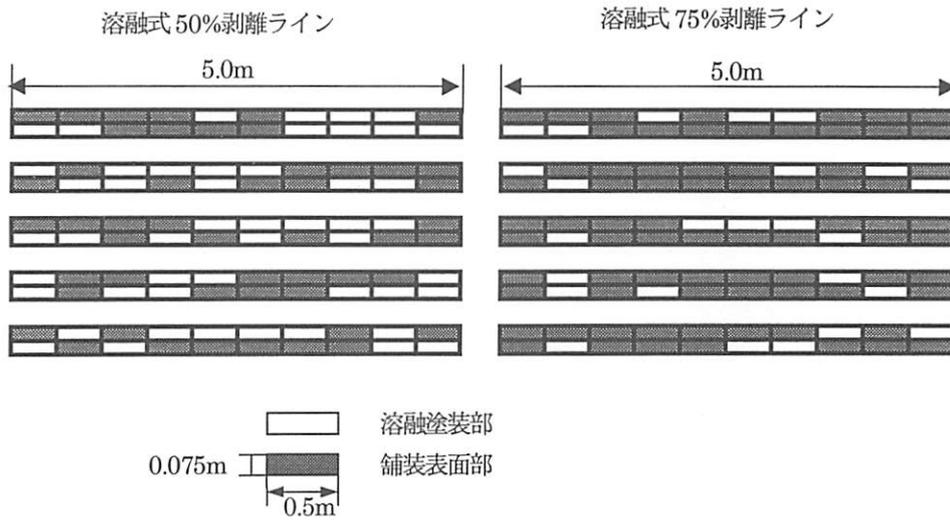


図 3. 2 溶融式 50%剥離ラインと 75%剥離ラインの剥離表現

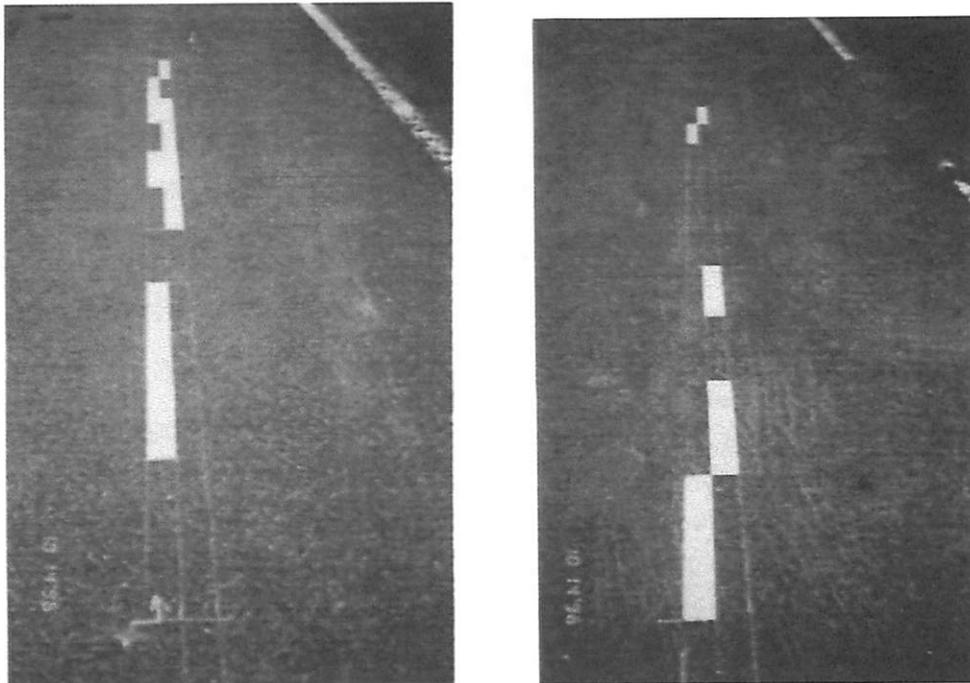


写真 3. 2 溶融式 50%ラインと溶融式 75%ラインの写真

### (3) 被験者とコントラスト感度

被験者は、21～23歳の若年者10名とシルバー人材センター登録の63～71歳の高齢者10名、合計20名で、全員が運転免許保有者であり、視機能による制限は、特に設けなかった。運転者の視機能の中でコントラスト感度（明るい部分と暗い部分の明度差が少ない模様に対する識別能力である。）が、区画線の視認距離に最も影響することが予想される。

本研究では、コントラストチャート（Vistec:VCTS 6500）を用いて全被験者のコントラスト感度を測定した。

図3.3は、コントラストチャートである。被験者は3m離れた地点からチャートに示された指標の縞の方向を答える。

図3.4は、被験者の回答用紙である。（）内の数値は空間周波数を、表内のU・L・Rは縞の方向を、そして方向の下の数値はコントラストの逆数を示している。空間周波数は、対象物体の視覚の逆数と定義されている。例えば、0.5度の視覚を持った物体の空間周波数は2(c/d)となる。チャートの指標は、右に進むにつれてコントラストが減少し、下に向かって空間周波数が高くなる。

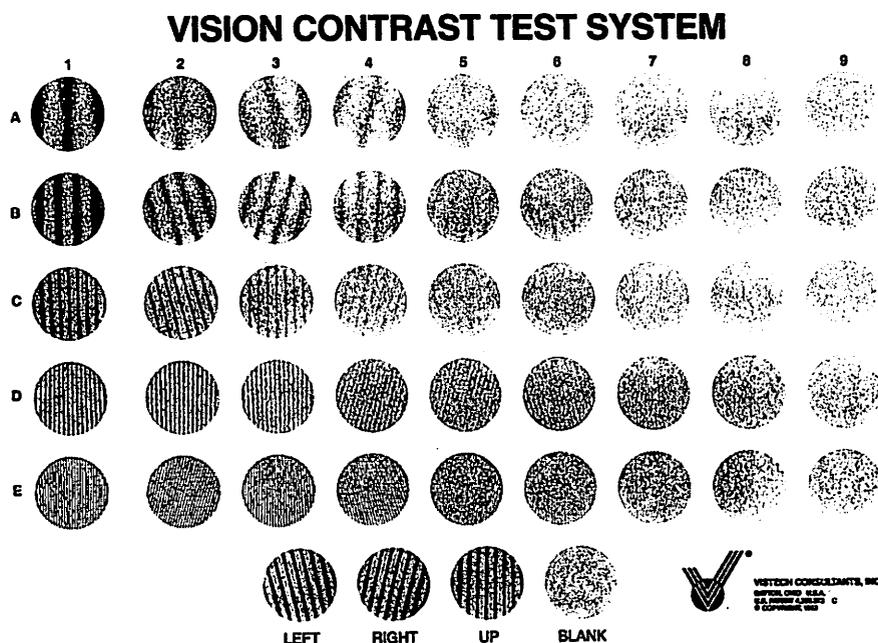


図3.3 コントラストチャート（Vistec:VCTS 6500）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A (1.5)	U 3	R 7	R 12	U 20	L 35	U 70	R 120	L 170	B
B (3)	U 4	R 9	L 15	L 24	U 44	R 85	L 170	R 220	B
C (6)	U 5	L 11	U 21	U 45	R 70	L 125	R 185	U 260	B
D (12)	U 5	L 8	L 15	R 32	U 55	U 88	L 125	U 170	B
E (18)	U 4	U 7	R 10	U 15	L 26	U 40	R 65	U 90	B

図 3. 4 コントラスト回答用紙

表 3. 1 は、各々の被験者のコントラスト感度測定結果であり、コントラスト感度は、左眼あるいは右眼の感度が高かった方の値である。測定結果はコントラストの逆数となっており、数値が大きくなるとコントラスト感度が高いことを示している。

高齢者の中にコントラスト感度が非常に高い被験者が 1 名おり、若年者・高齢者の分類とコントラスト感度の高低が一致していない。そこで、コントラスト感度の合計値から上位 10 名を「高コントラスト感度グループ」、下位 10 名を「低コントラスト感度グループ」に区分した。その結果表 3. 1 の黄色部分に示すように、高コントラスト感度グループは、若年者 6 名と高齢者 4 名による構成となった。

図 3. 5 は、横軸を空間周波数、縦軸をコントラスト感度とし、高齢者と若年者の平均値を示した結果である。低い周波数においては、高齢者と若年者との差は小さく 3(c/d) のときは、コントラスト逆数は両者ともおよそ 80 であった。

高い周波数において高齢者は、若年者よりかなり低くなっていた。例えば、12(c/d) のとき若年者のコントラスト逆数 55 に対して、高齢者は 32 であった。また、図 3. 5 の下に示す横軸は、空間周波数を区画線の視認位置（視認距離）に換算した数値である。60m より遠方で高齢者と若年者のコントラスト感度の違いは大きい、20m から 40m 付近におけるコントラスト感度について両者の差は小さかった。

一方、高コントラストと低コントラストに分類すると何れの空間周波数においても両者の差はほぼ同じとなり、高コントラスト被験者のコントラスト逆数は、低コントラストのその 2 倍となっていた。

被験者	年齢・性別	視力 (右/左)	空間周波数別コントラスト感度(コントラストの逆数)					逆数の合計 (c/d)
			1.5(c/d)	3(c/d)	6(c/d)	12(c/d)	18(c/d)	
若年①	23・男	1.2/1.2	70	85	125	88	26	394
若年②	23・男	1.5/1.5	70	85	125	88	40	408
若年③	23・男	1.0/1.0	35	85	70	55	10	255
若年④	23・男	0.8/1.0	35	85	70	55	10	255
若年⑤	23・男	1.0/1.0	70	85	70	55	15	296
若年⑥	22・男	1.0/1.0	35	44	45	55	26	206
若年⑦	22・女	1.0/1.2	35	85	70	15	7	212
若年⑧	21・男	1.0/1.2	35	85	45	55	26	246
若年⑨	23・男	1.0/1.2	35	85	70	32	10	232
若年⑩	21・男	0.8/1.0	35	85	45	15	10	190
平均	22.4	1.0/1.1	45.5	80.9	73.5	51.3	18	269.2
標準偏差			16.9	13.0	29.4	25.3	10.9	

被験者	年齢・性別	視力 (右/左)	空間周波数別コントラスト感度(コントラストの逆数)					逆数の合計 (c/d)
			1.5(c/d)	3(c/d)	6(c/d)	12(c/d)	18(c/d)	
高齢①	71・男	1.2/1.2	70	85	70	15	7	247
高齢②	70・男	0.6/0.6	35	44	11	0	0	90
高齢③	62・男	1.2/1.2	35	85	125	55	15	316
高齢④	62・男	1.0/1.2	35	44	45	32	10	166
高齢⑤	66・男	1.2/1.2	35	85	70	32	15	237
高齢⑥	65・男	1.0/1.0	35	44	21	5	0	106
高齢⑦	63・女	0.8/0.8	35	44	45	15	7	146
高齢⑧	66・男	1.1/1.1	120	220	70	88	4	502
高齢⑨	66・男	1.0/1.0	35	44	70	55	15	219
高齢⑩	65・男	1.0/1.2	35	85	45	8	0	173
平均	22.4	1.0/1.1	47	78	57.2	30.5	7.3	220
標準偏差	65.6		27.9	53.9	31.9	28.0	6.3	

(注) 黄色部分の被験者は、高コントラストグループ

表3. 1 被験者の属性とコントラスト感度

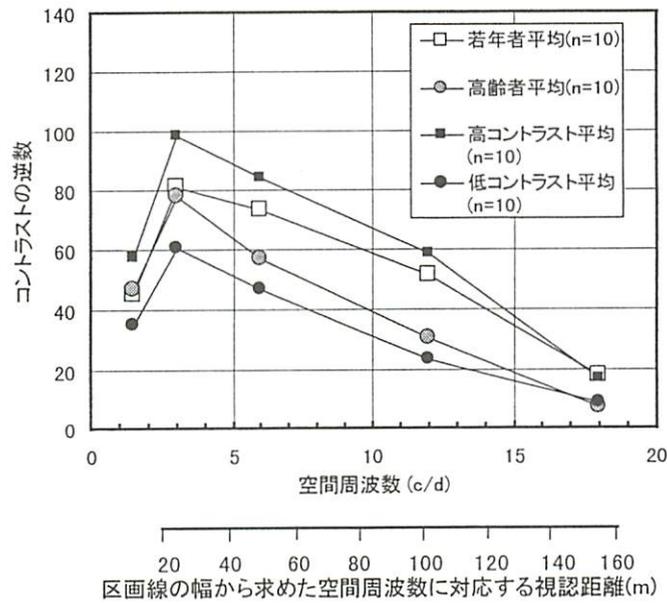


図3. 5 高齢者と若年者の空間周波数別コントラスト感度

#### (4) 実験車

実験車には、昭和60年式・箱型セダン（2000cc）で、フロントガラス透過率は80%であった。

被験者はフロントガラスを通過した区画線の反射光を見ており、区画線の先端を見つけるとき区画線の輝度は非常に小さく、フロントガラスの透過率が視認距離に与える影響は大きい。

図3.6は、走行ビーム時の路面照度分布である。図中の波線は、観測した区画線の位置を示している。

#### (5) 輝度測定

輝度測定は、P richard PR-880Aを用い、区画線のコントラストを求めることを目的として行った。輝度計は、運転者の眼と同じ位置に設置して測定した。

測定対象は、溶融塗装ラインとその左側の路面とし、測定距離は、被験者の位置から10m・20m・30m・40m・50mとした。

輝度計の測定視野角は、1/4 (degree) とした。

50m地点の区画線は、輝度計の測定範囲より若干小さくなっていった。

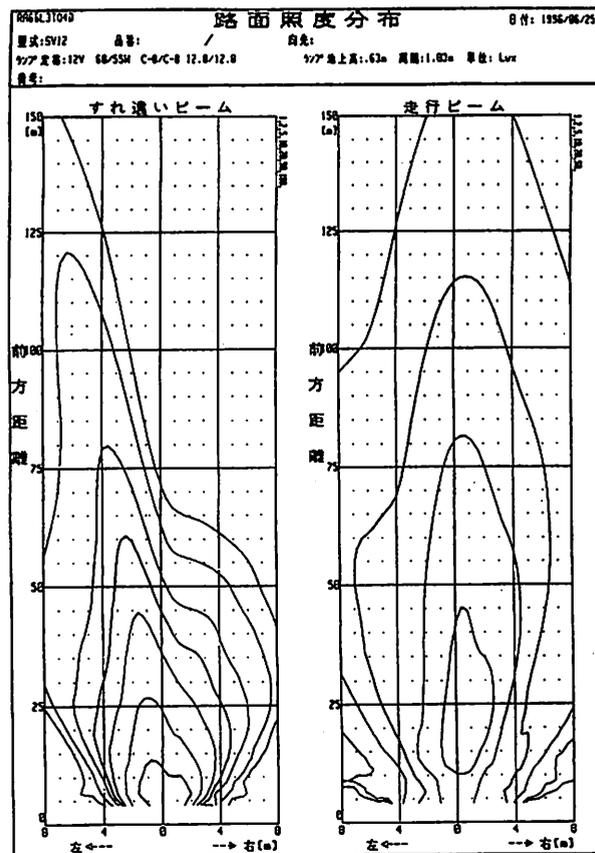


図3.6 実験車の前照灯により照射された路面照度分布（資料提供：(株)小糸製作所）

#### (6) 視認距離の測定

測定実験は、1996年10月14日～24日の午後6時～午後11時に実施し、1日当たりの被験者数は平均3名であった。

被験者は図3.1に示す2つのスタート地点からランダムに決められた地点まで実験車を運転し、自分の体がスタートラインと一致する地点で停車する。

距離測定装置の準備完了後、被験者は実験車を走らせる。区画線を発見してからボタンを押すまでの反応時間が視認距離に与える影響を小さくするため、走行速度は約20Kとし、ヘッドライトは常にすれ違いビームとした。

被験者は区画線の先端を発見した瞬間にボタンを押し、同時に発見したことを同乗しているスタッフに報告する。実験車は、スタートラインからの距離（後輪の回転数）を自動的に測定しており、被験者がボタンを押したときの距離を知ることができる。

被験者は、3本の区画線を1セットとし、乾燥路面で3セット、湿潤路面で3セットの実験を行った。

### 3 実験結果

#### (1) 測定視認距離の平均値・標準偏差と分散分析

3種類の区画線について測定した視認距離の平均値、標準偏差、最大値、最小値、測定回数は、表3.2のとおりである。

視認距離の平均値と標準偏差から、視認距離データの分布範囲と代表値を知ることができるが、区画線主間の視認距離差は自然なバラツキによるものなのか、区画線によるものかは判然としない。そこで年齢層・路面・区画線種及び繰返し数（1回、2回、3回）の主効果と交互作用の有無を分散分析から調べた。

4元配置法の繰返しのない場合と考え、統計解析ソフトであるSPSSを用いて計算（有意水準は5%）とした。

年齢、路面状態、区画線種の要因は、視認距離に有意な差があった。要因間に有意差があると判定されたのは、年齢と路面及び年齢と区画線種並びに路面と区画線種であった。路面に関する交互作用は、路面上の水膜の厚さが要因となっていた。また、年齢と区画線種の交互作用は、年齢がコントラスト感度を直接表現していないためであった。コントラスト感度別に被験者を分類分析した結果、コントラスト感度と区画線種の交互作用は有意とならなかった。

#### (2) 被験者の視機能と視認距離

図3.7と図3.8は、乾燥路面・湿潤路面別の箱ひげ図である。

区画線は溶解式ラインで、3回の繰返し測定がすべて含まれている。すべての場合で測定回数（N）が30とならないのは、測定装置の誤動作あるいは被験者の押し忘れによるものである。箱ひげ図とは、箱内の横線が中央値を表し、中央値から大小それぞれ全体の25%のデータが「箱」の部分となっており、箱の上端、下端は四分位点になる。また、箱の上下に伸びている線は「ひげ」であり、

それぞれ最大値・最小値を表している。ひげ図により測定値の中央値からの散らばりと測定値の範囲を視覚的に捉えることができる。

図中の左側2つの箱ひげは、被験者を若年者と高齢者に分類した場合である。

右側2つの箱は、被験者を高コントラストと低コントラストに分類した場合であり、コントラスト感度の方が年齢よりも視認距離を分類する感度が優れていることが、図3.7と図3.8から直感的に分かる。

路面乾燥のとき、年齢の分類による中央値の差は、6.7m であり、コントラスト分類は 22.5m で、湿潤路面のとき年齢では 3.6m であり、コントラスト感度では 11.5m であった。

区画線		乾燥路面		湿潤路面	
		若年者	高齢者	若年者	高齢者
溶融式 ライン	測定数	30	29	30	30
	平均	93.8	69.1	59.9	52.3
	標準偏差	26.2	16.1	16.4	9.1
	最大値	146.1	86.2	97.0	70.3
	最小値	59.4	38.8	31.5	33.6
溶融式 50%剥離 ライン	測定数	30	28	30	30
	平均	73.1	57.4	48.7	44.6
	標準偏差	17.2	11.4	10.1	7.1
	最大値	103.6	77.9	81.7	57.5
	最小値	40.4	36.8	37.3	34.6
溶融式 75%剥離 ライン	測定数	30	28	30	30
	平均	70.3	59.1	53.1	52.4
	標準偏差	9.6	13.7	8.2	10.1
	最大値	84.4	84.9	78.9	81.8
	最小値	51.5	31.2	43.0	35.3

(注)数値の単位は、メートルである。

表3.2 視認距離の平均値・標準偏差・最大値・最小値・測定回数

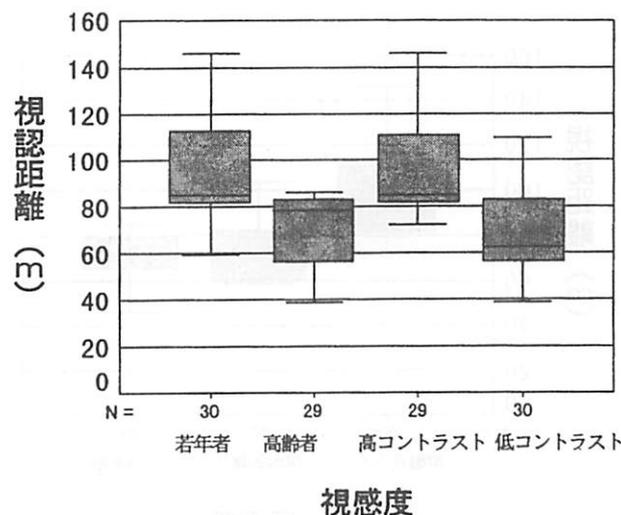


図3.7 年齢別とコントラスト感度別の視認距離箱ひげ図 (乾燥路面)

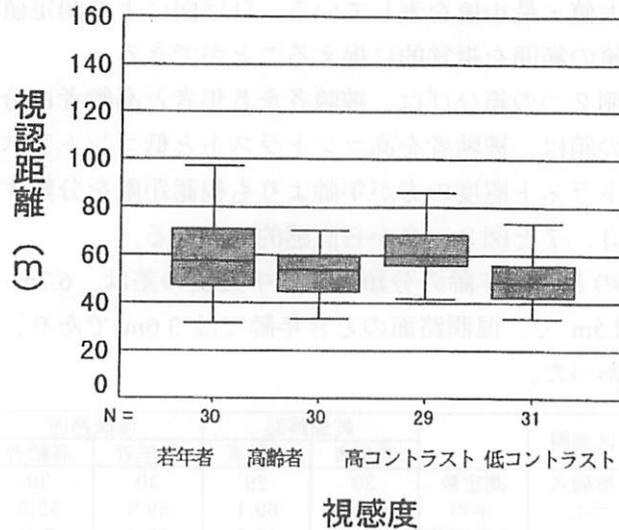


図3. 8 年齢別とコントラスト感度別の視認距離箱ひげ図 (湿潤路面)

### (3) 区画線の面積と視認距離

図3. 9 (乾燥路面) と図3. 10 (湿潤路面) は、高コントラスト感度グループによる区画線の面積と視認距離の関係を示した結果である。乾燥路面において区画線の剥離がないとき視認距離の中央値は 84.5m、50%剥離のとき 71.4m、75%のとき 73.2m となった。一方、湿潤路面において剥離がないとき視認距離の中央値は 60.1m、50%剥離のとき 47.8m、75%剥離のとき 56.1m となった。剥離することにより視認距離は、剥離がないときに比べて約 15%短くなっていた。また、50%剥離と 75%剥離では、75%剥離の視認距離が長くなっていた。この理由は、区画線の幅が両者とも 7.5cm の場合が多く、面積というより視野角 (大きさ) がほぼ同じになっていたためと考えられる。

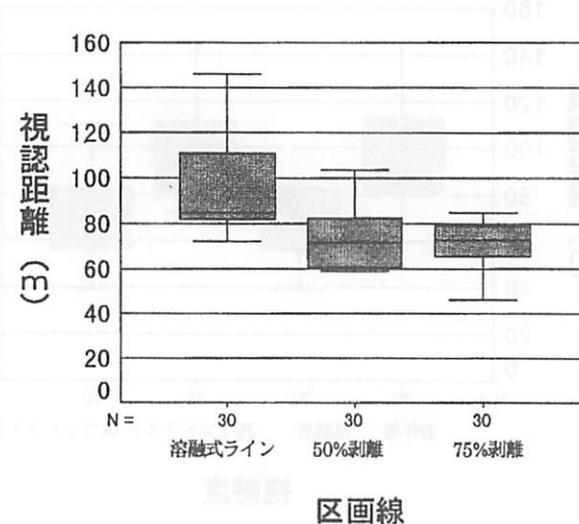


図3. 9 区画線の剥離別の視認距離箱ひげ図 (高コントラスト感度、乾燥路面)

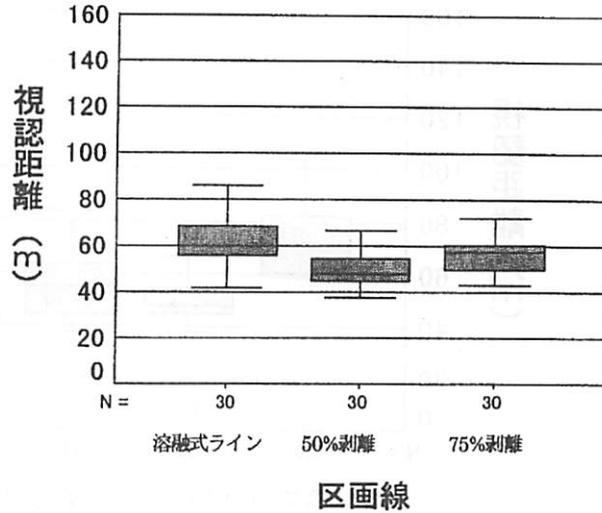


図3. 10 区画線の剥離別の視認距離箱ひげ図（高コントラスト感度、湿潤路面）

(4)路面状態と視認距離

図3. 11は、溶解式ラインにおける路面別及びコントラスト感度別による視認距離の箱ひげ図である。路面が湿潤になることで、高コントラスト感度グループにおいて中央値が24.7m短くなった。一方、低コントラストグループで13.7m短くなった。高コントラスト感度グループの湿潤路面と低コントラストグループの乾燥路面がほぼ同じような視認距離分布となった。

図3. 12は 50%剥離、図3. 13は 75%剥離における路面別コントラスト感度別の箱ひげ図である。

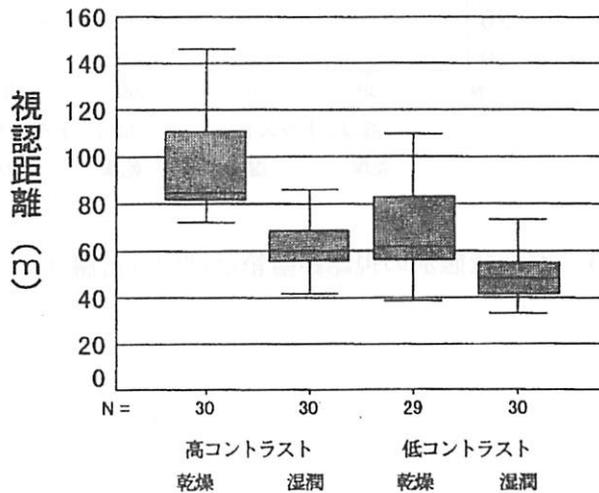


図3. 11 路面状態別の視認距離箱ひげ図（溶解式ライン）

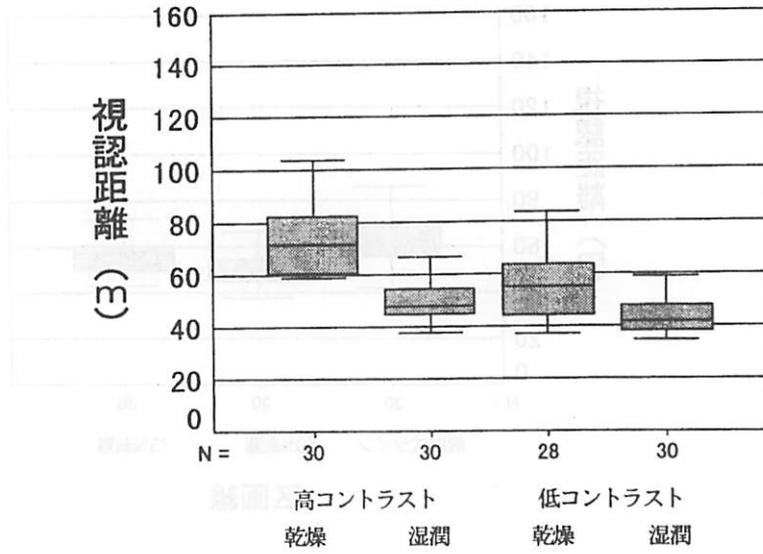


図3. 1 2 路面状態別の視認距離箱ひげ図（溶融式50%剥離ライン）

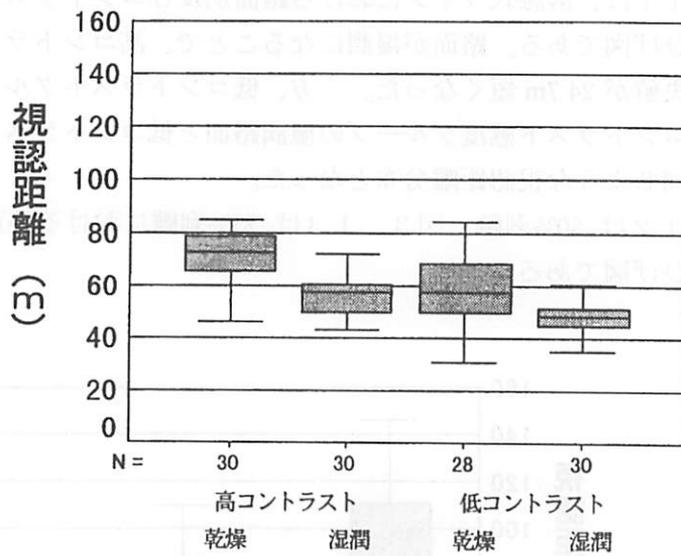


図3. 1 3 路面状態別の視認距離箱ひげ図（溶融式75%剥離ライン）

#### 4 被験者と輝度コントラスト

##### (1) 測定輝度

表 3. 3 は、乾燥路面と湿潤路面における溶融式ラインの輝度測定結果である。

乾燥路面における輝度は 1 回しか測定していない。測定時に測定を繰返したが、同じ値となっていた。他の輝度測定は、複数回測定した。乾燥路面における区画線と路面は、湿潤路面に比べて約 10 程度明るくなっていた。

視覚対象	測定距離 (m)	平均 (m)	分散 (m <sup>2</sup> )	測定回数 (回)
溶融式ライン (乾燥)	10	13.000	0.000	1
	20	6.580	0.000	1
	30	2.700	0.000	1
	40	1.430	0.000	1
	50	0.779	0.000	1
溶融式ライン (湿潤)	10	1.803	0.469	3
	20	0.834	0.357	3
	30	0.410	0.208	3
	40	0.272	0.071	2
乾燥路面	10	0.890	0.123	8
	20	0.440	0.091	8
	30	0.269	0.061	8
	40	0.155	0.037	4
	50	0.116	0.019	3
湿潤路面	10	0.054	0.017	10
	20	0.038	0.005	10
	30	0.035	0.004	10
	40	0.032	0.006	7

表 3. 3 区画線と路面の輝度 (乾燥路面、湿潤路面)

##### (2) 推定の輝度

表 3. 4 は、ヘッドライト照度 (すれ違いビーム)・区画線輝度 (溶融式ラインの乾燥・湿潤)・路面輝度 (乾燥・湿潤) の近似曲線と相関係数である。すべて指数関係で近似した。

		パラメータ		
		a	b	R <sup>2</sup>
ヘッドライト	照度分布	171.43	-0.0789	0.9994
区画線(乾燥)	輝度分布	25.965	-0.0716	0.9953
区画線(湿潤)	輝度分布	3.0896	-0.0658	0.77
乾燥路面	輝度分布	1.3664	-0.0533	0.9214
湿潤路面	輝度分布	0.0567	-0.016	0.4453

(注) 表中のパラメータ: 輝度 = a × exp(b)

表 3. 4 ヘッドライト照度推定曲線と区画線輝度・路面輝度の推定曲線

図3. 14は、乾燥路面における路面輝度及び区画線輝度の関係である。

距離が遠くなるに従って、直線的に輝度は減少し、区画線と路面輝度の差は小さくなっていった。

図3. 15は、湿潤路面における区画線輝度と路面輝度の関係である。

80m付近で路面輝度が区画線輝度より高くなり、その先では、区画線輝度が路面輝度より低くなるというより、区画線と路面の輝度が同じとなっていたと考えられ、区画線を発見することはできないであろう。

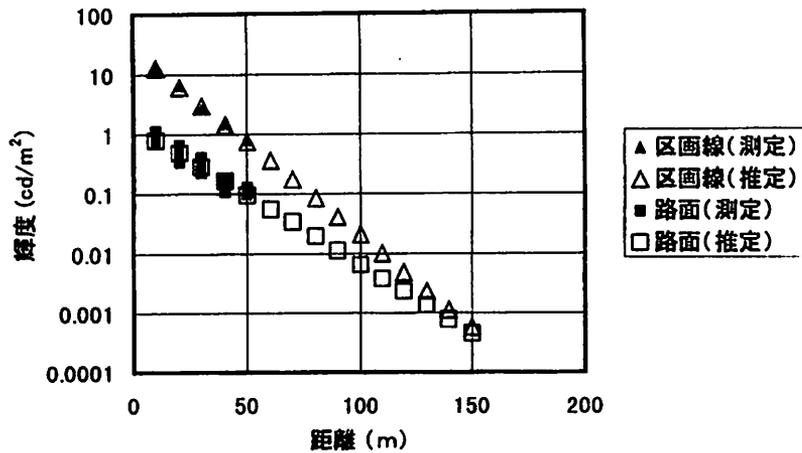


図3. 14 乾燥路面における区画線輝度と路面輝度

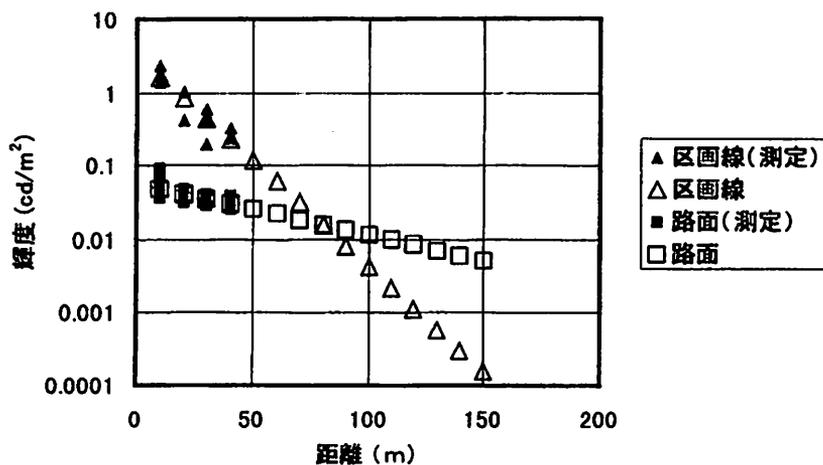


図3. 15 湿潤路面における区画線輝度と路面輝度

### (3)コントラスト

路面と区画線の輝度差から区画線のコントラストを求めた。

図3. 16は、溶解式ラインにおける乾燥路面の場合であり、図3. 17は湿潤路面の場合である。これらの図には、理想的な条件下で人間が視認することのできる最小限度のコントラストと定義できる「限界コントラスト」を示した。

限界コントラストは、理想的な条件下で人間が視認することのできる最小限のコントラストとして定義でき、視覚対象物の大きさ及び順応輝度から決まる。

本研究では、順応輝度を路面輝度、視覚対象物の大きさを区画線の幅（剥離がない場合 15cm、剥離の場合は 7.5cm）と考えて限界コントラストを求めた。

区画線を発見するとき、被験者は路面を捜索しているが、試験路の周囲はほぼ暗い。これらから、被験者が主に見ているのは路面であり、その輝度を順応輝度とした。また、限界コントラストは、100%視認率のときを想定した。

図3. 16から、乾燥路面のとき限界コントラストと交わる距離は約 110m となった。また、図2. 17から、湿潤路面のとき限界コントラストと交わる距離は 80m であり、交差した距離より遠い区画線は、発見することが難しくなる。

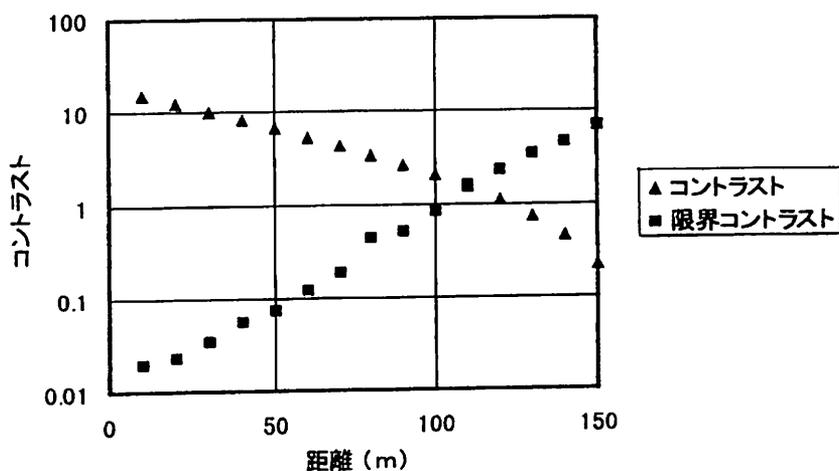


図3. 16 乾燥路面におけるコントラストと限界コントラスト

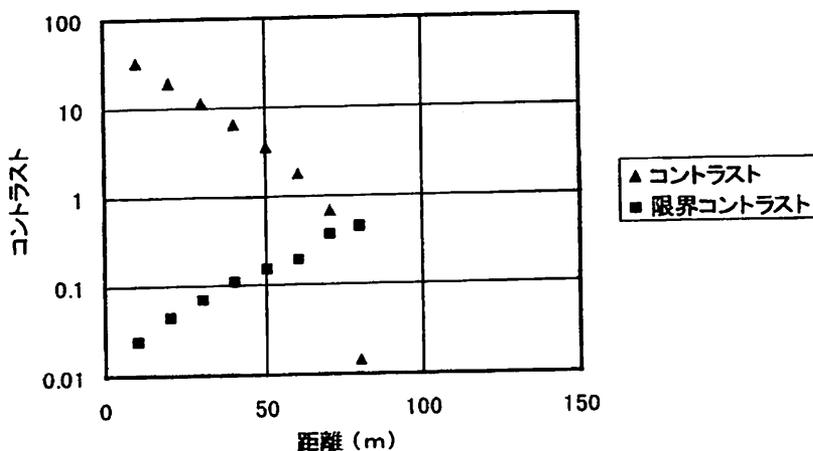


図3. 17 湿潤路面におけるコントラストと限界コントラスト

#### (4) 限界コントラストと視認距離

表3. 5は、被験者の感度別に分類したときの平均視認距離・コントラスト・限界コントラスト・測定コントラストと限界コントラストの比である。溶融式ラインにおいて高コントラスト被験者は、乾燥路面において平均視認距離は94.7mであり、このときの測定コントラスト（推定）は2.3であった。

湿潤路面において発見距離は61m、測定コントラストは1.6であった。路面状態に関係なく限界コントラストによる視認距離よりも、実際の測定距離はかなり短くなっていた。溶融式ラインにおいて測定されたコントラストと限界コントラストの比は、乾燥路面で3.6、湿潤路面で8.1となった。このようなコントラストの比はフィールドファクタと呼ばれ、実際の道路環境における運転者の視認性を検討するときの重要な指標となる。

表3. 5は、50%剥離ラインと75%剥離ラインも示されている。

3種類の区画線のコントラストと視認距離の比較から、高コントラスト感度の被験者でコントラスト比が約5、低コントラスト感度の被験者でコントラスト比が約20となることが分かった。

区画線	コントラスト感度	路面	平均視認距離(m)	区画線輝度推定(cd/m <sup>2</sup> )	路面輝度推定(cd/m <sup>2</sup> )	コントラスト	限界コントラスト	コントラスト比
溶融式ライ	高コントラスト	乾燥	95	0.029	0.009	2.340	0.655	3.6
	高コントラスト	湿潤	61	0.056	0.021	1.612	0.199	8.1
	低コントラスト	乾燥	68	0.199	0.036	4.475	0.180	24.9
	低コントラスト	湿潤	51	0.108	0.025	3.298	0.160	20.6
50%剥離	高コントラスト	乾燥	74	0.130	0.026	3.906	0.710	5.5
	高コントラスト	湿潤	50	0.115	0.025	3.518	0.400	8.8
	高コントラスト	乾燥	57	0.438	0.065	5.696	0.260	21.9
	高コントラスト	湿潤	43	0.182	0.028	5.402	0.320	16.9
75%剥離	高コントラスト	乾燥	70	0.173	0.033	4.278	0.513	8.3
	高コントラスト	湿潤	57	0.073	0.023	2.188	0.480	4.6
	低コントラスト	乾燥	59	0.380	0.059	5.455	0.300	18.2
	低コントラスト	湿潤	49	0.123	0.026	3.748	0.390	9.6

表3. 5 区画線輝度・路面輝度・区画線の輝度コントラスト・限界コントラスト及びコントラスト比の関係

#### (5) コントラスト限度と視認距離

コントラスト限度が、視認距離に及ぼす影響について測定コントラストと限界コントラスト比から検討する。表3. 1及び図3. 5から、高コントラストの被験者間におけるコントラスト感度比は、総合値でほぼ2倍になっている。

前節から、高コントラスト被験者のコントラスト比は約5、低コントラスト被験者のコントラスト比は約20となった。低コントラスト被験者が高コントラスト被験者と同じ視認距離となるためには、単純に考えると4倍のコントラスト、すなわち4倍の区画線輝度が必要となる。さらに、輝度が明るくなっても、視認距離が伸びると空間周波数が大きくなることから、被験者のコントラスト

感度は現在より悪くなる。

本研究の結果のみであるが、コントラスト感度の高低は視認距離に与える影響が大きく、低コントラスト感度の運転者が十分な視認距離を得ることは難しいと言えよう。

## 5 まとめ

運転者の視機能・区画線の剥離・路面状態が区画線の視認距離の低下に与える影響について分析した。

視認距離は、若年者と高齢者という定性的な分類よりもコントラスト感度による分類の方が的確となっていた。区画線の先端を発見する距離（中央線）は、溶融式ラインにおいてコントラスト感度の高いグループで 85m、低いグループで 62m であり、湿潤路面では各々 60m と 49m であった。

高コントラストグループの湿潤路面における視認距離と低コントラストグループの乾燥路面における視認距離はほぼ同じであった。コントラスト感度の違いは、路面の違いに相当しており、視認距離に与える影響は大きいと言えた。一方、50%剥離ラインは、溶融式ラインの視認距離を約 15%短くする影響があったが、両者の違いが視認距離に与える影響はほとんどなかった。

次に、区画線の測定コントラストと視認距離の関係を検討した。

その結果、区画線の発見距離はコントラストで評価できること、実際のコントラストにおける視認距離の差は、コントラストチャートで測定されたコントラスト感度以上の違いがあった。これらの結果は、被験者と区画線を組み合わせた視認距離が、コントラスト指標として可能となることを示唆している。

## 第4 夜間雨天時及び摩耗状態視認性について

### 1 貼り付け式標示材の視認性

#### (1) 研究目的

はみ禁の路面標示には、一般的に溶融式路面標示材が用いられているが、降雨及び融雪による路面冠水（以下「降雨等」という。）により表面を水で覆われた場合に、夜間の視認性が極端に低下するという難点があった。この問題に対しては、リブ式の高輝度標示材による対策がとられてきたところであるが、冠水した場合には通常の溶融式と同様に標示の表面が水で覆われると入射光の一部が散乱したり、水面で反射してしまい、再帰反射特性が損なわれるからである。

本研究では、路面標示材の反射材として用いられているガラスビーズに特殊な処理を施すことで、夜間雨天等の状況下にあっても視認性が確保できる路面標示材の性能を検証することを目的とする。

区分	発生件数		死者数	
	実数	構成率	実数	構成率
平成 8年	57	10.3	62	10.4
9年	61	10.7	66	10.8
10年	58	11.7	60	11.3
11年	58	11.5	58	10.8
12年	59	11.9	62	11.3
5ヵ年平均	58.6	11.2	61.6	10.9

表4. 1 夜間の路面湿潤時の交通死亡事故

融雪時期になると路側に堆積した雪が溶けて路面上に流入し、降雨時と同様の現象を醸し出すが、写真4. 1は、一般国道276号 千歳市美笛の美笛トンネル付近の融雪による路面冠水の状況である。



写真4. 1 融雪による路面冠水の状況（平成13年4月10日撮影）

## (2) 製品概要

対象となる技術は、裏面に接着材を塗布したテープ式で、屈折率が高く、かつ耐摩耗性に優れた非ガラス質セラミックビーズを、予めシーティングされた柔軟性の高い剛性ゴム系シート基材の突起物表面にビーズを強固に固着させた貼り付けシートである。

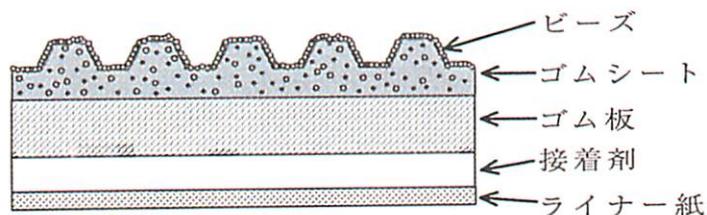


図4. 1 貼り付け式路面標示材断面図

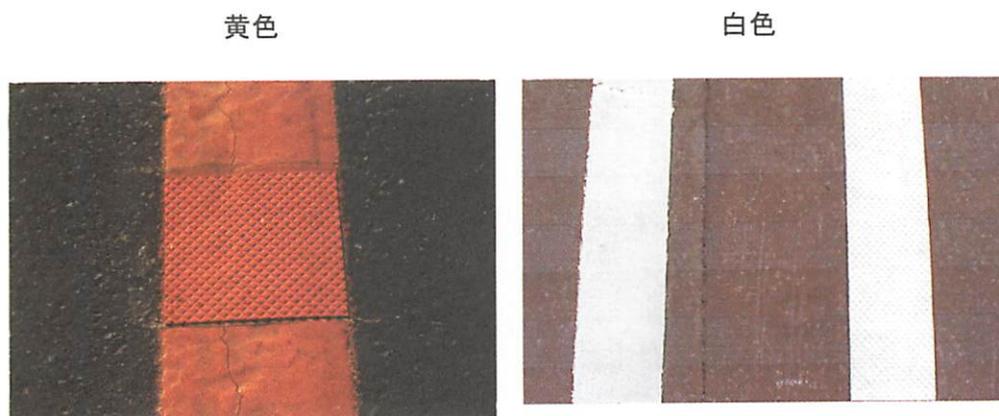


写真4. 2 貼り付け式路面標示材外観

## (3) 調査研究の方法

視認性の実験は、一般道路の既設の溶融式はみ禁標示上に調査対象製品を貼り付ける方法と、自動車教習所練習コース内に溶融式白線（破線）を標示し、これと平行して調査対象製品を貼り付け、夜間の降雨等の条件下における視認性を確認した。

### ア はみ禁標示の実験

一般国道337号、石狩郡当別町獅子内112番地先において、既設のはみ禁標示（20cm幅）上に、20cm四方にあらかじめカットした調査対象製品を、50cm間隔で100mの間に貼付け、乾燥時と降雨時における視認性確認のため写真撮影を行った。

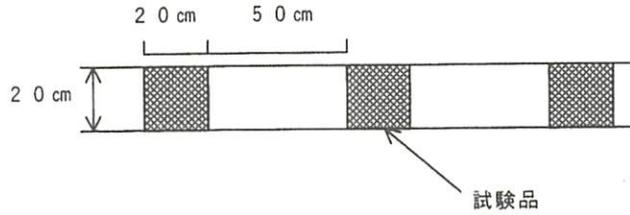


図4. 2 路面標示材の貼付け方法

イ 溶融式白線標示との対比実験

札幌市南区真駒内本町の北海道交通安全協会自動車学園練習コース内に溶融式白線（15cm 幅× 5m・厚さ 1.5mm）を 5m 間隔で 4 本施工し、30cm 離れた位置に平行に同寸法で対象製品を貼付した。

実験は、標示から 30 m の位置に、前照灯をすれ違いビームにした普通乗用車を止め、車内の運転者の目線から写真撮影を行った。

また、施工から 3 日後の夜間降雨時に両標示の視認性を比較評価するため上記条件で写真撮影を行った。



図4. 3 実験場所の外観図

(4) 実験結果

ア はみ禁標示の実験結果

調査対象製品を貼り付けた部分は乾燥時にも既設の溶融式はみ禁標示線よりも明るく見え、降雨時には既設のはみ禁標示線がほとんど視認できなかったのに対して、乾燥時よりもさらに視認性が向上した。



写真4.3 施工前（昼間）



写真4.4 施工後（昼間）



写真4.5 施工後（乾燥時・夜間）



写真4.6 施工後（降雨時・夜間）

## イ 白線標示の実験結果

### (ア) 乾燥時の比較評価

貼り付け式標示は、全般的に溶融式標示より明るく見え、光源から 30m~45m の範囲では溶融式標示に比べると明らかに高い視認性を有している。

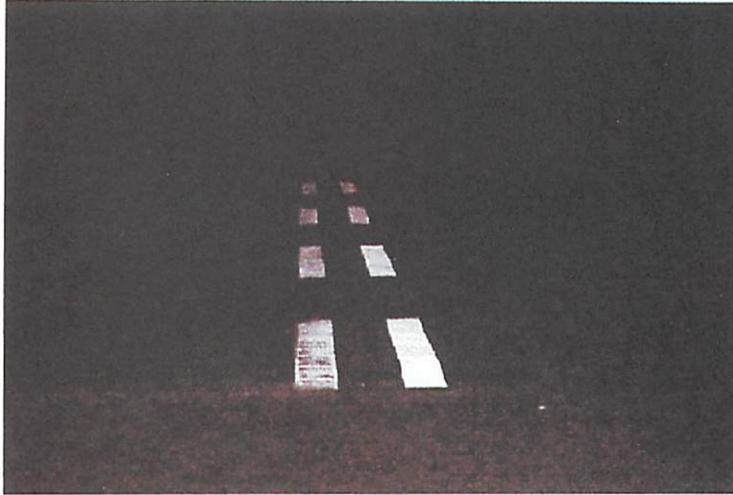


写真4.7 乾燥時の比較

### (イ) 降雨時の比較評価

標示施工3日後における降雨時に、乾燥時と同様の方法によって比較評価実験を行った。

溶融式標示は、表面にほとんど水膜を形成しない状態であり、視認性が低下し光源から43mを超えると白線としての認識が困難であった。

貼り付け式標示は、光源から30mの始点から65mの終点まで、ほぼ視認できた。



写真4.8 降雨時の比較

## 2 夜間における区画線の摩耗状態別の視認性

### (1) 実験の目的

前記1の比較実験とは別に、夜間における区画線の摩耗状態と視認性の低下との関連を実験することとした。

実験は、札幌市南区滝野の非市街地の市道（真駒内滝野線）で、夜間、街路照明のない区間において、既設の区画線で摩耗状態の異なる5箇所を対象に、夜間乾燥時と雨天時に行った。

### (2) 実験の方法

平成12年4月下旬施工の区画線（溶融式）とテストピース（加熱方式・幅15cm、1km当たりガラスビーズ56kg・ペイント67ℓ）対象に、普通貨物自動車の前照灯をロービームで照射し、運転席横に運転者の目線の位置にデジタルカメラをセットし、20m先の区画線と検体用テストピース（50cm×3=150cm）を撮影し、背景のピクセル値（画像の明度）、サンプルの検体用のピクセル値及び区画線のピクセル値から、区画線のコントラスト（明度差）とサンプルのコントラストをパソコンにより算出し、その比率を数値化した。

### (3) 実験結果

乾燥路面と湿潤路面における区画線の摩耗状態別の解析を試みたが、湿潤状態の画像が不鮮明で測定数値が極めて小さいところから、乾燥路面だけのデータとした。

ピクセルは、画素の明るさで「ピクセル値」は、撮影された1枚の写真の中での明るさを数値化したもので、真っ暗を0（ゼロ）として明るさの最大値を255として表している。a～dの数値だけでは、撮影条件が異なるデータによって比較することができないので摩耗条件による視認性の変化を比較するため、A～Cまでの項目を追加して計算数値を掲げた。

調査 地点	a	b	c	d	A	B	C
	左背景の ピクセル値	サンプルの ピクセル値	既存の区画線の ピクセル値	右背景の ピクセル値	区画線の コントラスト $\frac{c-d}{d}$	サンプルの コントラスト $\frac{b-d}{d}$	Bに対する Cの率 % $A \div B$ $\times 100$
第1	27.19	124.24	94.45	18.95	3.98	5.56	71.70
第2	27.61	154.78	75.14	21.75	2.45	6.12	40.13
第3	24.01	145.23	56.19	19.65	1.86	6.40	29.10
第4	12.10	97.69	20.27	8.36	1.42	10.69	13.33
第5	24.60	116.60	55.08	12.87	3.28	8.06	40.70

a～画面上左端・・・背景1（車線左側）を数値化 b～画面上左から2番目・・・テストピースを数値化

c～画面上左から3番目・・・区画線を数値化 d～画面上右側・・・背景2（車線右側）を数値化

A～ $(c-d) / d$ で計算された区画線の数値 B～ $(b-d) / d$ で計算されたテストピースの数値

C～ $A / B$ で計算された摩耗率（テストピースを100とした比率）

表4.2 乾燥路面の摩耗状態別の比較表

ア 第1調査地点

区画線の摩耗程度がこの程度であれば、テストピースの約70%の視認性を担保していると説明される。



写真4.9 第1調査地点の昼間の視認状況

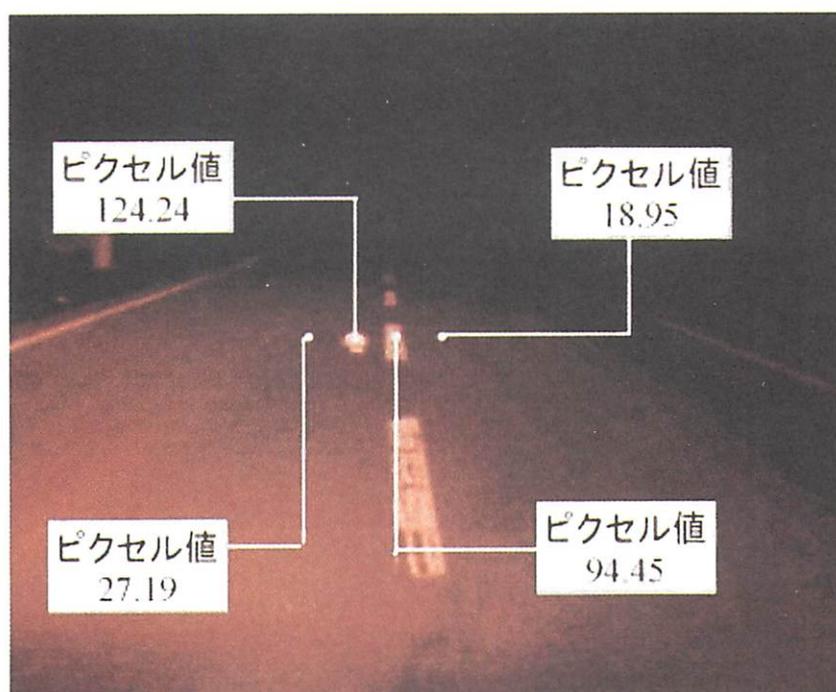


写真4.10 第1調査地点のピクセル値

イ 第2調査地点

区画線の摩耗がこの程度であれば、テストピースの約40%の視認性を担保している」と説明される。



写真4. 1 1 第2調査地点の昼間の視認状況

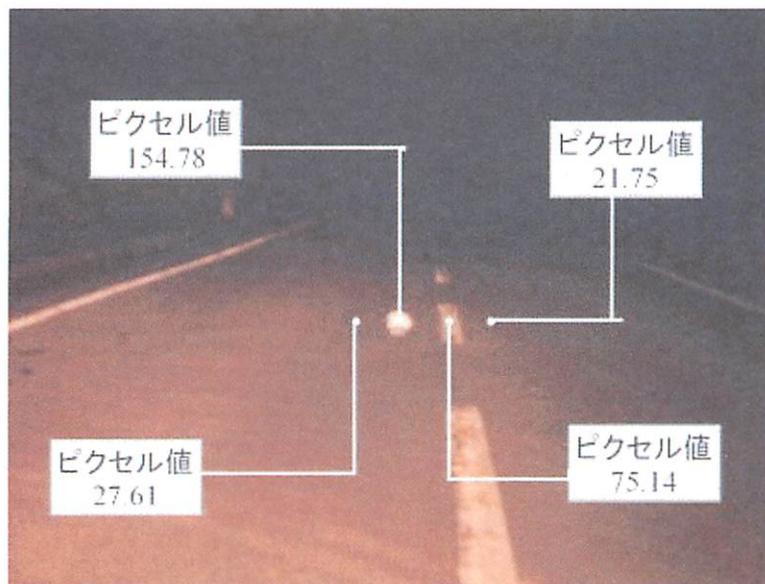


写真4. 1 2 第2調査地点のピクセル値

ウ 第3調査地点

区画線の摩耗がこの程度であれば、テストピースの約30%の視認性を担保していると説明される。



写真4. 13 第3調査地点の昼間の視認状況

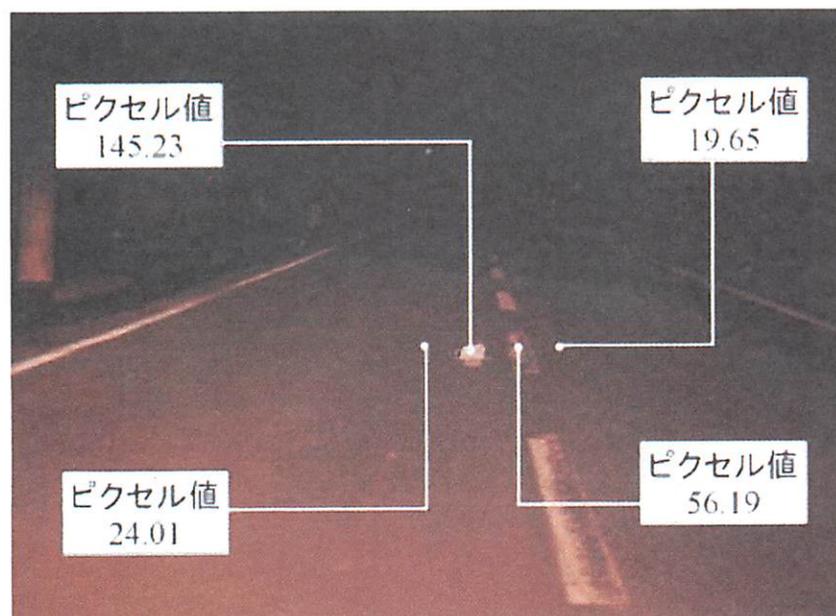


写真4. 14 第3調査地点のピクセル値

エ 第4調査地点

区画線が摩耗しており、テストピースの約13%の視認性を担保していると説明される。



写真4. 15 第4調査地点の昼間の視認状況

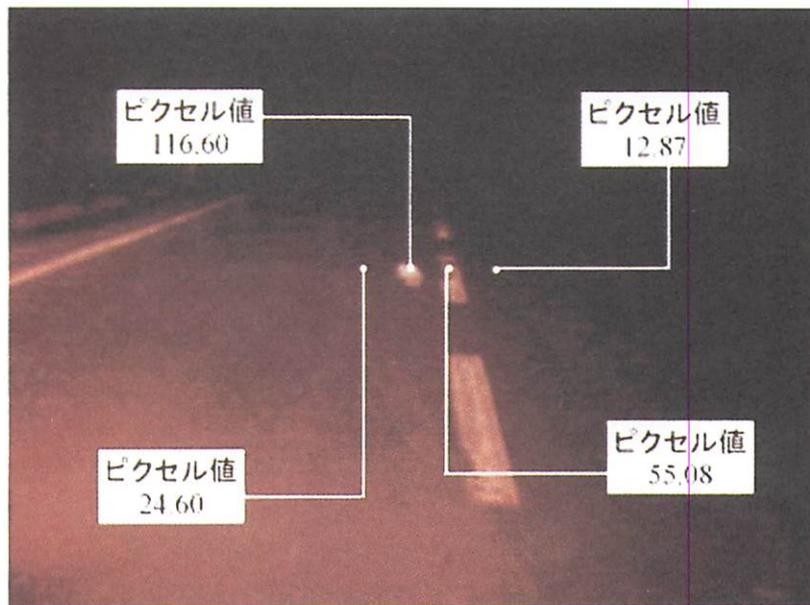


写真4. 16 第4調査地点のピクセル値

エ 第5調査地点

区画線がこの程度摩耗していれば、テストピースの約41%の視認性を担保している」と説明される。



写真4. 17 第5調査地点の昼間の視認状況

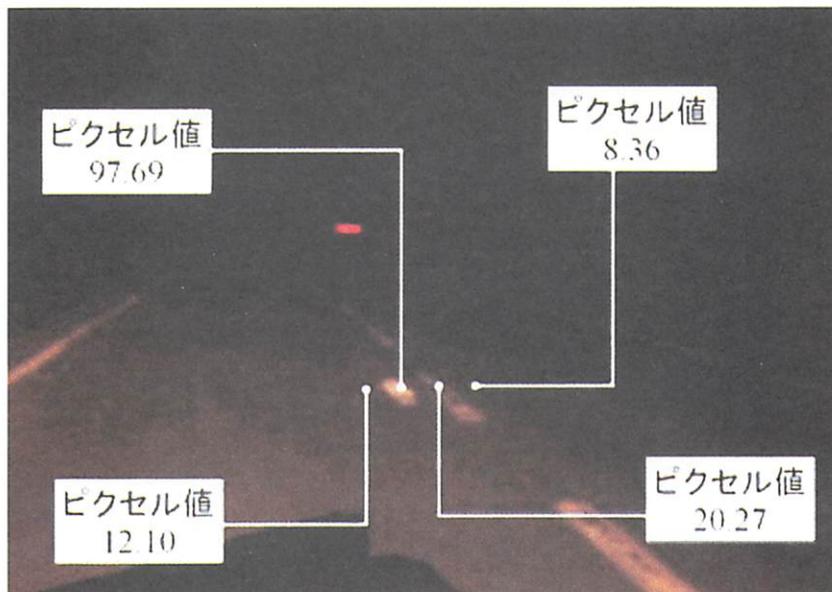


写真4. 18 第5調査地点のピクセル値

### 3 考察

降雨による路面上の冠水は、通常 2mm 以下であるが、ガラスビーズを混合した標示であっても、標示上に水膜ができるとガラスビーズによる再帰反射機能が極端に低下する。この改善方法としては、粒径の大きなガラスビーズを用い、その径の大きさを利用して雨天時においても、ガラスビーズが水膜から露出した形とし、視認性を確保する製品も実用化されている。しかし、熔融式標示材は、短期間に著しく摩耗したり、経時による汚れ、変色等による光の再帰反射が急速に低下するという難点がある。

貼り付け路面標示材は、厚さ約 2.5mm で排水性がよく、熔融式標示に貼り付けるところから、冠水による影響が極めて少なく、特に、夜間雨天時の視認性が優れていることが確認された。

区画線の摩耗状態別の視認性をデジタルカメラで撮影し、その画像をパソコンで解析する実験では、湿潤路面における解析に難があったが、乾燥路面では目視による視認性と一致するデータが確認された。

今後、夜間におけるはみ禁標示の摩耗状態や雨天時等における視認性についての調査研究を進め、本研究第3「夜間における区画線の視認効果について」とは別な手法による信頼度の高い測定方法として、はみ禁標示の塗替え等、路面標示の管理等に活用することが期待できる。

## ○ あとがき

北海道では、冬期間、積雪凍結による道路環境となるため、路面標示が見えなくなるところから、はみ禁区間におけるレーン走行の遵守意識の低下を招いていると言われ、それが正面衝突事故が多発する一因となっていると考えられる。

本研究では、カーブにおけるはみ禁標示の視認性を高める「二条線」が、路線全体への波及効果をもたらし、車道外側線の高輝度化との組み合わせによってさらに効果を高めることが実証された。

運転者の視機能・区画線の剥離・路面状態が区画線の視認距離に与える影響についての調査研究では、若年者と高齢者という定性的な分類よりもコントラスト感度による分類の方が的確となっていた。また、区画線とコントラストと視認距離の関係では、区画線の発見距離はコントラストで評価できることと、実際のコントラストにおける視認距離の差は、コントラストチャートで測定されたコントラスト感度以上の違いがあった。

これらの結果は、被験者と区画線を組合わせた視認性評価が、コントラスト指標として可能となることを示唆している。

今後、コントラストが実際の道路状況における区画線の視認性を評価するシステムにおいて指標となることを立証し、実際の視認距離測定を行わなくても視認距離を推定できるシステムを確立し、どのような区画線がどのような道路環境で視認しやすくなるのか、あるいは悪天候下で運転者が必要な視認性を確保するためにはどのような照明施設、視認誘導施設等が必要となるのかを定量的に示す研究が必要である。

交通死亡事故が夜間に多発する傾向が続いており、特に、夜間雨天時における路面標示材の視認性の向上が緊急の課題としてクローズアップされ、夜間視認性の高い標示塗料の開発と成型物の取付けやシートの貼り付け法などが試みられている。

本研究では、夜間における標示材の摩耗状態別の視認性をデジタルカメラで撮影し、パソコンで解析する新たな手法が実用化できることが実証されたが、湿潤路面における調査方法等に改善を加える必要がある。

今後とも、自動車保有台数の増加が見込まれるなど、道路交通情勢は一層厳しくなることが予想され、安全で快適な車社会を目指すためには、「見やすく分かりやすい道路標識・標示」の整備を他の道路交通管理施設の高度化と連動させて推進することが求められている。

道路標識に比べて視認性の確保等に制約のある路面標示材の改良と、施工技術の工夫等に対する期待は大きいものと思われる。

終わりにあたって、本調査研究にご協力いただきました皆様に心から謝意を表する次第であります。

## ○ 参考文献

北海道土木技術会 道路研究委員会：道路区画線の視認性に関する研究

○ 道路標識の設置効果に関する調査研究委員会名簿(順不同)

委員長	北海道工業大学教授	加 来 照 俊
委 員	北海道大学大学院助教授	萩 原 亨 *
同	北海道警察本部交通部 調査官	辻 信 三 *
同	同 課長補佐	金 田 晃 *
同	(社) 北海道乗用自動車協会 常務理事	山 岸 光 生
同	(社) 北海道トラック協会 事業部長	平 尾 正 勝
同	(社) 北海道舗装事業協会 専務理事	杉 岡 博 史
同	(社) 全国道路標識・標示協会 理事	甚 内 晃 二
同	(財) 北海道交通安全協会 常務理事	村 井 謙 *

(注) 氏名右の\*印は、作業部会兼務である。

○ 道路標示の設置効果に関する調査委員会作業部会名簿

(社) 全国道路標識・標示協会北海道支部	支部長	葛 西 晃
同	賛助会員	峰 茂 憲
(財) 北海道交通安全協会	交通安全活動推進センター	
	所 長	高 島 隆 一
	活動推進部長	川 口 興 磨
	道路調査課長	寺 地 栄 一
	業 務 課 長	太 田 弘
	安全施設調査係長	岩 佐 敏 行