

永久保存



ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第3597号

土木研究所資料

道路照明の設置高さと間隔による 視認性と快適性

平成10年10月

建設省土木研究所
道路部交通安全研究室



Copyright © (1998) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

道路照明の設置高さと間隔による 視認性と快適性

交通安全研究室 室 長 三 橋 勝 彦
研 究 員 石 倉 丈 士
交流研究員* 竹之内 光 彦

要 旨

国民生活が24時間化傾向になるにつれ、夜間における人々の生活環境も多様化し、昼間と同様の移動が行われている。このため、道路を取り巻く環境も大きく変化し、これらに対応した道路環境が求められており、夜間においても道路環境の安全性を向上させる目的で、様々な交通安全施設が実際の道路へ設置されている。

道路照明は、夜間の交通安全対策として、交通事故の減少に有効かつ効果的に寄与することが我国は勿論、世界各国の様々な調査によって知られており、広く一般的に使われる交通安全施設である。しかし、道路照明の設置にあたっては、交通工学、照明工学、心理学等様々な学問分野からなる技術を背景に効果的な設計をすることが必要である。

本研究では、照明工学の視点から適切かつ有効な照明効果の実現を念頭に、道路照明が有する照明特性として設置高さを高くすることで道路上の明るさ（路面輝度）が均一になることに着目し、その時の視認性や快適性が自動車の運転者にどのような影響を与えるかを実験によって明らかにするとともに、有効性が得られる設置高さ、間隔を提案した。また、その時の経済性についても検討した。

キーワード：道路照明、輝度差、輝度対比、総合均斉度、車線軸均斉度、輝度勾配

* 交流研究員在職期間(平成10年4月から11年3月まで)

はじめに

国民生活が24時間化傾向になるにつれ、夜間における人々の生活環境も多様化し、昼間と同様の移動が行われている。このため、道路を取り巻く環境も大きく変化し、これらに対応した道路環境が求められている。一方、夜間における交通事故の発生（平成9年）は、昼間の事故件数（541,933件・全体の69.4%）、夜間の事故件数（238,466件・全体の30.6%）であるのに対し、死亡事故件数では、昼間（4,166件・全体の45.2%）、夜間（5,054件・全体の54.8%）と夜間の件数の方が多く、夜間に発生する交通事故は、危険度の高い交通事故であると言える。このため、夜間における道路環境の安全性を向上させる目的で、様々な交通安全施設が実際の道路へ設置されている。

道路照明は、夜間の交通安全対策として、交通事故の減少に有効かつ効果的に寄与することが、我国は勿論、世界各国の様々な調査によって知られており、広く一般的に使われる交通安全施設である。しかし、『道路照明』を敷設さえすれば夜間の交通事故が減少するのではなく、交通工学・照明工学・心理学等様々な学問分野からなる技術を背景に設計され、適切に設置された道路照明だけが交通事故の減少に寄与すると言える。

本研究では、適切かつ有効な照明効果の実現を念頭に、道路照明が有する照明特性として設置高さを高くすることによって道路上の明るさ（路面輝度）が均一になることに着目し、その時の視認性や快適性が自動車の運転者にどのような影響を与えるかを実験によって明らかにするとともに、有効性が得られる設置高さ、間隔を提案した。またその時の経済性についても検討した。

目 次

はじめに

第1章 総論	1
1.1 道路照明の役割	1
1.2 研究の目的	1
1.2.1 道路照明に求められる機能	1
1.2.2 我が国の道路照明設置方法	2
1.2.3 検討対象	4
第2章 道路照明の視認性および快適性評価の考え方	5
2.1 視認性について	5
2.1.1 運転者の視覚情報	5
2.1.2 対象物の種類	5
2.1.3 限界対象物（障害物）の特性	5
2.1.4 視認性に関連する光学的項目	6
2.1.5 主観評価項目	7
2.2 快適性について	7
2.2.1 視覚的な快適性に対する影響を表す均斉度	7
2.2.2 快適性に関連する光学的項目	8
2.2.3 主観評価項目	8
第3章 実験	9
3.1 実験の目的	9
3.2 実験の内容	9
3.3 実験の方法	9
第4章 光学特性の結果と考察	19
4.1 路面照度	19
4.2 部分路面輝度	28
4.3 平均路面輝度	33
4.4 総合均斉度	34

4.5 輝度差と輝度対比	36
4.5.1 輝度差	36
4.5.2 輝度対比	38
4.6 車線軸均斉度と輝度勾配	40
4.6.1 車線軸均斉度	40
4.6.2 輝度勾配	42
4.7 まとめ	43
4.7.1 路面照度	43
4.7.2 部分路面輝度	43
4.7.3 平均路面輝度	44
4.7.4 総合均斉度	44
4.7.5 障害物の輝度差と輝度対比	44
4.7.6 車線軸均斉度と輝度勾配	45
第5章 視認性（見え方）の結果と考察	47
5.1 光学測定の結果と輝度差・輝度対比・総合均斉度の評価	47
5.2 静止状態による視認性の評価	49
5.2.1 輝度差と視認性	49
5.2.2 輝度対比と視認性	58
5.2.3 総合均斉度と視認性	67
5.3 視認性要因の検討	75
5.4 視認性評価のまとめ	75
第6章 快適性の結果と考察	77
6.1 光学測定の結果と車線軸均斉度・輝度勾配の評価	77
6.2 静止状態による快適性の評価	78
6.2.1 車線軸均斉度と快適性	78
6.2.2 輝度勾配と快適性	93
6.3 快適性要因の検討	99
6.4 快適性評価のまとめ	100
第7章 設置方法の提案	101
第8章 経済比較	103
8.1 目的	103

8.2 比較方法	103
8.3 用語の定義	103
8.4 計算方式	104
8.4.1 基本計算方式	104
8.5 経済比較の計算	104
第9章 まとめ	107
9.1 視認性	107
9.2 快適性	108
9.3 設置方法の提案	109
9.4 今後の課題	109
9.4.1 配列	109
9.4.2 不点時の対応	109
9.4.3 漏れ光	110
9.4.4 灯具の開発	110
参考文献	111

資料編

- 参考資料－1 実験プログラム
- 参考資料－2 輝度差と輝度対比の測定結果
- 参考資料－3 設置高さと間隔による視認性評価
- 参考資料－4 輝度勾配の変化
- 参考資料－5 実験風景

第1章 総論

1.1 道路照明の役割

道路照明の役割は、夜間における道路状況、交通状況を的確に把握するため、良好な視環境を確保し、道路交通の安全、円滑を図ることである。

一般に、運転者にとって道路状況、交通状況等を的確に把握するには、次に示す視覚情報が必要である。

- ①道路上の障害物または歩行者などの存否および存在位置
- ②道路幅員、道路線形などの道路構造
- ③道路上の特殊箇所（交差点・分岐点・屈曲部等）の存否および存在位置
- ④走行車線の路面の状態（乾潤、凹凸等）
- ⑤他の自動車の存否および種類、速度、移動方向
- ⑥道路周辺の状況

等である。

したがって、道路照明の役割として、このような夜間における視覚情報を的確にとらえ、良好な視環境を作り出し、運転操作上の誤り、緊張感の持続による疲労を防止することによって、安全、円滑な道路環境の確保が求められている。このため、十分に連続性のある視覚情報を得るためには、良好な視環境を作り出す道路照明の設置方法を検討する必要がある。

1.2 研究目的

本研究では、道路照明を設置する際に必要とされる機能について検討を行い、次に、我が国の道路照明設置方法を理解し、問題点を見出すことによって目的を明確にした。

1.2.1 道路照明に求められる機能

そこで、必要とされる機能について調査・検討すると、次に示す4つの項目があげられる。¹⁾

- ①路面の平均路面輝度が適切であること (明るさ)
- ②路面の輝度分布が適切な均斉度を有すること (明るさの均一性)
- ③グレアが十分制限されていること (眩しさ)
- ④適切な誘導性を有すること (視線誘導)

(1) 明るさ

明るさは、運転者から見た障害物の背景の路面輝度を得るための重要な要素で、これが十分でなければ障害物の存在、形状、存在位置、大きさなどを視認できないばかりでなく、障害物が存在しないのか見えないのかを区別することも不可能である。

(2) 路面の均一性

路面の均一性は、「明るさ」同様、障害物の視認、安全走行上必要な視覚情報を得るために重要である。路面の均一性を表す指標として輝度均斉度があり、総合均斉度〔 U_0 ：式（1・1）〕と車線軸均斉度〔 U_1 ：式（1・2）〕の2種類がある。

総合均斉度： $U_0 = L_{\min} / L_{\text{ave}}$ 式（1・1）

U_0 ：総合均斉度 $L_{\min}$ ：全車線の最小路面輝度 L_{ave} ：平均路面輝度

車線軸均斉度 $U_1 = L_{\min} / L_{\max}$ 式（1・2）式

U_1 ：車線軸均斉度 $L_{\min}$ ：各車線中心線上の最小路面輝度 $L_{\max}$ ：各車線中心線上最大路面輝度

この指標は次のような関係があると言われている。^{1) 2) 3)}

U_0 ：総合均斉度は、道路上にある障害物の視認性に影響を与える。

U_1 ：車線軸均斉度は、運転者に不快感をもたらす快適性に相関が高い。

(3) 眩しさ

眩しさに関しては、一般的に不快グレアと視機能低下グレアの2種類が存在する。不快グレアは運転者に心理的な不快感を与えるもので、視機能低下グレアは生理的な視機能を低下させるものである。道路照明では、不快グレアを十分に制限することで視機能低下グレアも無視できる程度に制限できるとしている。ので不快グレアの制限を考慮すれば良いとしている。

(4) 視線誘導

視線誘導に関しては、適切に配置された道路照明施設により、前方の道路の線形や分合流の状態を予知させる効果がある。

1.2.2 我が国の道路照明設置方法

一方、我が国における道路照明の設置方法は、建設省が制定する『道路照明施設設置基準』（以下、設置基準という）⁴⁾によって決められている。この中では、道路構造に応じた設計・施工方法から維持管理に至るまで記述されており、道路管理者が照明設計する際のマニュアルとなっている。ここでは、本研究に関連する「明るさ」、「輝度均斉度」、「設置高さ」と「間隔」、「灯具」についてのみ説明する。

(1) 明るさ

道路照明を設計する際の明るさは、運転者から見た路面そのものの明るさ、すなわち路面に対する輝度（以下、路面輝度という）で表す。路面輝度は、路面全体の平均路面輝度を基準としており、我が国では $0.5 \sim 1.0 \text{ cd/m}^2$ が基準輝度である。（特に重要な道路、又は特別な状況にある道路においては、 2 cd/m^2 まで増大できる。）

(2) 輝度均斉度

前述のように輝度均斉度は、路面の明るさの均一性を示す指標であり、総合均斉度と車線軸均斉度の2種類がある。総合均斉度は、 $U_0 \geq 0.4$ と規定されているが、車線軸均斉度については、数値規定はない。

(3) 設置高さ」と「間隔

設置高さ」と「間隔」は、路面輝度の均斉度を一定レベルに保つため、灯具の種類と配列方法によって若干の違いがあるが、基本的には表-1・1のように、道路の幅員によって高さ、間隔が決まる。さらに、設置

間隔が決まることによって表－１・２のようにランプ光束が決まり、ランプの種類が決まる。

表－１・１ 設置高さとの間隔

灯具の配光 設置高さおよび 配列 間隔	カットオフ形		セミカットオフ形	
	設置高さ H	間 隔 S	設置高さ H	間 隔 S
	H	S	H	S
片 側	$\geq 1.0W$	$\leq 3.0H$	$\geq 1.1W$	$\leq 3.5H$
	$\geq 1.5W$	$\leq 3.5H$	$\geq 1.7W$	$\leq 4.0H$
千 鳥	$\geq 0.7W$	$\leq 3.0H$	$\geq 0.8W$	$\leq 3.5H$
向き合わせ	$\geq 0.5W$	$\leq 3.0H$	$\geq 0.6W$	$\leq 3.5H$
	$\geq 0.7W$	$\leq 3.5H$	$\geq 0.8W$	$\leq 4.0H$

表－１・２ 設置高さ、オーバーハング、傾斜角度および光源の種類

灯具1灯当たり のランプ 光束	H (m)	O h (m)	θ (度)	ランプの種類とワット数		
				高圧水銀 ランプ	高圧ナトリウム ランプ	低圧ナトリウム ランプ
15,000未満	8以上	-1 ≤ O h ≤ 1 但し発光部が0.6m 以上の灯具は	5以下	・250W	・110W	・90W
15,000 }	10			・300W	・180W	
30,000	以上			・400W	・220W	・135W
30,000以上	12	-1.5 ≤ O h ≤ 1.5		・700W	・270W	・180W
	以上				・360W	

(4) 灯具

灯具は、原則としてハイウェイ形道路照明器具とし、その配光は、カットオフ形、セミカットオフ形の2種類とする。表－１・３は、各配光形式の特徴を示したものである。建設省が標準としているハイウェイ形灯具は2種類のセミカットオフ形と1種類のカットオフ形がある。図－１・１は、今回の実験で使

表－１・３ 各配光形式の特徴

配光形式	特 徴
カットオフ形	グレアを厳しく制限したもので、グレアを少なくする する必要のある重要な道路に適する。
セミカットオフ形	グレアをある程度制限したもので、比較的周辺の明るい道路に適する。

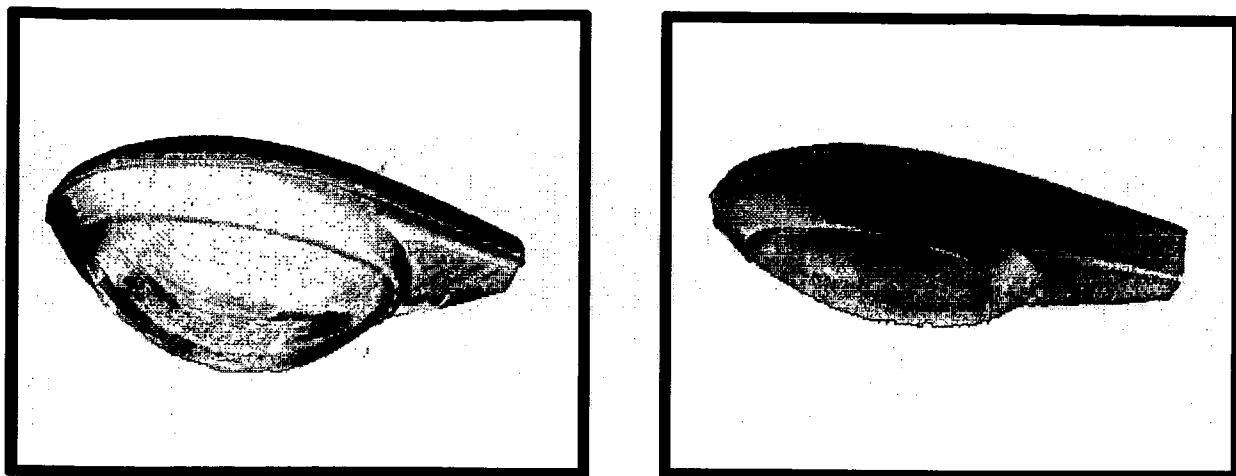


図-1・1 実験に使用した灯具〔KSC-4（左）・KSN-3（右）〕

1.2.3 検討対象

本研究では、まず、明るさ、輝度均斉度の中で、車線軸均斉度が数値目標を設定していないことから検討対象とした。さらに輝度均斉度を検討する際、考慮することが必要になる、輝度差、輝度対比、最大輝度勾配についても対象とした。検討方法は、設置高さで間隔を変化させる実験によって、光学的性能を把握するとともに、その時の見え方（視認性）と運転のしやすさ（快適性）にどのような影響がもたらされるかを確認した。また、実験結果より必要とする設置高さで間隔を求め提案した。

第2章 道路照明の視認性および快適性評価の考え方

2.1 視認性について

2.1.1 運転者の視覚情報

自動車運転者が走行中に得る視覚情報は大きく分けて次の3つに分類することが出来る。

- a. 路面、道路の周辺、天空など対象物の『背景』を構成するもの
- b. 障害物、歩行者、他の車両、（視対象としての）路面、路面表示、道路標識、信号、道路の付帯設備など運転者が視認しなければならない『対象物』
- c. 対向車の前照灯、照明器具、広告、サインなど、運転者の必要な視認を妨げる『グレア源』

これらが、何らかの形で運転者の視野に飛び込むことによって、運転に影響を与え影響を受けることになると考えられる。

2.1.2 対象物の種類

『対象物』には、障害物、路面表示など外部から照明が与えられたとき、はじめて視認できる非発光性のものと、信号、内照式の道路標識など、自分で発光する自発光性のものがある。

非発光性の視認性は、道路照明の影響を受けるが、自発光性のものは、それほど受けない。したがって、ここでは、非発光性の対象物の視認性についてのみ検討する。

一方、非発光性の対象物は、多種多様で、それぞれ寸法、形状、反射率、移動速度などが異なり、視認しやすいもの、視認しにくいものがある。しかし、道路照明の設計では、これら条件の異なる対象物全てについて検討することは煩雑であるため、「最も視認し難い対象物」、すなわち、『限界対象物』の視認性を検討する。

2.1.3 限界対象物（障害物）の特性

(1) 寸法と形状

一般的に、対象物は見かけの大きさが小さいほど視認しにくい。しかし、その寸法が小さくなると、これを視認できないとしても自動車が危険無しに通過できるようになり、道路交通の安全性とは関係がなくなる。この意味で、限界対象物の寸法は、路面と乗用車の車体下部との距離である「最低地上高さ」に近いものとなり、一般には一辺20cmの方形を用いる⁵⁾。

(2) 反射率

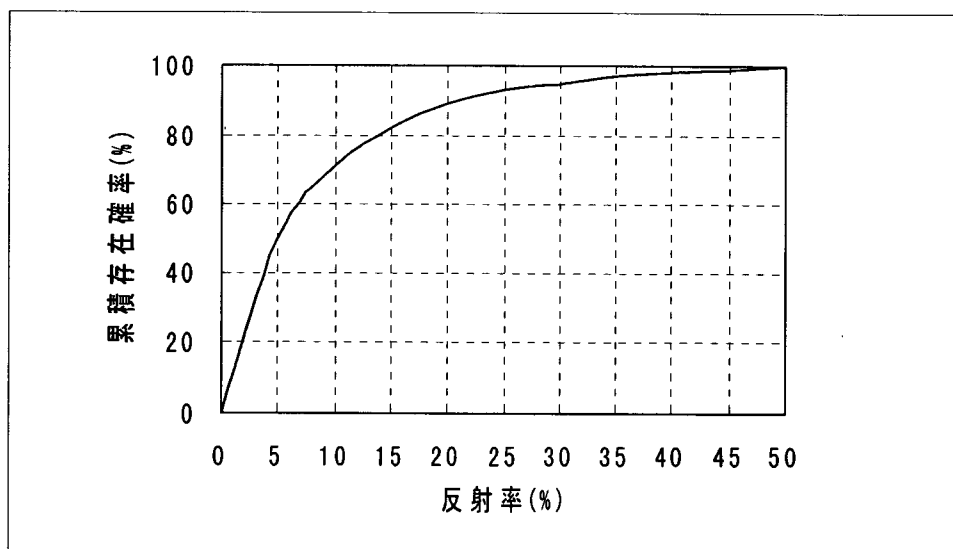
前述のように対象物（障害物）の反射率は、千差万別である。「道路照明の視認性」を論ずる場合には、その照明のもとで、対象物が主として背景よりも高い輝度で見えるか、低い輝度で見えるかによって限界対象物の持つべき反射率は異なってくる。

対象物が背景よりも高い輝度で見える場合には、存在し得る対象物のうち、「最も反射率の低いもの」を、対象物が背景よりも低い輝度で見える場合には、存在し得る対象物のうち、「最も反射率の高いの」を代表するように選定しなければならない。これらが、視認できれば、前者の場合はそれより反射率の高いもの、後者の場合はそれより反射率の低いものは、全て視認できるからである。

このためには、道路上に存在し得る対象物（障害物）の反射率毎の存在確率を知る必要がある。この調査結果を図－２・１に示す。

図－２・１は、対象物（歩行者の衣服）の反射率の低いものからの累積存在確率である。同様な調査はその後も行われたが、その値は何れも良く一致している^{5) 6)}。

ある道路照明のもとで視認できる限界障害物の反射率の累積存在確率を、その照明のRevealing Power (%)という。この考えを基礎に、90%のRevealing Powerを得ようとする、道路照明のように限界対象物が背景の路面輝度より低い輝度で視認できる場合の反射率は、約20%となる。なお、この場合のRevealing Powerは、最も視認しにくい限界対象物に対するもので、一般の対象物に対する視認確率は、かなり高くなることとなる。以下、この限界対象物を中心に、その視認性の検討を行うものとする。



図－２・１ 対象物の反射率とその累積存在確率

2.1.4 視認性に関連する光学的項目

対象物を視認できるかどうかの判断は、弁別域と呼ばれる明暗の差を判断する領域によって決まるものであり、この領域内にあれば視認可能だが、外では視認できないと言える。一般に、この弁別域を表す指標としては輝度差、あるいは輝度対比が用いられており、『輝度差弁別域』、『輝度対比弁別域』と呼ばれている。この輝度差弁別閾や輝度対比弁別閾は、過去の研究^{5) 7) 8) 9)}から対象物の寸法、露出時間、視認に対する観測者の予期など種々の条件によって複雑に影響することが確認されている。これらの研究では、単純な考え方にするため対象物と均一な対象物の背景を用い、観測者の眼をこの視野に順応（順応輝度）させ、２種類の方法（輝度差、輝度対比）について検討を行っている。

したがって、対象物の視認性評価方法は、『輝度差』、『輝度対比』、さらに明るさのムラの程度を表す指標となる『総合均斉度』の光学的項目と視認性について検討する。以下に光学的項目について説明する。

(1) 輝度差

輝度差弁別閾と視野との関係は、背景の輝度が（あるいは順応輝度）が高くなるほど輝度差弁別閾が増加し、視認が困難になるということである。ここで、輝度差： ΔL は、式（2・1）に示す。

$$\Delta L = L_b - L_0 \quad \cdots \cdots \cdots \text{式（2・1）}$$

なお、 L_b ：背景輝度（cd/m²）

L_0 ：対象物輝度（cd/m²）

(2) 輝度対比

輝度対比弁別閾と視野の関係は、背景の輝度（あるいは順応輝度）が高くなるほど対象物が僅かな輝度対比で識別できるということである。ここで、輝度対比： C は、式（2・2）に示す。

$$C = (L_b - L_0) / L_b = \Delta L / L_b \quad \cdots \cdots \cdots \text{式（2・2）}$$

(3) 総合均斉度

総合均斉度とは、道路の路面輝度における明るさのムラの程度を表す指標であり、灯具間1スパン内の最小路面輝度と平均路面輝度との比で表される。したがって、最小路面輝度と平均路面輝度との比が1に近くなるほど路面の明るさのムラが小さくなり、最小路面輝度が平均路面輝度より小さくなるにしたがって路面の明るさのムラは大きくなる。

これら3つの光学的項目から、道路照明の設置高さと間隔について、とりまとめるとともに、評価する際に最も相関が高い光学的項目を見つけたすことを目標とする。

2.1.5 主観評価項目

視認性の評価は、道路照明下における道路面に配置された対象物を、静止した自動車内より観察し、被験者の主観による評価でアンケート調査を行った。

評価項目は、対象物を見て感じた「視認性」について、主観評価によるアンケート調査を行った。

視認性の評価の分析は、「視認性」と各測定項目（輝度差、輝度対比、総合均斉度）の相関分析を行うものとする。

2.2 快適性について

2.2.1 視覚的な快適性に対する影響を表す均斉度

路面の輝度分布（明るさの分布）が一様でないと、路面は明暗の縞で覆われ、その程度が著しいと非常に不快な雰囲気になる。2.1項の、障害物の視認性に関連する総合均斉度は、順応輝度に影響を与える平均路面輝度と、最も輝度の低い部分の輝度との比で表されたが、運転者が目で見たときに感ずる「明暗の感じ」は、目で見て感ずる最も明暗の大きく変化している場所の輝度の比と関連が深いと考えられる。

2.2.2 快適性に関連する光学的項目

快適性に関連する光学的項目として、以下の2種類の評価方式が考えられる^{1) 8)}。

(1) 車線軸均斉度

車線軸均斉度は、運転者が存在する車線上中央の最小輝度および最大輝度の比である。すなわち、車線軸均斉度の値が大きくなれば、最小輝度と最大輝度の値が近いことを表し、路面の明るさのムラが少ないことを示している。逆に車線軸均斉度の値が小さくなれば最小輝度と最大輝度の値が大きく、路面の明るさのムラが大きいことを示している。

(2) 最大輝度勾配

最大輝度勾配は、道路上の輝度分布において、道路の縦断方向に3 mおよび道路の横断方向に1 mの距離を離れた2点間の輝度差 ΔL のうち、最大の差 $\Delta L_{\max}$ が、路面の平均輝度 L_r に対して占める比である。本研究では、部分路面輝度を道路縦断方向に2.5 m間隔で測定し、その測定点は、十分に大きな面積を有することから、ここで言う最大輝度勾配は縦断方向2.5 m間隔で測定した部分路面輝度において2点間の最大輝度差 $\Delta L_{\max}$ を平均路面輝度に占める比で表した。したがって、最大輝度勾配の値が大きくなれば、明暗の勾配（傾き）が大きいことを表し、路面の明るさの変化が急なことを示している。逆に最大輝度勾配の値が小さければ明暗の勾配（傾き）が小さきことを表し、路面の明るさの変化が緩やかなことを示している。

これら2つの快適性を検討する光学的項目から、道路照明の考えられる設置方法（高さ、間隔）をまとめるとともに、最も相関が高い光学的項目を見つけだすことを目標とする。

2.2.3 主観評価項目

快適性の評価は、道路照明下における道路路面を、静止した自動車内より観察し、被験者の主観による評価でアンケート調査を行った。

主要評価項目は、まず路面の明るさのムラを見て感じた「快適感」についてアンケート調査を行い、次にその他快適性の評価に付随すると考えられる評価項目として、「運転作業性」「明るさのムラ」「明るさ感」の3つについても同時に主観評価によるアンケート調査を行った。

快適性の評価の分析は、まず「快適感」と各測定項目（車線軸均斉度、輝度勾配）の相関分析を行い、その結果相関が有ると判断された場合は、その他つ3の評価項目「運転作業性」「明るさのムラ」「明るさ感」についても分析を行うものとする。

第3章 実 験

3.1 実験の目的

道路照明の設置方法は、「道路照明施設設置基準・同解説」⁴⁾（以下、設置基準という）によって決められている。この中では、照明灯具の設置高さと同隔の関係について、設置高さに応じてある倍数の範囲で設置間隔は求められると記されされている。また、『明るさ』については路面輝度、『明るさのムラ』については輝度均斉度として、数値が記されており、この数値を確保することによって必要とされる視認性、経済的なメリット等が確保されると考えられる。したがって、路面輝度、輝度均斉度を向上することによってより高い視認性が確保され、更に設置基準の条件と同等の経済性が得られれば、更に質の高い夜間の道路環境が提供可能になると言える。

このうち、輝度均斉度は「視認性」「快適性」との関連が深く^{1) 2) 3)}、輝度均斉度の高い明るくムラのない均一な路面を提供することによって「視認性」「快適性」は向上すると考えられている。このため、まず道路照明の設置高さを高く（以下、高位置設置道路照明という）することによって、同じ明るさでも輝度均斉度は向上することに着目した。次に、間隔を広げることによって現行の設置基準と同程度またはそれ以上の輝度均斉度を確保することによって、設置本数を減らせることについても着目した。最終的には、設置高さ、間隔を考慮することによって、路面の輝度均斉度が向上し、「視認性」「快適性」の評価も向上すると予想した。

そこで本研究は、道路照明の設置高さを高くし、設置間隔を広げる実験によって、「視認性」「快適性」について検証した。また、経済性についても考慮した。

3.2 実験の内容

今回の実験は、灯具の設置高さと同隔を変化させることにより、路面上の光学特性を把握するとともに、運転者の視点から「視認性」「快適性」について主観による評価を行った。設置高さと同隔の関係は、設置基準に記載されている設置高さの3.5倍（ $S=3.5H$ ）の考え方から、現在、建設省で一般的に使用されている、高さ $H=10\text{m}$ 、間隔 $S=35\text{m}$ （ $3.5H$ ）を標準とした。さらに、高位置設置道路照明として、1.2.2項で述べたように、設置高さを高くした $H=15\text{m}$ ・ $S=52.5\text{m}$ （ $3.5H$ ）についても検討を行った。

3.3 実験の方法

実験は、「設置高さと同隔における視認性と快適性の関係」を把握するため、光学測定と視認性評価および快適性評価を行った。

(1) 実験条件

実験は、建設省土木研究所内にある道路照明実験施設で行った。本実験施設は、様々な道路照明条件を作り出すことが可能で、道路照明の配置や視認性に関する実験を行うための施設である。この施設は、両

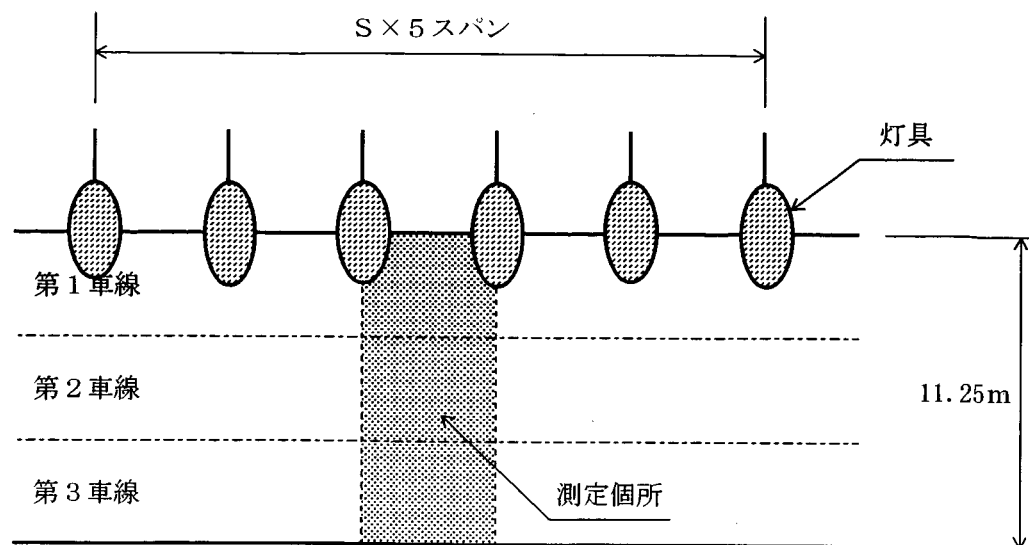
側に9基ずつの照明灯と誘導レールによって構成されている。また実験方法は、道路照明灯具の設置高さH(10m、15m)と設置間隔S(3.5H、4.5H、5.5H)を変化させて行った。図-3・1は、灯具の配置を示す。

表-3・1は、48実験パターンを示す。

実験に使用する道路照明灯具は、建設省の標準タイプであるKSC-4(高圧ナトリウムランプ・NH360FL)とKSN-3(高圧ナトリウムランプ・NHT360L)の2種類を用いた。

この2種類の灯具は、いずれもセミカットオフ形と言われるものでグレアをある程度制限するため、水平に近い光をかなり抑えているが横方向(道路縦断方向)の伸びも考慮している配光を有するものであり、現在最も多く使用されている。

また、設置高さ別における灯具の光束出力は、設置間隔が高さの3.5倍(3.5H)の場合において、平均路面輝度が1cd/m²になることを基準に考え、設置高さが15mの場合は360Wのランプ出力を100%点灯、設置高さが10mの場合は360Wのランプ出力を50%点灯(50%調光)に設定した。



設置間隔 S	設置高さ H	
	H = 10m	H = 15m
3.5H	35m	52.5m
4.5H	45m	67.5m
5.5H	55m	82.5m

図－３・１ 道路照明灯具の配置図

表－３・１ 実験条件

仕 様 灯 具	KSC-4 (NH360FL)				KSN-3 (NHT360L)			
使 用 数	6 灯 (片側配列)				6 灯 (片側配列)			
設置高さ (H)	1 0 m		1 5 m		1 0 m		1 5 m	
設置間隔 (S)	3.5H	4.5H	5.5H		3.5H	4.5H	5.5H	
取り付け角度	5 度				5 度			
車線 (測定個所)	1	2	3	全体	1	2	3	全体

なお、試験走路の舗装は、アスファルト舗装である。

(2) 光学測定

路面の光学測定は、図－３・１の道路照明灯具の配置図に示すように、５スパンの中央部１スパンにおいて測定を行うものとする。

a) 測定項目

光学測定の項目は、下記による。

①路面照度

②部分路面輝度

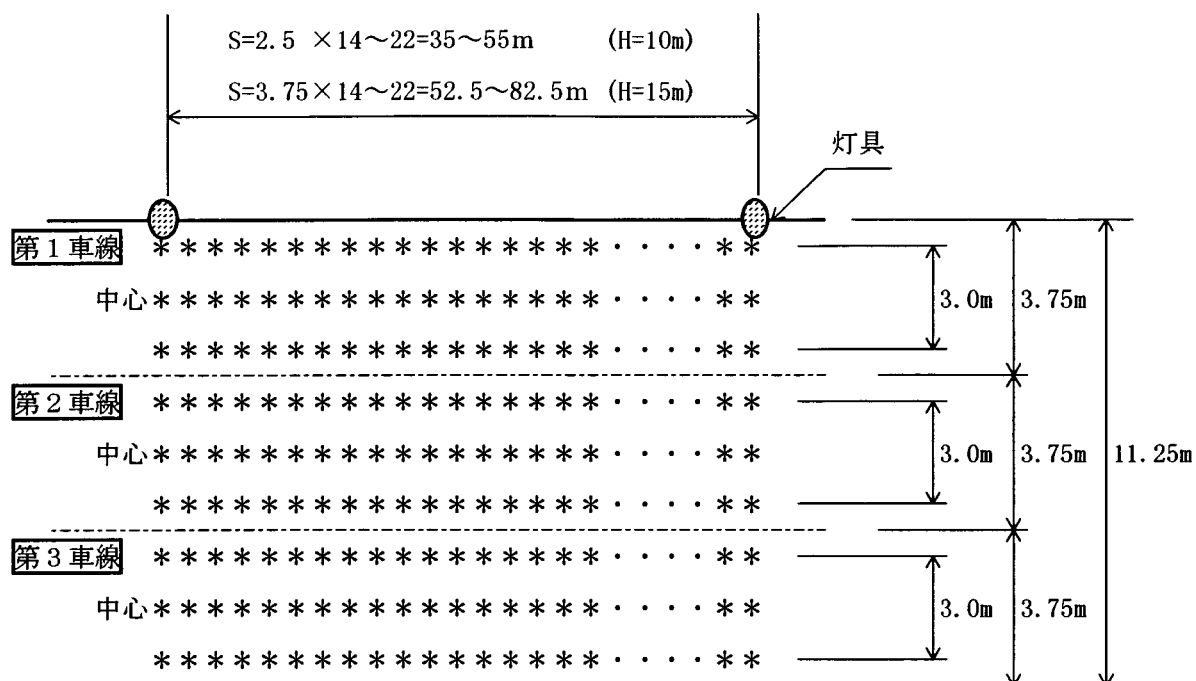
③平均路面輝度

④障害物の輝度とその背景輝度

b) 測定方法

①路面照度

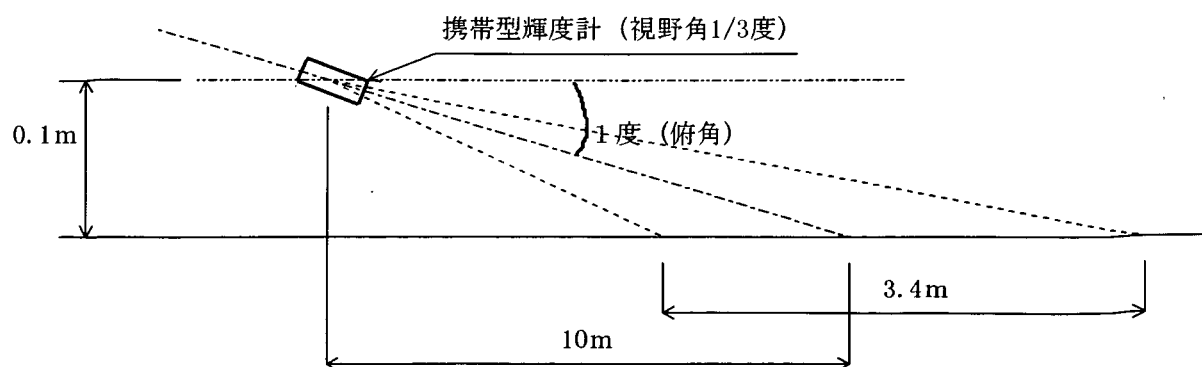
路面照度の測定は、図－3・2で行った。その方法は道路照明灯具の配置図（図－3・1）にある道路照明設置区間の中央部1スパンにおいて、道路縦断軸方向は、設置高さが10mの場合は2.5m間隔、また設置高さが15mの場合は3.75m間隔とし、道路横断方向については各車線中心線上とその両端1.5mの9箇所を測定する。



図－3・2 路面照度および部分路面輝度の測定箇所

②部分路面輝度

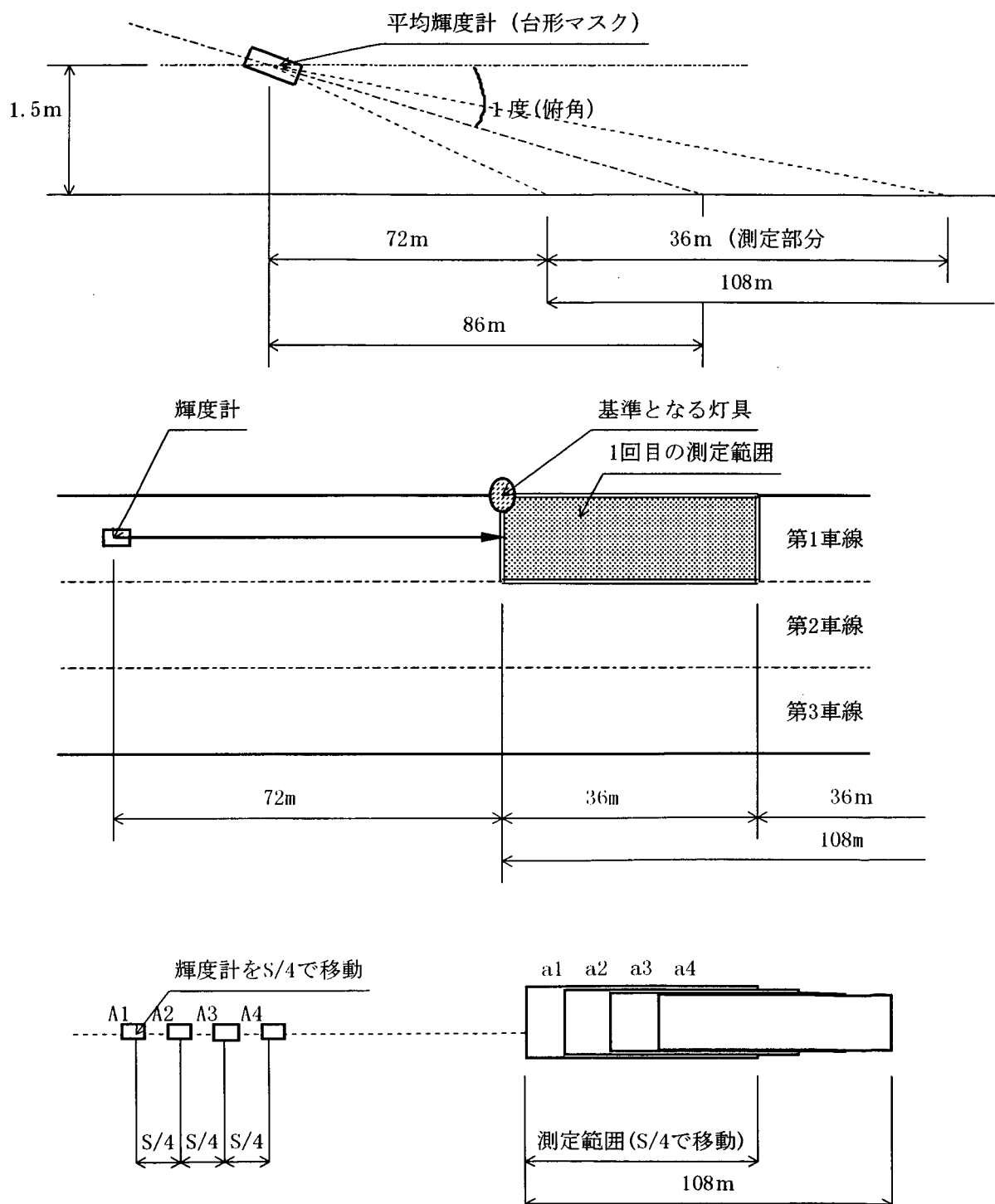
部分路面輝度の測定は、図－3・3で行った。その方法は、携帯型道路照明用輝度計の視野角1/3度を使用し、俯角1度（水平方向より1度下向け）で行った。測定箇所は、路面照度と同じ箇所である図－3・2で行った。



図－3・3 部分路面輝度測定側面図

③平均路面輝度

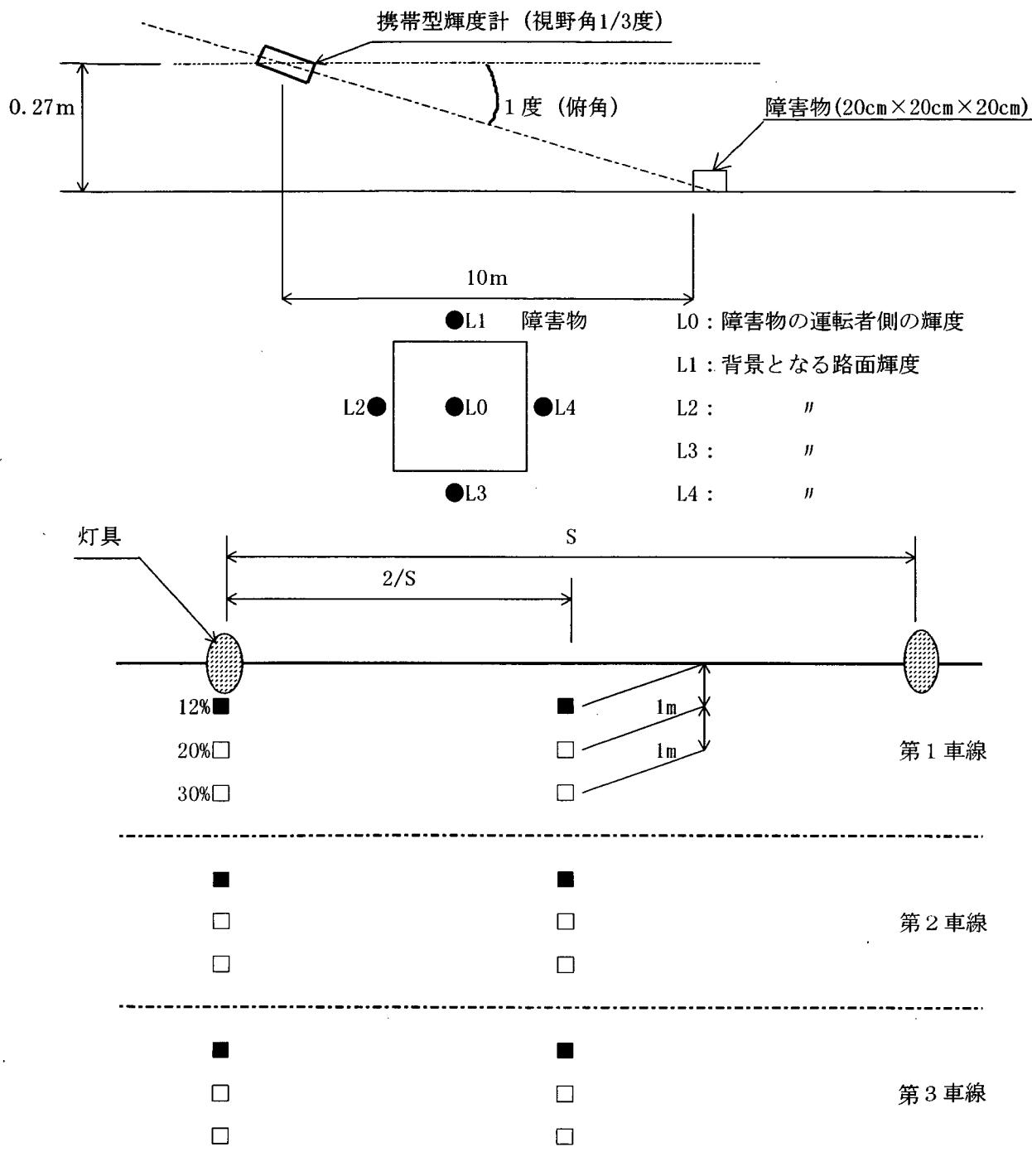
平均路面輝度の測定は、図－３・４で行った。その測定方法は、路面照度と部分路面輝度の測定範囲を含む108mの路面を、平均路面輝度計（測定対象路面の透視図形に一致する台形の測定視野を持つ輝度計）を使用し、俯角1度（水平方向より1度下向け）で、道路縦断方向に灯具の設置間隔の1/4ピッチずつ移動させて各車線12回測定し、その平均を求めるものとする。



図－３・４ 平均路面輝度測定側面図

④障害物の輝度とその背景輝度

障害物の輝度とその背景輝度の測定は、図－３・５で行った。その測定方法は、携帯型輝度計の視野角 $1/3$ 度を使用し、俯角 1 度（水平方向より 1 度下向け）で、障害物の運転者側の輝度および背景（路面）輝度を測定する。また、同時に、障害物の輝度測定部分の鉛直面照度も測定する。なお、障害物の設置位置は、実験場の中央スパンの灯具直下および $1/2$ スパンの箇所とする。



図－３・５ 障害物測定個所および障害物設置位置

(3) 視認性評価

① 評価方法

評価方法は、正常な視力を有する運転免許保有者 13 名の被験者により、各車線に配置された静止しているそれぞれの乗用車の中から、走行速度 60km/h の視距である 75m 先の地点に配置された障害物の視認性について、主観アンケート調査を行うものとする。なお、乗用車の前照灯は、道路照明のみの評価を行うため、点灯しないものとする。

視認性評価は、観測地点に設置された反射率が違う 3 種類の障害物（20cm の立方体）について、3 車線分と 2 箇所（灯具直下と灯具中間）の合計 18 個を観測者の主観により行うものとし、ある車線から見た各車線（3 車線分）上の障害物を全て評価する。

また、主観評価は、前方にある障害物を見た印象を表－3・2 に示す尺度で行った。

表－3・2 視認性評価尺度

評価点	障害物を見た印象
5	非常に良く見えた
4	良く見えた
3	見えた
2	かろうじて見えた
1	見えない

② 分析方法

分析方法は、視認性評価と光学測定の結果から評価方法である「輝度差」「輝度対比」「総合均斉度」の 3 種類について相関分析を行い、道路照明の最適な設置方法を求めるとともに、どの評価方法が最適な視認性評価を行えるかについても分析する。

(4) 快適性評価

① 評価方法

評価方法は、視認性評価と同様かつ同時に、運転免許保有者 13 名の被験者により、各車線に静止した状態で配置されたそれぞれの乗用車の中から、走行速度 60km/h の視距である 75m 先の路面の明るさに関する快適性について、主観評価によるアンケート調査を行うものとする。なお、乗用車の前照灯は、道路照明のみの評価を行うため、点灯しないものとする。

快適性評価は、観測地点における各車線の路面について、観測者の主観により行うものとし、ある車線から見た各車線（3 車線分）の路面を、「快適感」「運転作業性」「明るさのムラ」「明るさ感」の快適性の項目について全て評価することとした。

主観評価は、前方の評価対象の路面を見て感じた印象について表－3・3～表－3・6 に示す尺度で行った。

表－３・３ 快適感の評価尺度（主評価項目）

評価点	路面の明るさのムラが 快適感に及ぼす程度
5	非常に快適である
4	やや快適である
3	どちらとも言えない
2	やや不快である
1	非常に不快である

表－３・４ 運転作業性評価尺度

評価点	路面の明るさのムラが 運転作業に及ぼす程度
5	非常に運転しやすい
4	やや運転しやすい
3	どちらとも言えない
2	やや運転しづらい
1	非常に運転しづらい

表－３・５ 明るさのムラの評価尺度

評価点	明るさのムラについて
5	全く気にならない
4	ほとんど気にならない
3	どちらでもない
2	少し気になる
1	非常に気になる

表－３・６ 明るさ感の評価尺度

評価点	路面を見た時の明るさの印象
5	明るすぎる
4	やや明るい
3	ちょうど良い
2	明るさがやや不足
1	明るさが不足

②分析方法

分析方法は、快適性評価（主評価項目「快適感」とその他３項目「運転作業性」「明るさのムラ」「明

るさ感」)と光学測定の結果から、評価方法である「車線軸均斉度」「最大輝度勾配」の2種類について
相関分析を行い、主評価項目の「快適感」から求められる道路照明の最適な設置方法を求めるとともに、
どちらの評価方法(車線軸均斉度、最大輝度勾配)が最適な視認性評価を行えるかについても分析する。

第4章 光学特性の結果と考察

4.1 路面照度

路面照度は、事前に予測計算を行い、実測結果と比較を行った。表－4・1に、平均路面照度の予測計算と実測結果を示す。なお、実測結果の平均路面照度の算出は、路面の各地点における部分照度を、平均して算出したものである。

表－4・1 平均路面照度

高さ H	間 隔 S	予測計算		実測結果	
		KSC-4	KSN-3	KSC-4	KSN-3
10m	3.5H (35m)	17.2	23.3	18.1	27.9
	4.5H (45m)	13.4	18.1	14.6	21.7
	5.5H (55m)	10.9	14.8	11.3	18.0
15m	3.5H (52.5m)	19.8	25.3	20.9	25.7
	4.5H (67.5m)	13.6	19.7	16.5	20.3
	5.5H (82.5m)	12.6	16.1	13.7	16.6

(単位：lx)

表－4・1 路面照度から、実測結果は、予測計算より若干高い値となることを把握した。この要因として、実験に使用したランプが新しいため、計算で用いている光束値よりも大きくなることがあげられる。また、灯具による照度の差は、灯具の配光による差以外に使用したランプの差が考えられる。今回使用したランプは電力数を同じに設定したため、KSN-3形で使用する直管形透明ランプとKSC-4形で使用する拡散形ランプでは、KSN-3形のランプの方が、KSC-4形のランプ光束より5%程度高いためと考えられる。

図－4・1(a)～図－4・4(a)に予測計算の照度布図、図－4・1(b)～図－4・4(b)に実測結果の照度分布図を示す。

これらの図を比較すると次のことが言える。照度分布についてはほぼ同じ傾向が見られ、予測計算で十分信頼がおけることを把握した。また、何れの場合においても、灯具直下は高く、灯具の中間部分は低くなり、設置間隔が大きくなるほど灯具中間部分の幅が大きくなることが伺える。

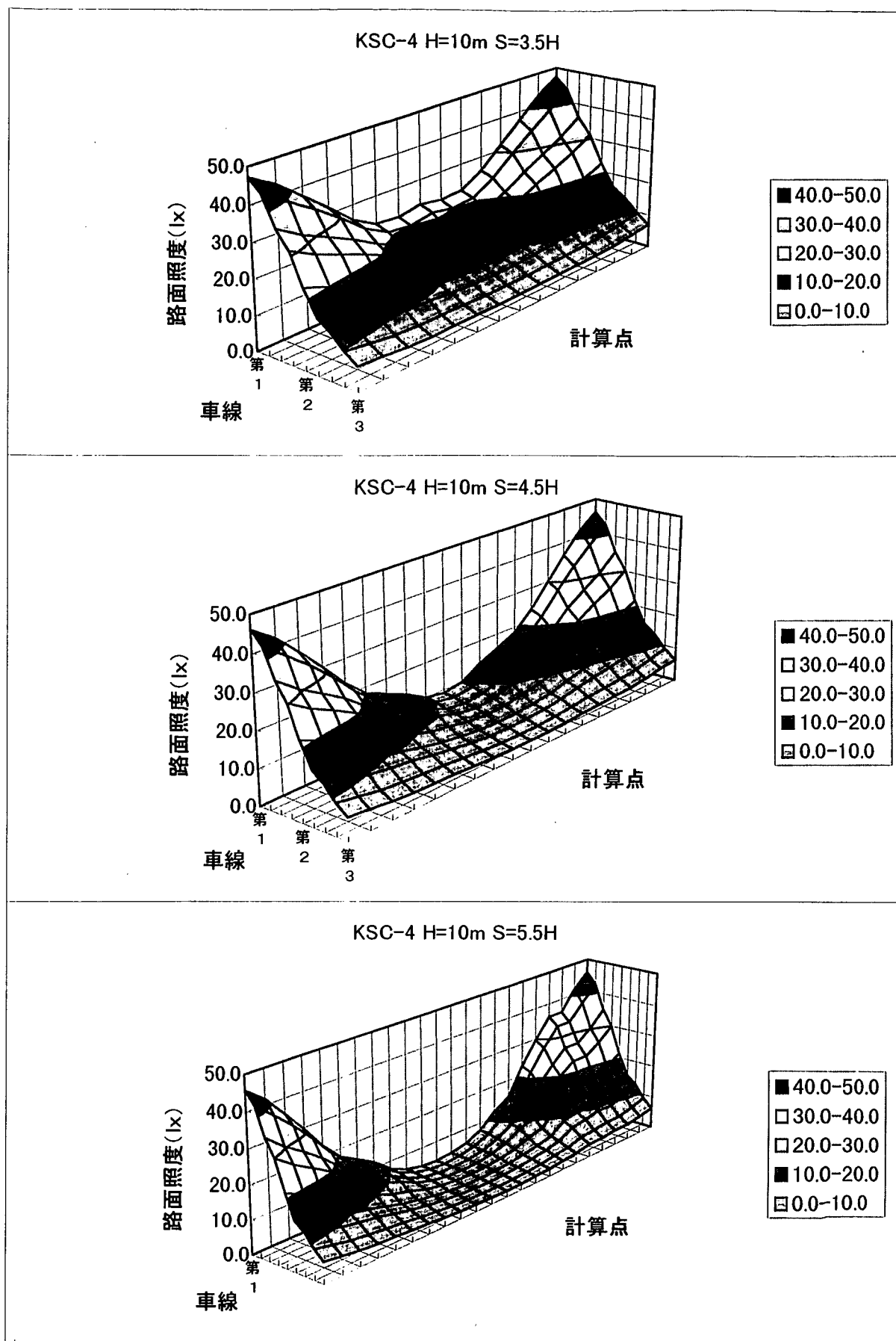


図-4・1(a) KSC-4、H=10m 照度分布図 (予測計算)

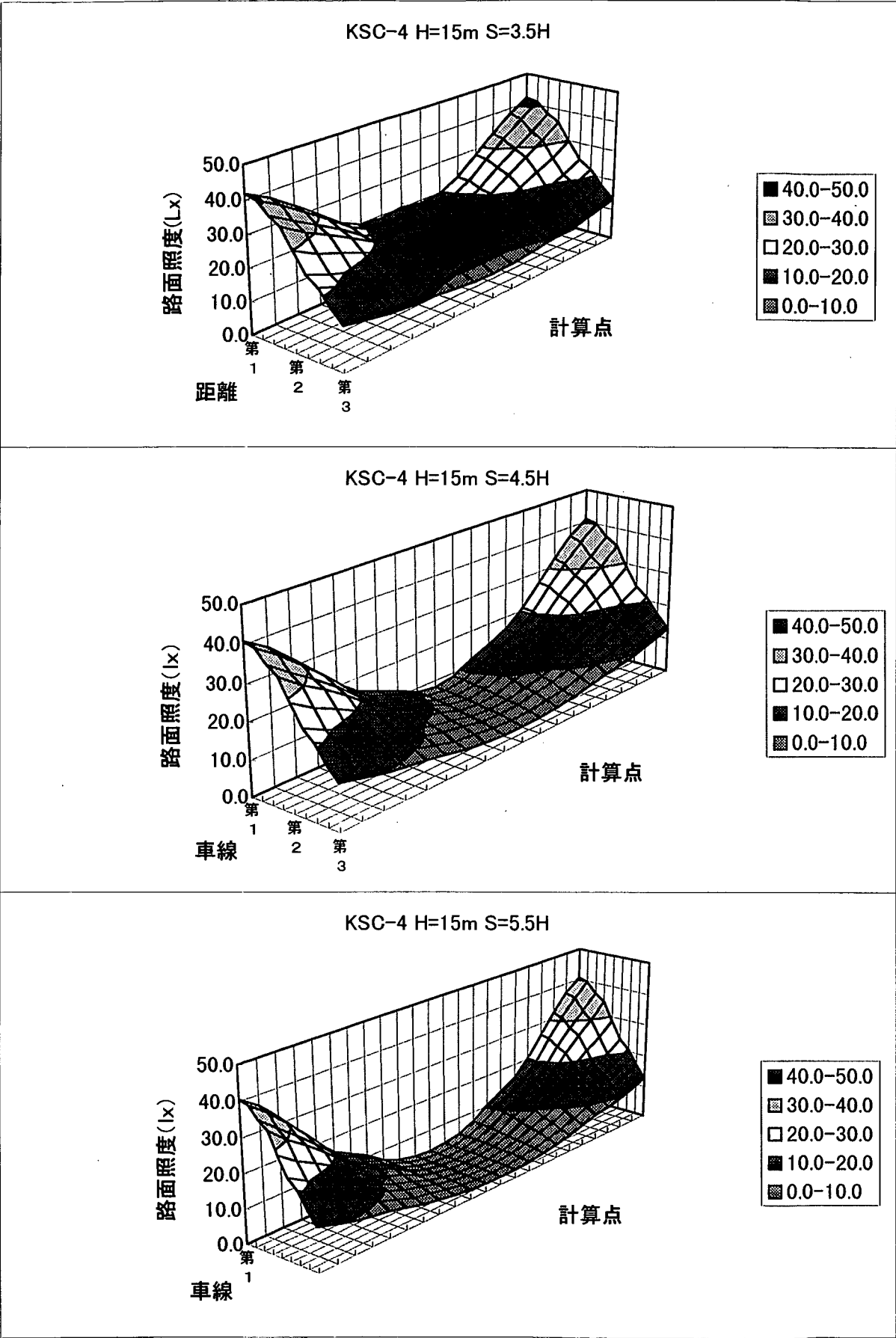


図-4・2(a) KSC-4、H=15m 照度分布図 (予測計算)

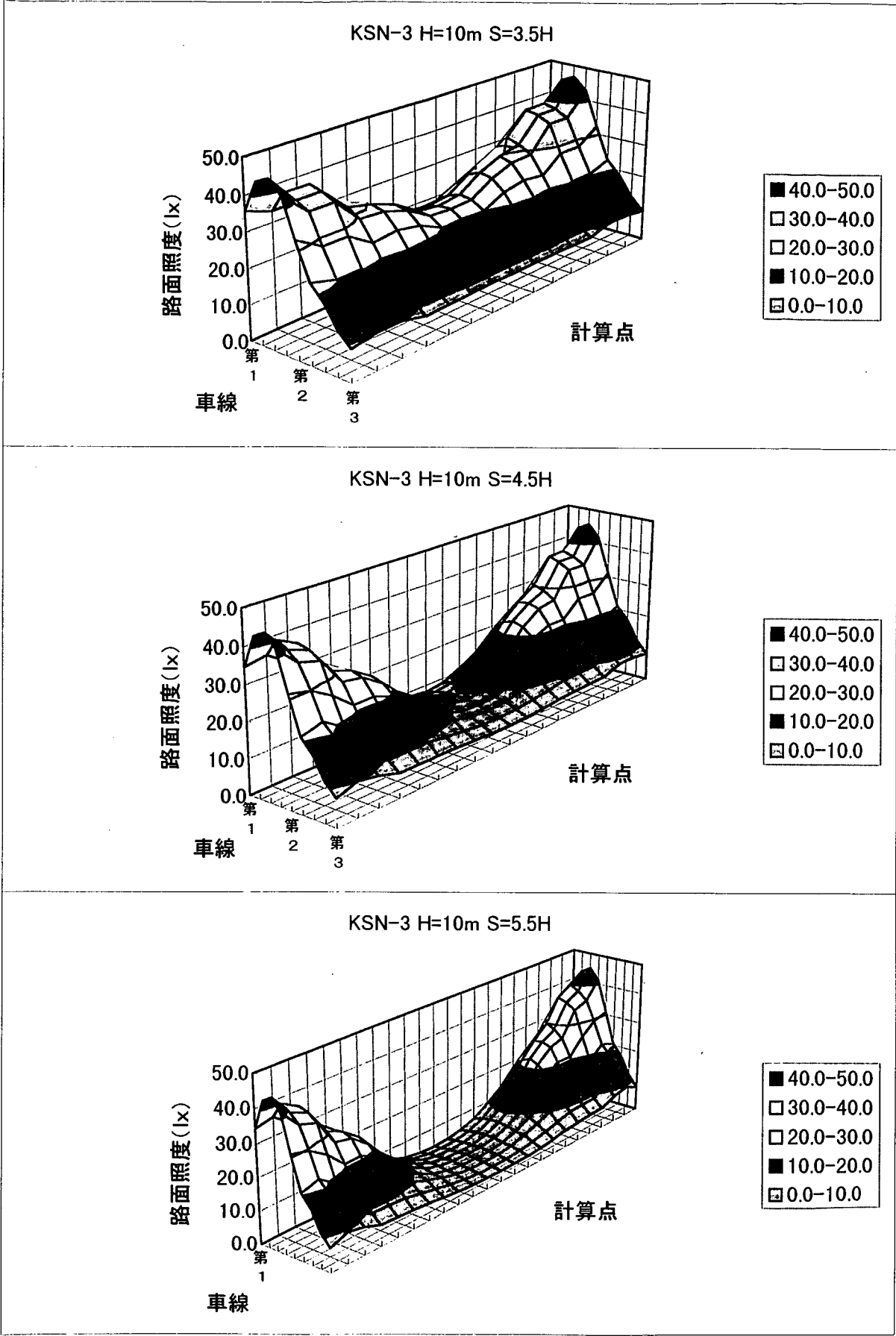


図-4・3(a) KSN-3、H=10m 照度分布図 (予測計算)

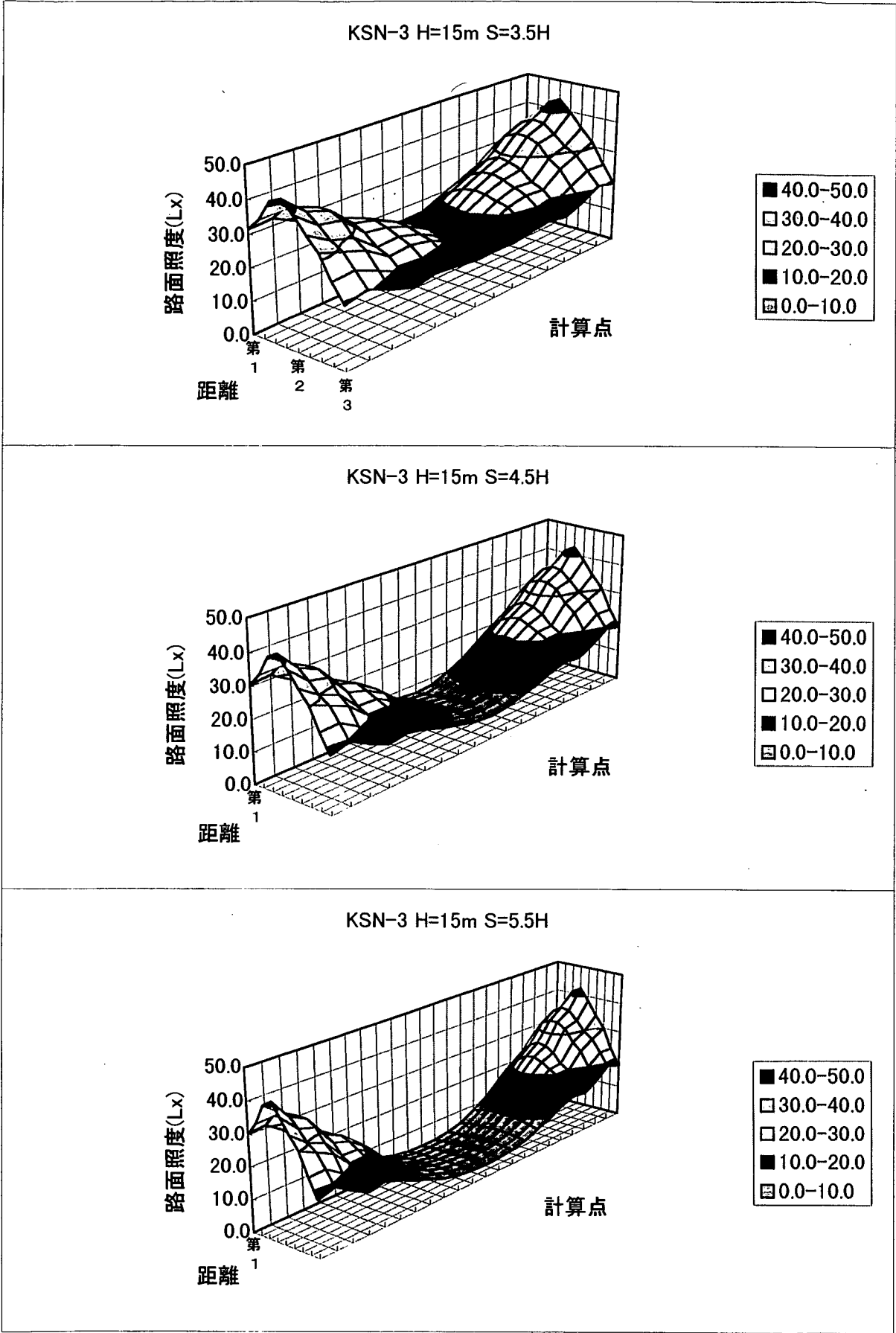


図-4・4(a) KSN-3、H=15m 照度分布図(予測計算)

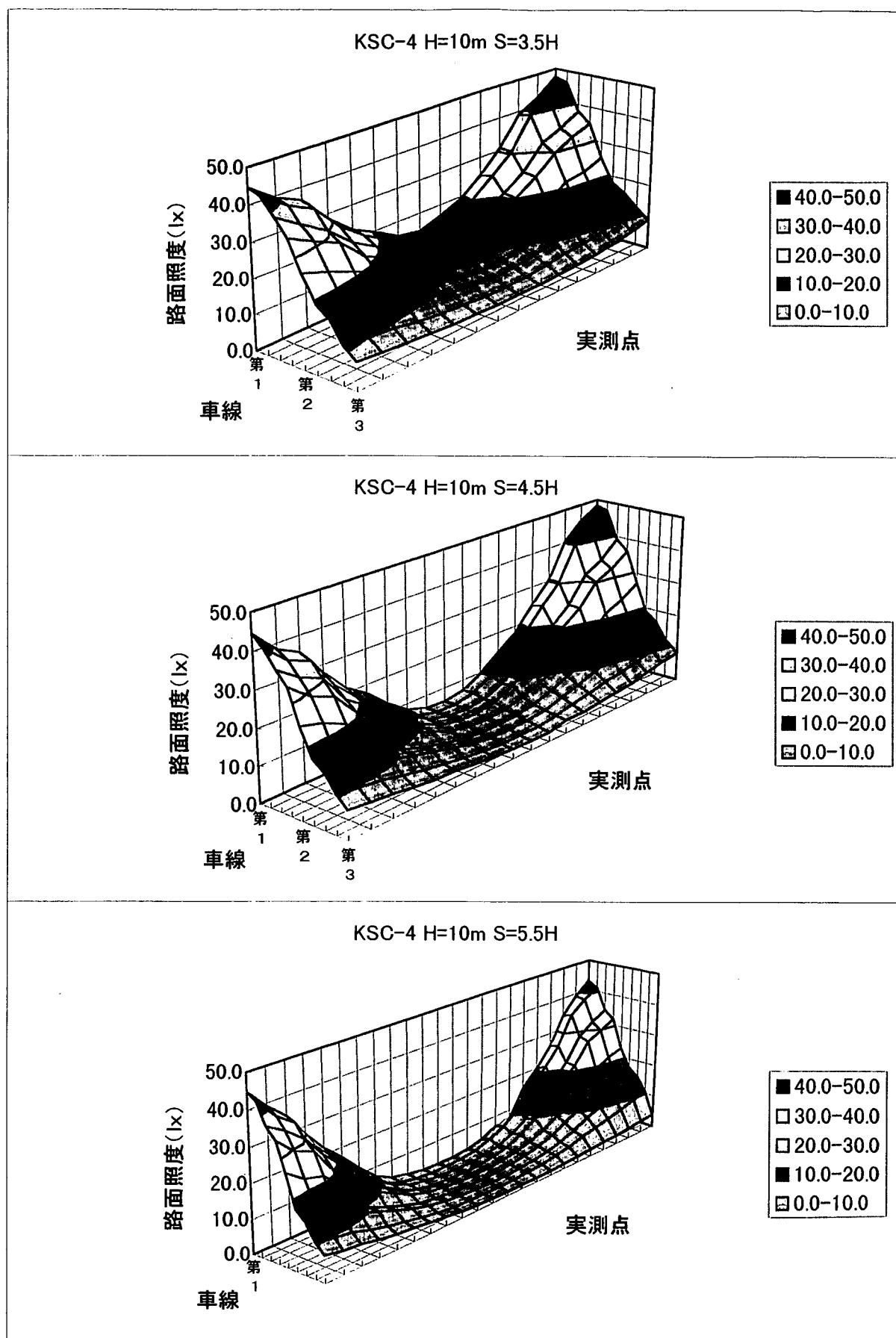


図-4・1(b) KSC-4、H=10m 照度分布図 (実験結果)

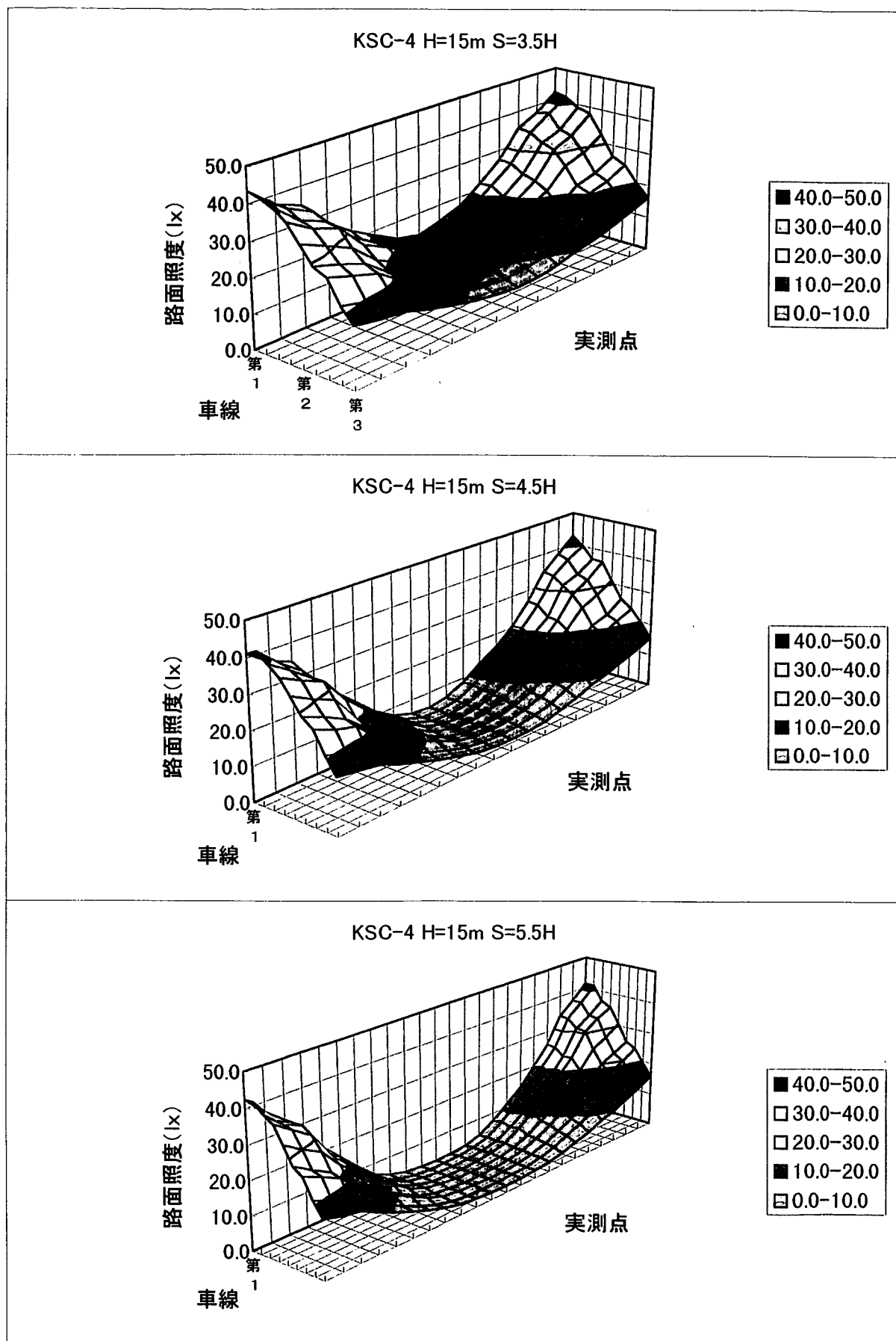


図-4・2 (b) KSC-4、H=15m 照度分布図 (実験結果)

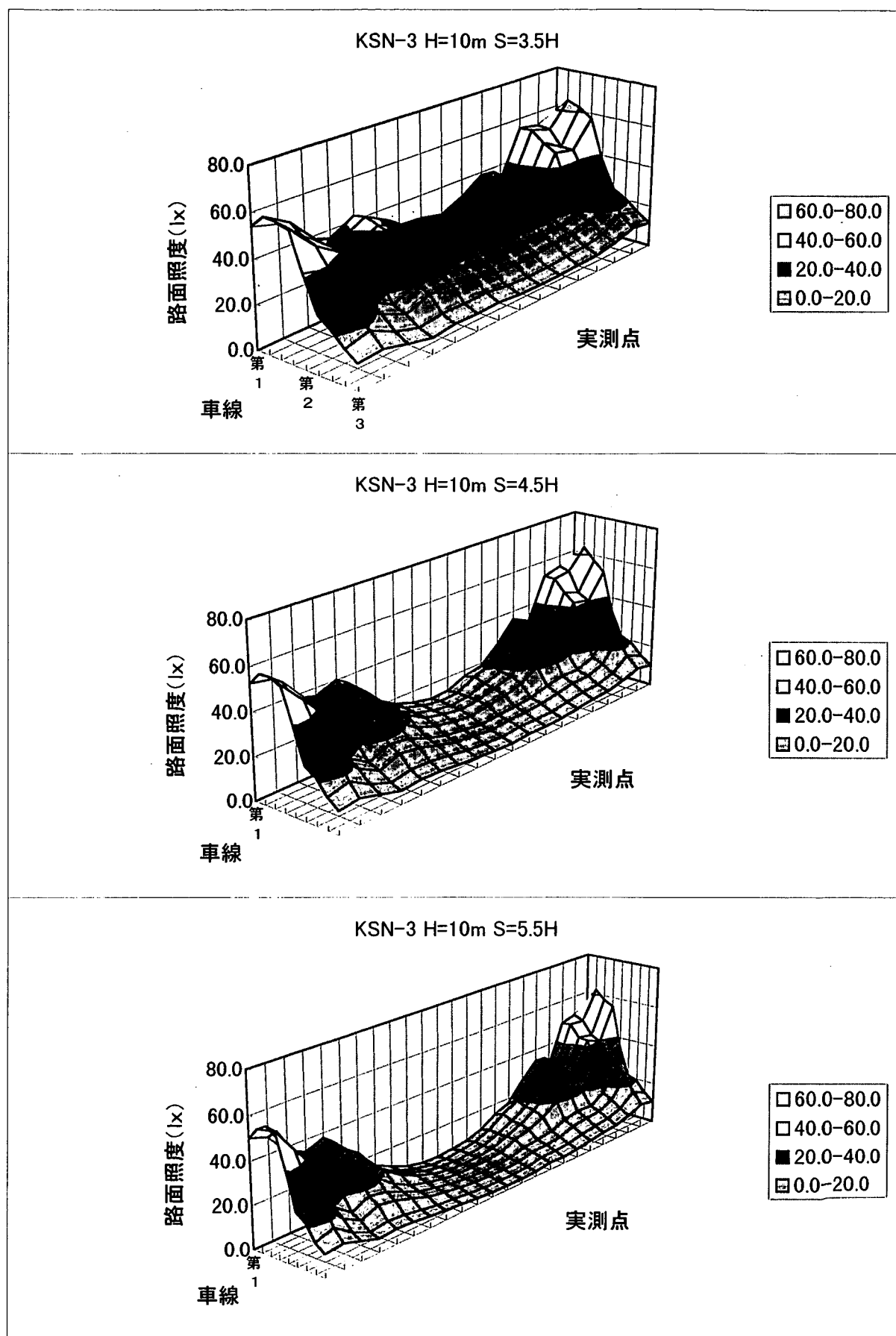


図-4・3(b) KSN-3、H=10m 照度分布図 (実験結果)

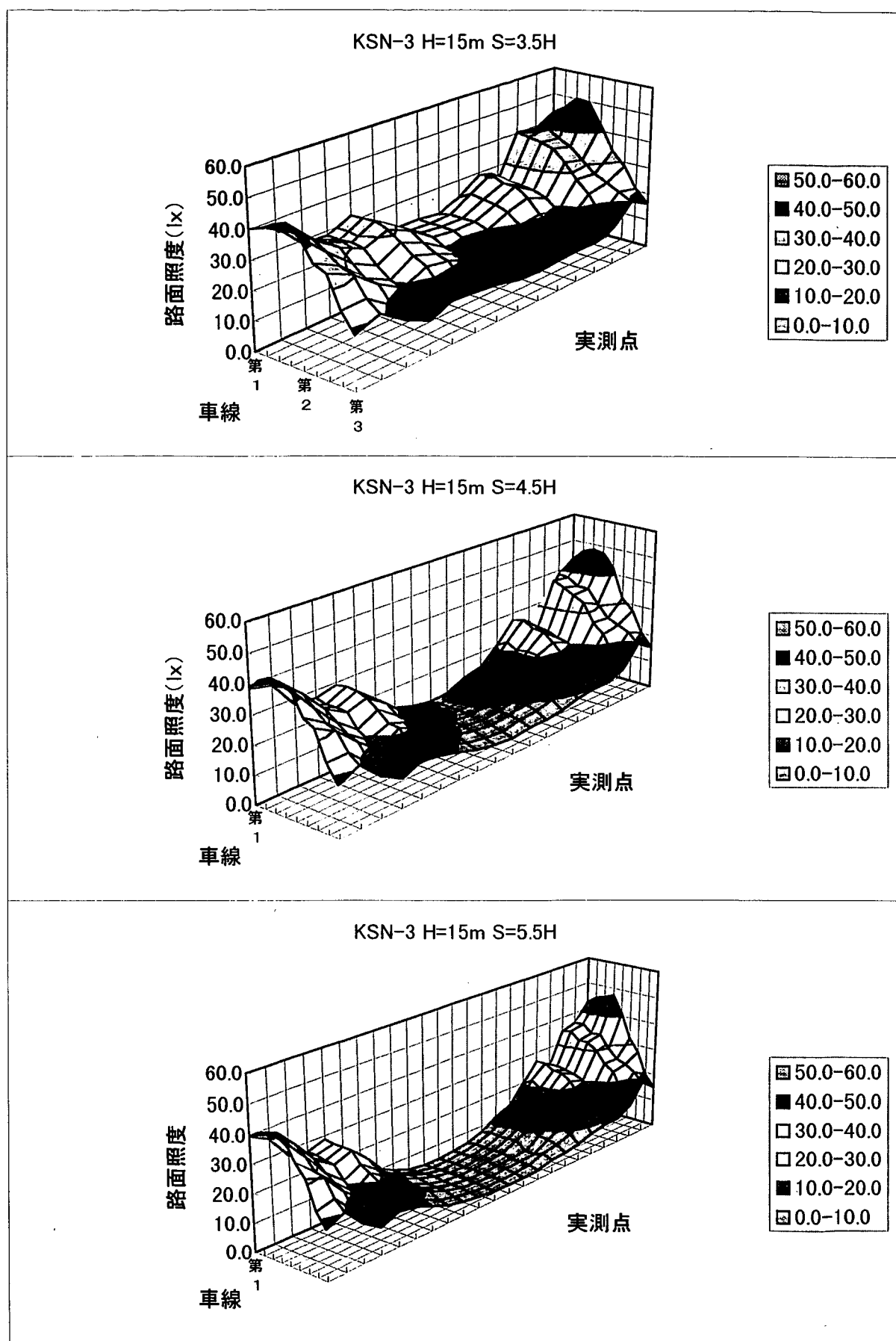


図-4・4(b) KSN-3、H=15m 照度分布図 (実験結果)

4.2 部分路面輝度

図－４・５～８は、部分路面輝度の実測結果をもとにした輝度分布図である。

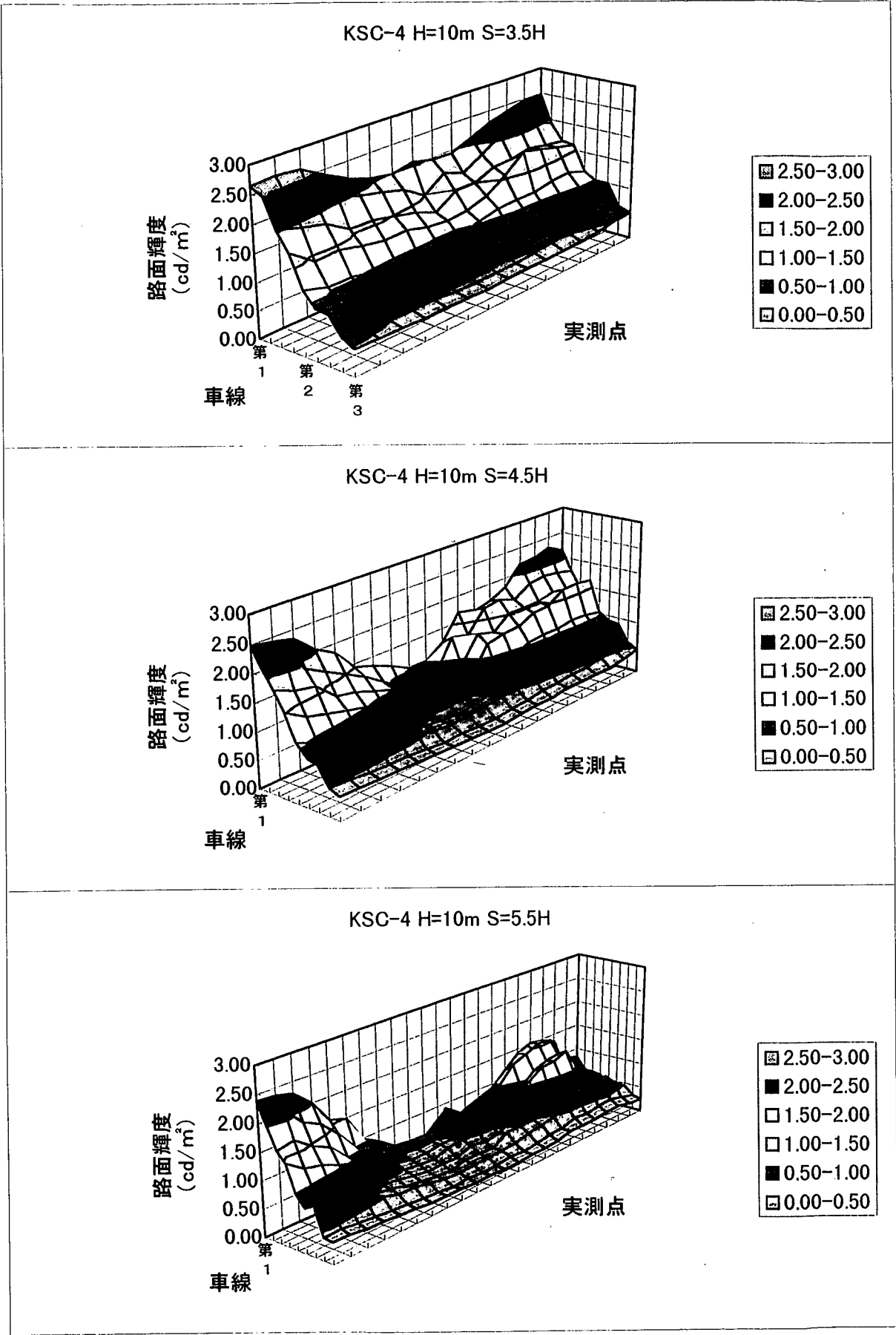


図-4・5 KSC-4、H=10m 輝度分布図

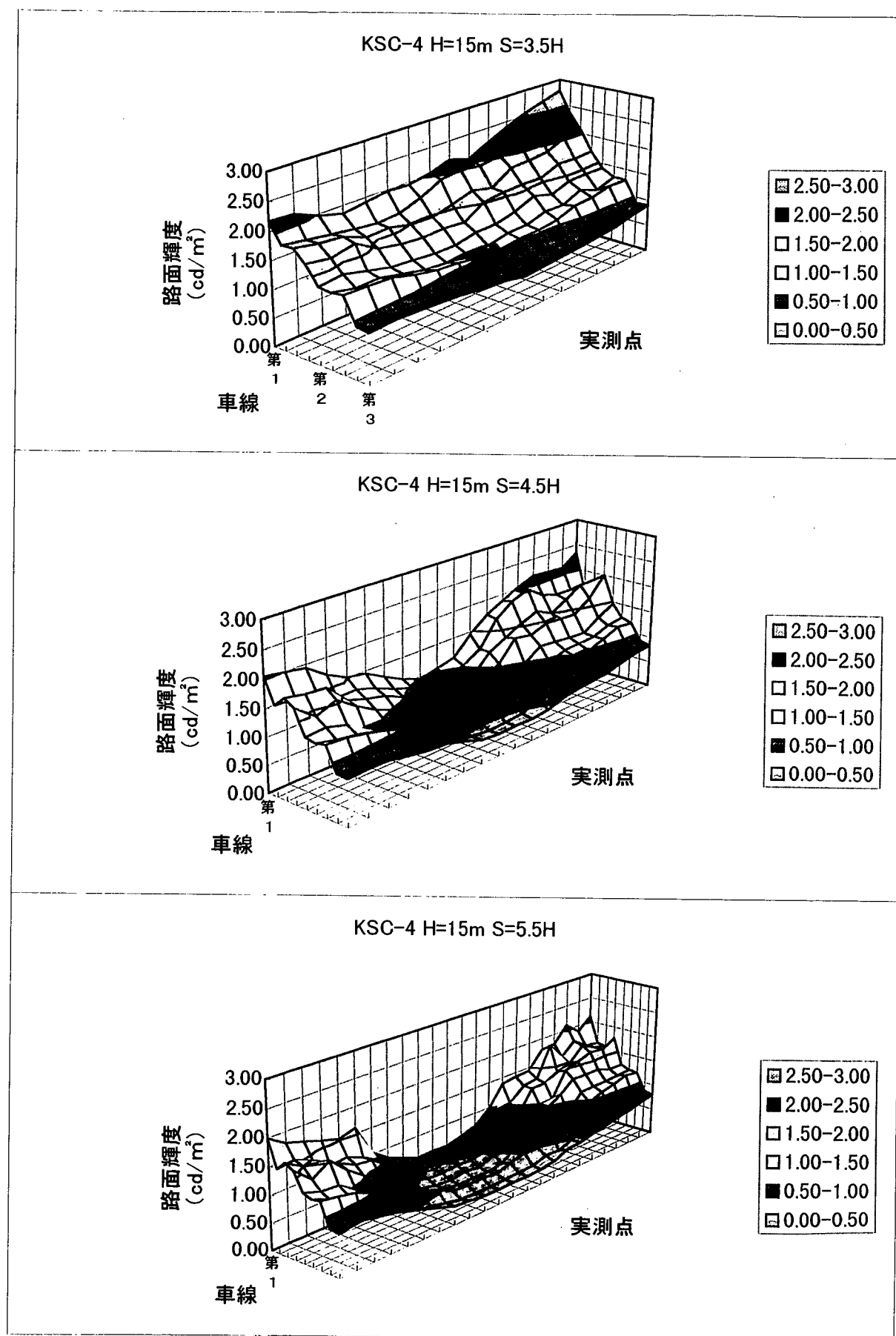


図-4・6 KSC-4、H=15m 輝度分布図

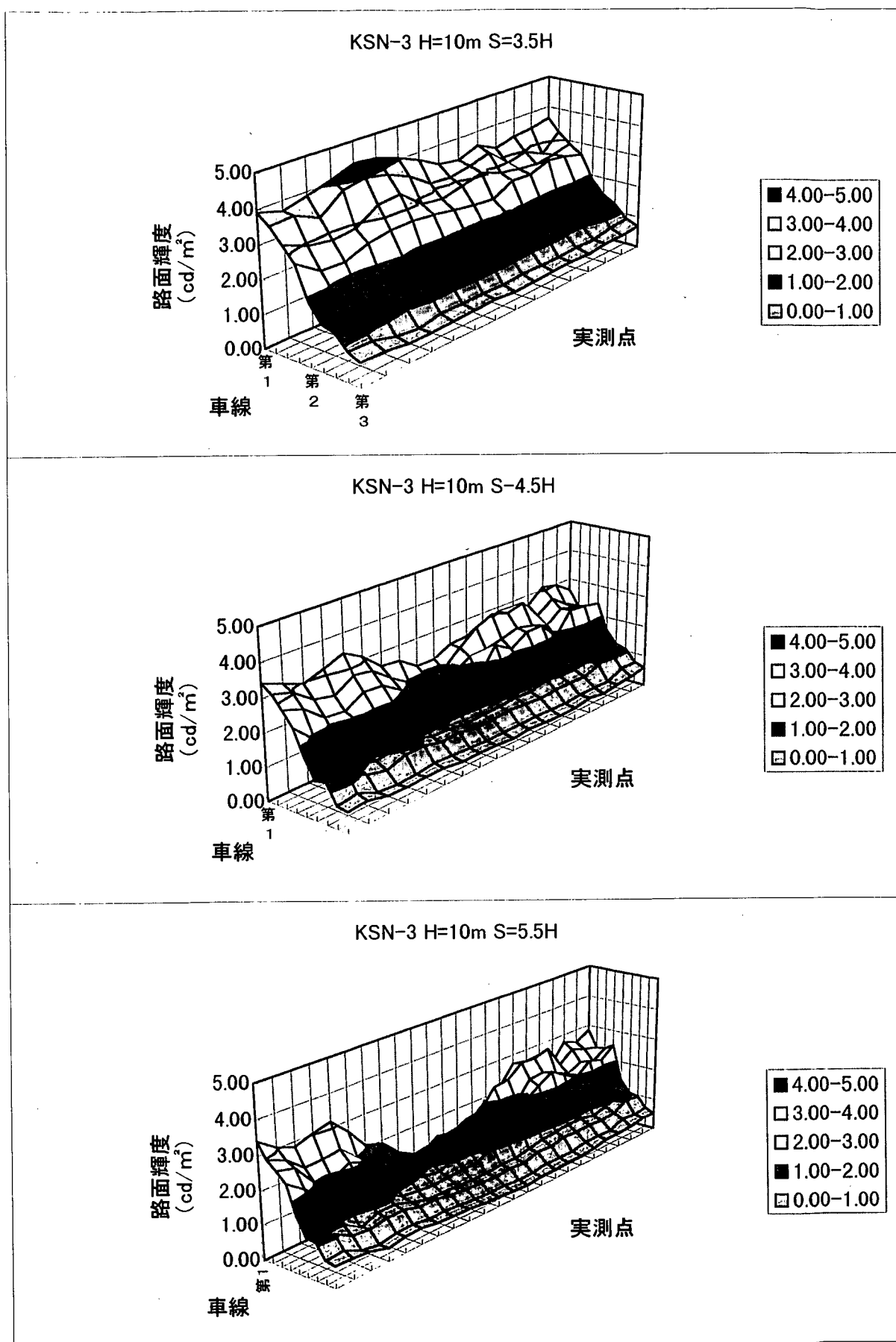


図-4・7 KSN-3、H=10m 輝度分布図

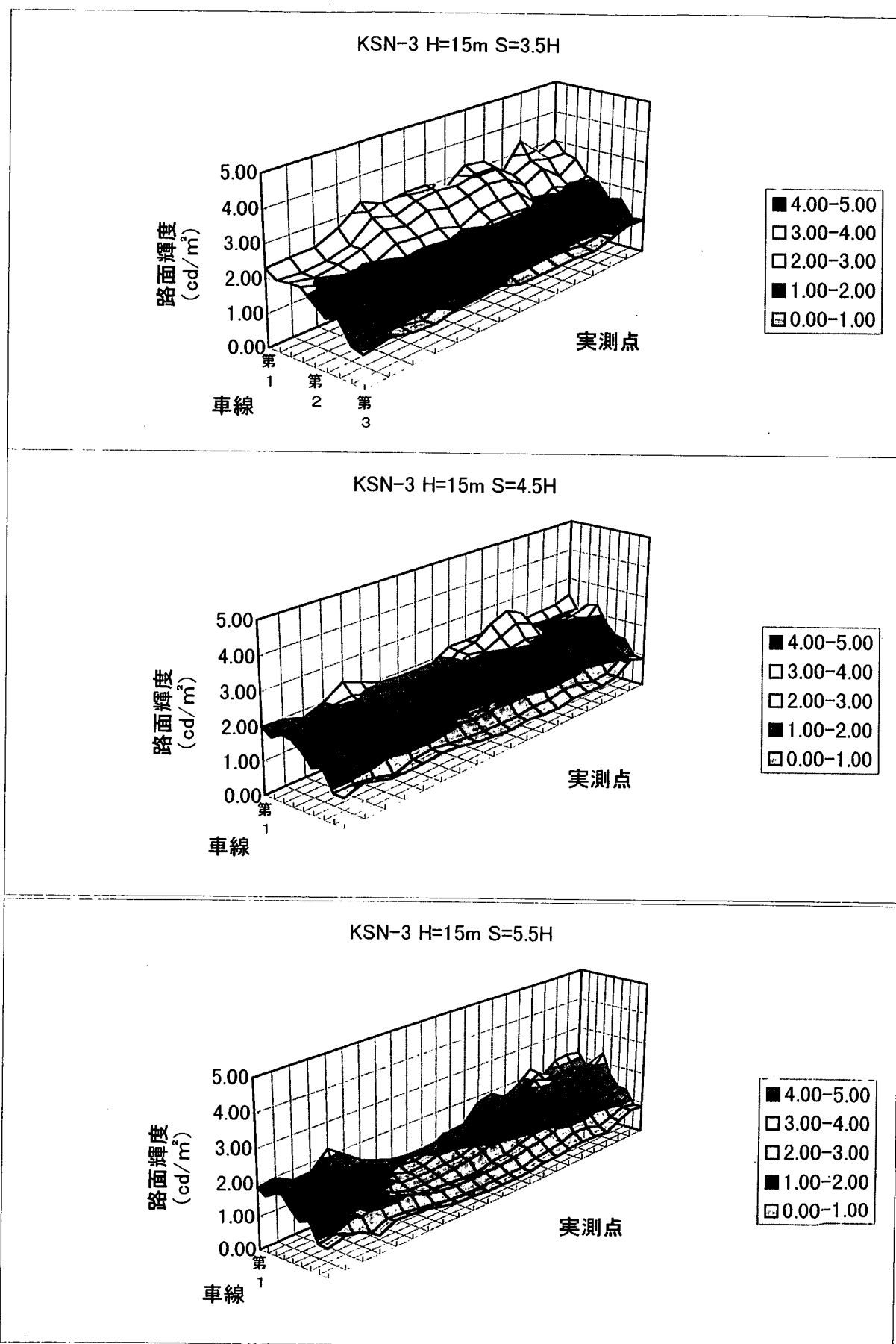


図-4・8 KSN-3、H=15m 輝度分布

結果、次のことを把握した。図－４・５より、KSC－４・設置高さ10mは、全体的に横断方向において第１車線から第３車線にかけて徐々に低くなり、第３車線は非常に低い輝度となった。また、縦断方向において、設置間隔が3.5Hについては、大きな勾配は見られないが、設置間隔4.5H、5.5Hになるにつれて勾配が大きくなった。特に設置間隔5.5Hは、灯具間の中間部分が非常に暗くなり、低い輝度のレベル範囲が広くなるとともに明暗の差が大きくなった。

図－４・６より設置高さ15mでは、設置高さが10mの時と同様に、全体的に横断方向において第１車線から第３車線にかけて徐々に低くなったが、その割合は10m時に比べて緩やかである。また、縦断方向においても、設置間隔が3.5Hから5.5Hになるにつれて勾配は大きくなったが、低い輝度のレベル範囲は狭くなった。

図－４・７よりKSN－３・設置高さ10mは、KSC－４と同様に全体的に横断方向において第１車線から第３車線にかけて徐々に低くなり、第３車線は非常に低い輝度となった。また、縦断方向において、設置間隔3.5Hについては、大きな勾配は見られないが、4.5H、5.5Hになるにつれて勾配が大きくなった。特に設置間隔5.5Hは、灯具間の中間部分が暗くなり、低い輝度のレベル範囲が広くなるとともに明暗の差が大きくなった。

図－４・８より設置高さ15mでは、設置高さが10mの時と同様に、全体的に横断方向において第１車線から第３車線にかけて徐々に低くなったが、その割合は10m時に比べて遙かに緩やかである。また、縦断方向においては、設置間隔が3.5H、4.5Hは勾配が小さいが、5.5Hは灯具間の中間部分が暗くなったが、明暗の差は設置高さ10mの時と比べて非常に小さくなった。

4.3 平均路面輝度

平均路面輝度の実測結果を表－４・２に示す。また、図－４・９は表－４・２をグラフ化したものである。

表－４・２ 平均路面輝度 実測結果

高さ H	間 隔 S	KSC－４				KSN－３			
		第１車線	第２車線	第３車線	全体車線	第１車線	第２車線	第３車線	全体車線
10m	3.5H (35m)	1.96	1.11	0.58	1.22	3.35	1.90	0.83	2.03
	4.5H (45m)	1.54	0.89	0.46	0.97	2.54	1.48	0.64	1.56
	5.5H (55m)	1.08	0.65	0.35	0.69	2.09	1.25	0.53	1.29
15m	3.5H (52.5m)	1.96	1.32	0.92	1.40	2.65	1.83	1.16	1.88
	4.5H (67.5m)	1.50	1.05	0.74	1.10	2.03	1.46	0.91	1.47
	5.5H (82.5m)	1.20	0.89	0.62	0.90	1.58	1.19	0.75	1.17

(単位：cd/m²)

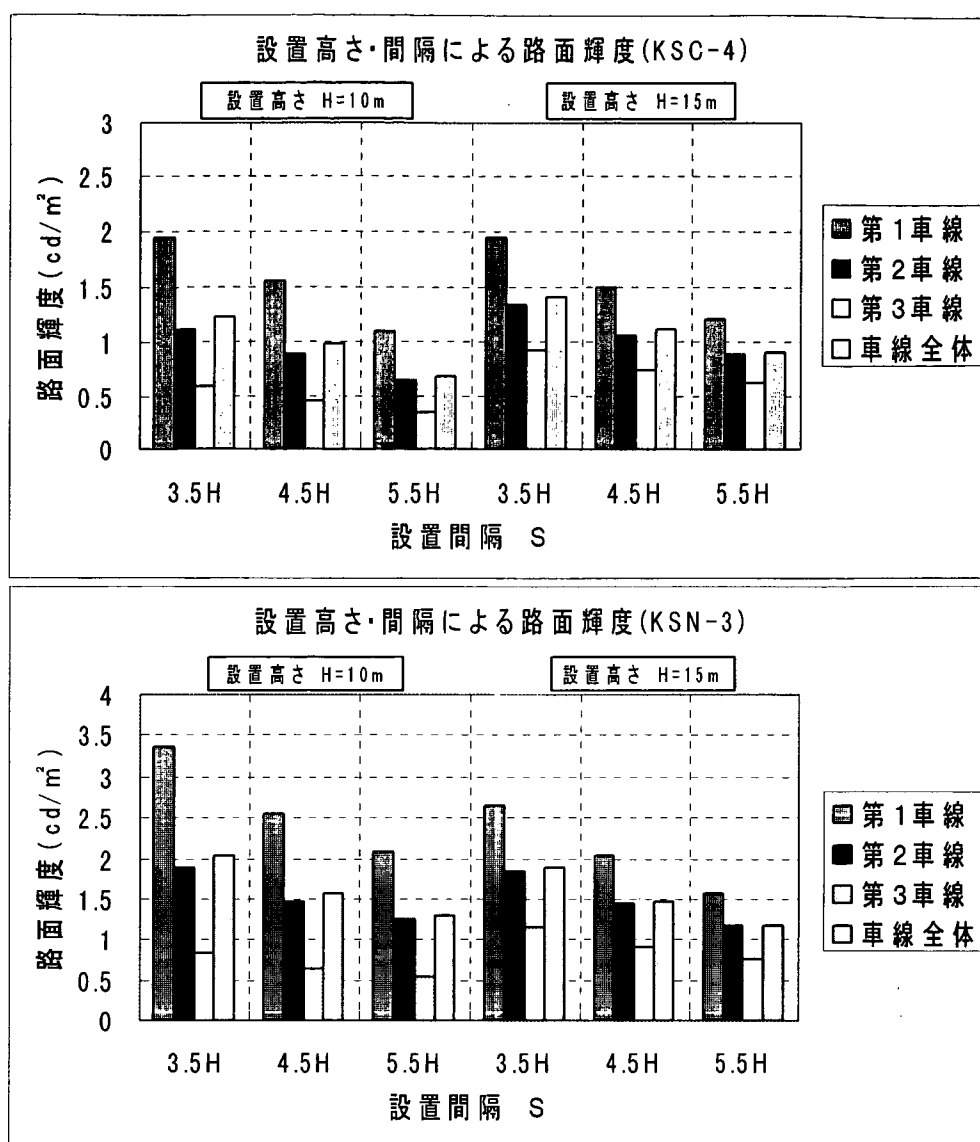


図-4・9 設置高さと間隔による平均路面輝度

結果、次のことを把握した。

平均路面輝度は、設置高さで比較すると、両灯具ともに設置高さ10mの時は各車線の差が大きくなり、第1車線と第3車線の差が非常に大きくなった。設置高さ15mの時は10mの時と比較すると、各車線の差が小さくなった。次に、設置間隔で比較すると、両灯具および両設置高さともに、設置間隔が大きくなるに従って第1車線と第3車線の差が小さくなった。

また、車線全体の平均路面輝度は、全てのケースにおいて第2車線とほぼ等しい値になると同時に、平均路面輝度は部分路面輝度から得られる値のため、部分路面輝度の傾向と同じ傾向が得られた。

4.4 総合均斉度

図-4・10は、設置間隔による総合均斉度の変化を表したものである。図-4・10より、各車線毎の総合

均斉度は、設置高さが10mの時、両灯具の傾向として第1車線から第2車線へかけて低くなり、第2車線から第3車線へとかけて高くなる。これは3車線分の各車線内総合均斉度の内、第2車線に平均路面輝度に対して最小路面輝度が存在していることとなる。第3車線の車線内総合均斉度の値は、平均路面輝度も低く有効に照明されていないため最小路面輝度が低くても、高くなるものと思われる。

設置高さが15mの時は、第3車線も有効に照明され各車線の路面輝度の差が小さくなるが、第2車線の総合均斉度は設置高さ10mの時の第1車線の総合均斉度、第3車線の総合均斉度は設置高さ10m時の第2車線の総合均斉度のそれぞれの傾向と近くなった。これは、灯具から照射される配光が、設置高さ10m時の第2車線への配光部が、設置高さ15mになることで第3車線へ照射されるためと考えられる。

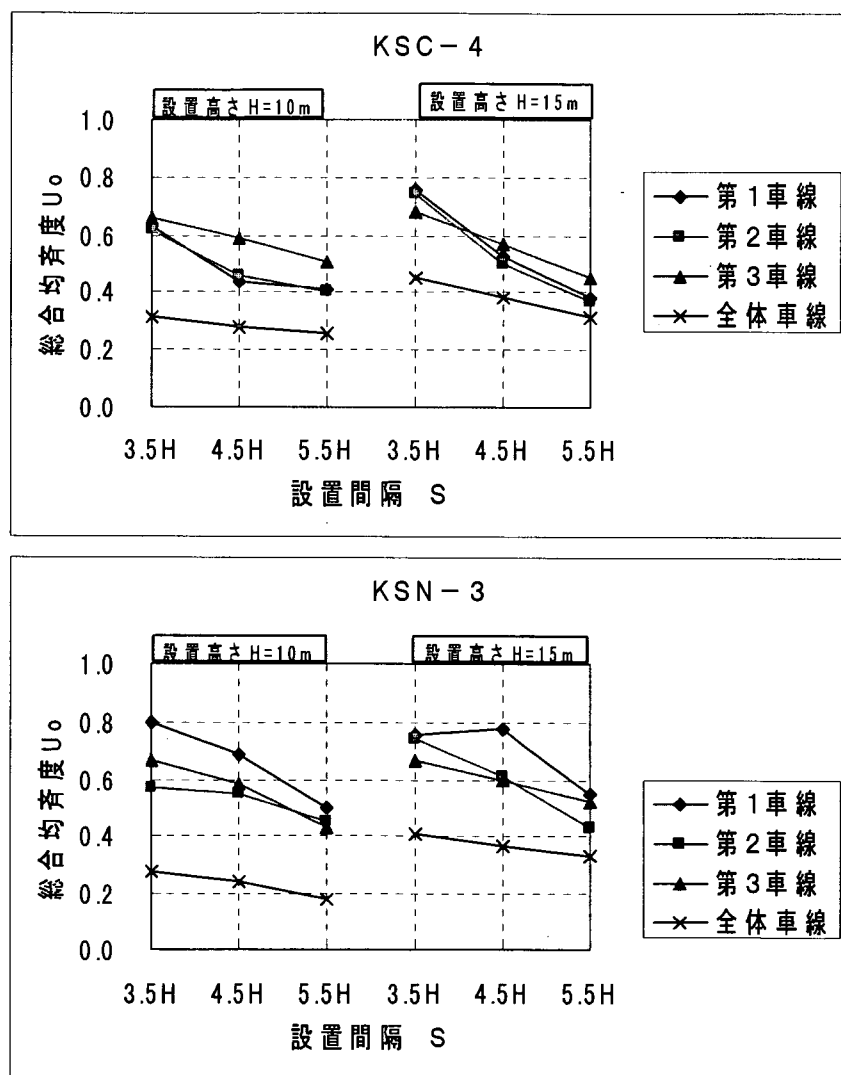


図-4・10 設置間隔による総合均斉度

設置間隔による各車線毎の総合均斉度は、いずれのパターンにおいても（KSC-4・H=15m・S=4.5Hは除く）設置間隔が大きくなると低下した。しかしながら、設置高さが15mの時は10mに比べて両灯具ともに高くなった。これは、設置高さが高くなることで、路面輝度の高い部分（灯具直下付近）と低い部分（灯具中間付近）が少なくなり、路面輝度が平滑化されたためと考えられる。

4.5 輝度差と輝度対比

障害物の輝度とその背景の輝度となる路面輝度との関係について、「障害物の輝度と路面輝度の差：輝度差」および「障害物の輝度と路面輝度との対比：輝度対比」について検討する。実測結果から得られた輝度差と輝度対比は参考資料として、参考表－2・1～参考表－2・4に示す

4.5.1 輝度差

輝度差（ ΔL ）は、障害物の表面輝度（ L_0 ）とその背景となる路面輝度（ L_b ）の差で式（2・1）により求められる。図－4・11は、設置高さで間隔による輝度差を示したものである。この図より次のことを把握した。

灯具による差は、KSN－3の方がKSC－4よりもいずれの場合においても、大きな輝度差（絶対値）となっている。これは、灯具に装着されたランプ光束の違いによるもので、KSN－3に装着されているランプ光束の方が大きく、かつランプ自体が新しいためより大きな光束となっている可能性があると考えられる。

障害物を設置した場所による差は、灯具の直下よりも中間地点の方が低い輝度差となった。これは、障害物の表面に照射される光が大きく、その鉛直面照度が大きくなり、障害物の反射輝度も大きくなるためである。

障害物の反射率による差は、障害物が同じ設置条件で反射率10%から30%に連れて低い輝度差となった。これは、障害物表面の鉛直面照度が同じであれば、反射率の高い方が反射輝度が大きくなるためである。仮に、障害物の表面が、完全拡散反射を有するものと仮定すると、その発光輝度 L_v は式（4・1）で求められる。ただし、 ρ は反射率、 E_v は鉛直面照度を表す。

$$L_v = E_v \times \frac{\rho}{\pi} \quad \dots \dots \dots \text{式（4・1）}$$

設置高さ別による差は、全ての場合において第1車線・反射率10%から第3車線・反射率30%へかけて輝度差が小さくなる傾向となり、設置高さ15mの時は、10mの時に比べて第1車線・反射率10%から第3車線・30%へ輝度差の差が小さくなった。また、設置高さ10m時で障害物の設置場所が灯具中間の場合、第2車線と第3車線の反射率30%において非常に輝度差が小さくなった。これは、設置高さが高くなることで、障害物の鉛直面照度の上昇よりも、その周辺の路面輝度の上昇の方が大きいため、高さ15mの方が輝度差が得られやすいと考えられる。

設置間隔別による差は、灯具、設置高さ、および障害物の設置場所においても、設置間隔が大きくなると全体的に低い輝度差となった。これは、障害物の鉛直面照度と、その背景となる路面輝度の両方が減少するが、その内、路面輝度の減少する割合が高くなり、輝度差が小さくなると考えられる。

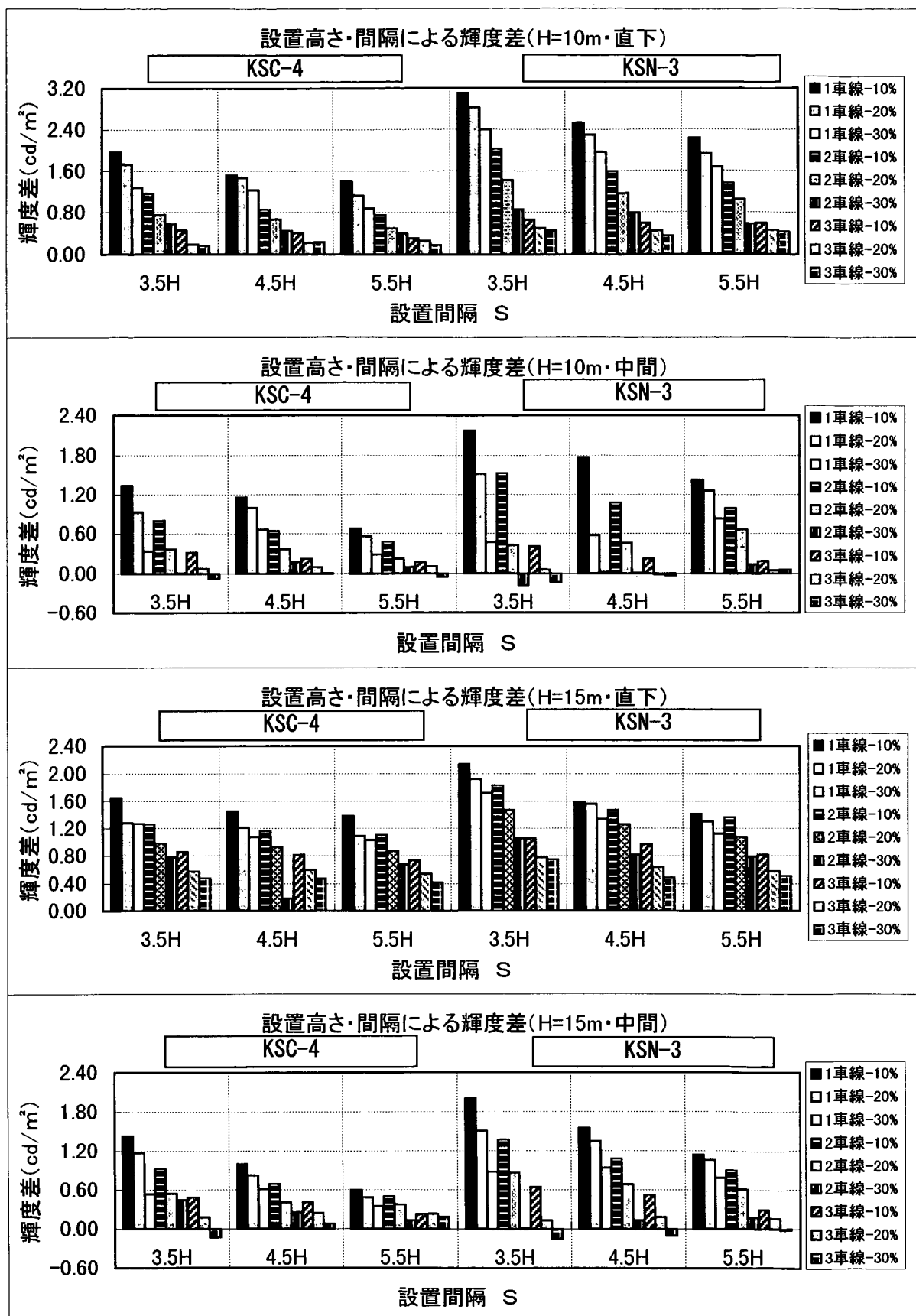


図-4・11 設置高さと間隔による輝度差

4.5.2 輝度対比

輝度対比（C）は、障害物の背景となる路面輝度（ L_b ）と障害物の表面輝度（ L_o ）の差である輝度差（ ΔL ）を障害物の背景となる路面輝度（ L_b ）で割った式（2・2）により求められる。

図－4・12は、設置高さで間隔による輝度対比を示したものである。この図より次のことを把握した。

灯具による差は、いずれの設置条件によるときも輝度対比の差が小さく、全体的にほぼ同じ傾向になった。これは、背景の路面輝度と障害物の表面輝度の差（輝度差）が背景の路面輝度に占める比で表されるため、灯具の違いによる差は小さくなるものと考えられる。

障害物を設置した場所による差は、明らかに灯具の直下より中間地点の方が低い輝度対比となった。これは障害物の表面に照射される光が大きく、その鉛直面照度が大きくなり、障害物の反射輝度が大きくなることで、輝度対比の分子成分である輝度差が小さくなるためと考えられる。

反射率による差は、10%・20%・30%の順に輝度対比が低い値となり、特に30%では、負の値が多くなった。これは、4.5.1の式（4・1）と同じ理由であると考えられる。

設置高さ別による差は、障害物の設置場所が灯具直下の場合は設置高さ15mの方が大きな輝度対比ではあるが大差はなく、障害物の設置場所が灯具中間地点の場合も全体的に設置高さが15mの輝度対比の方が大きくなった。また、設置高さ10m時で障害物の設置場所が灯具中間は、第2車線と第3車線の反射率30%において非常に輝度対比が小さくなった。これは、設置高さが高くなることで、障害物の鉛直面照度の上昇よりも、その周辺の路面輝度の上昇の方が大きいため、高さ15mの方が輝度対比が得られやすいと考えられる。

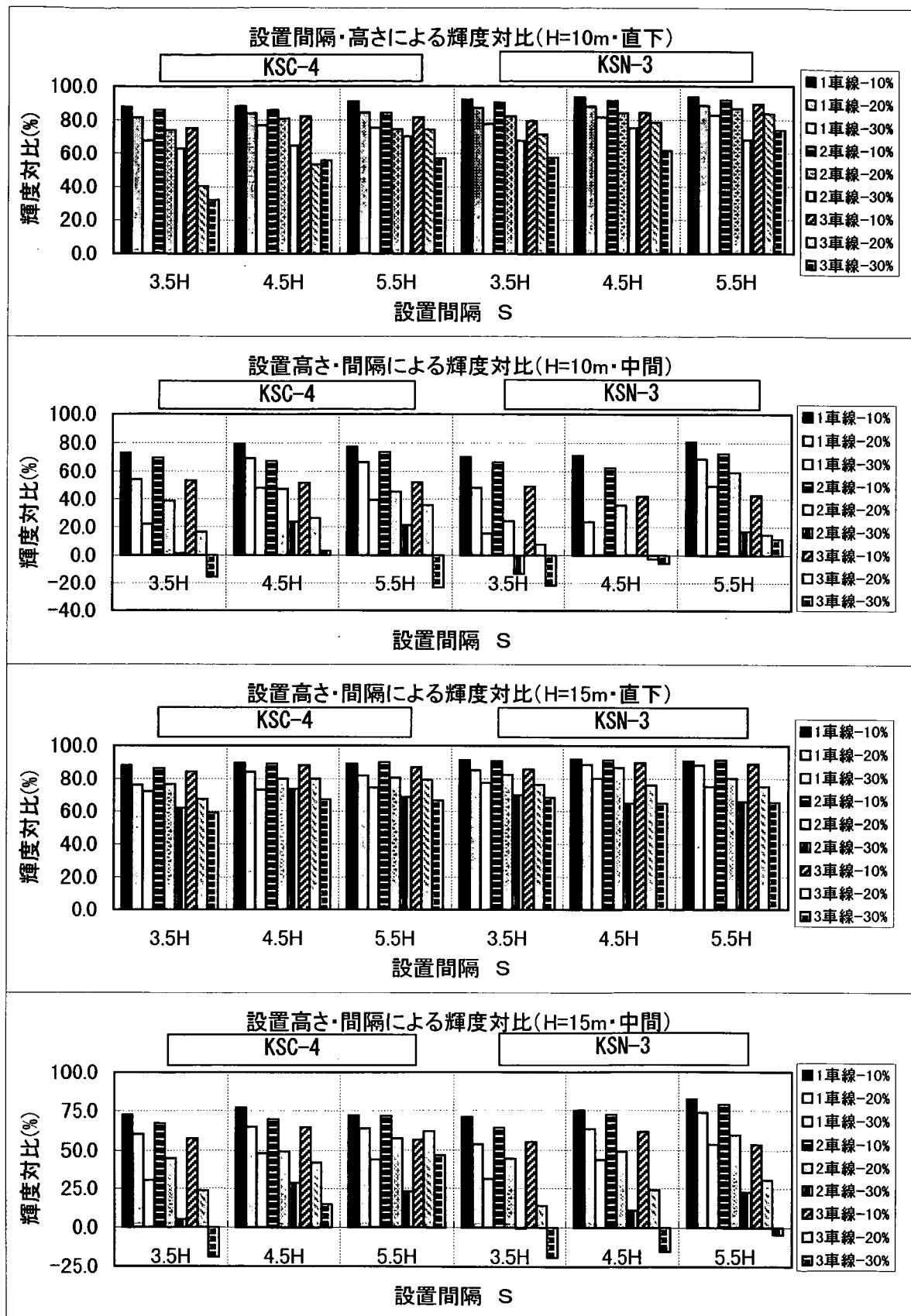


図-4・12 設置高さと間隔による輝度対比

設置間隔別による差は、全て反射率30%を除いて、そう大差はなかった。また、反射率30%については、設置高さ10m・KSC-4を除いて、間隔が広がるほど輝度対比の値は大きくなった。ただし、反射率30%時は、障害物の設置場所が灯具中間地点において、そのほとんどが負の値となっており、設置間隔が広がるほど輝度対比は大きくなるが、その絶対値は小さくなるものもあった。これは、設置間隔が大きくなることで、障害物の表面輝度がその背景の路面輝度の減少する比率よりも大きくなることが考えられる。

この原因として、障害物の鉛直面照度の減少が挙げられる。障害物の鉛直面照度と灯具との関係（縦断方向）を図-4・13に示す。

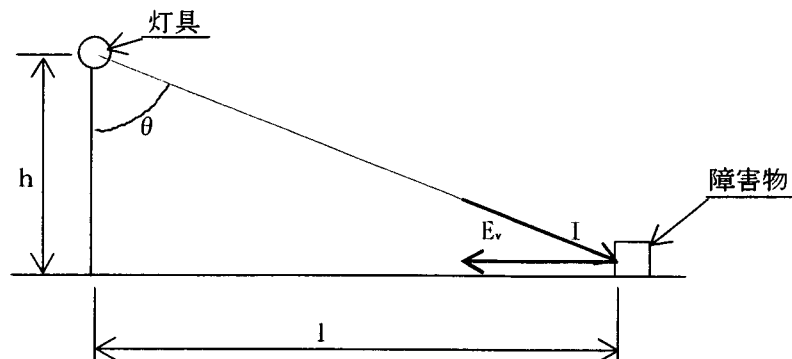


図-4・13 障害物の鉛直面照度と灯具との関係（縦断方向）

なお、図中に示す記号は、 h ：灯具の設置高さ、 l ：灯具設置位置から障害物までの水平距離、 I ：障害物方向の光度、 E_v ：障害物の鉛直面照度、 θ ：灯具の障害物方向と鉛直方向のなす角度、である。

ここで、図-4・13に示す、障害物の鉛直面照度は、式（4・2）により求められる。

$$E_v = \frac{I \times \sin \theta}{h^2 + l^2} \quad \dots \dots \dots \text{式（4・2）}$$

式（4・2）より、鉛直面照度 E_v は、灯具から障害物表面の距離の自乗に反比例するため、設置間隔が広がるにしたがって障害物の鉛直面照度は同様に低下し、式（4・1）に示す障害物表面の発光輝度も低下することとなる。

4.6 車線軸均斉度と輝度勾配

4.6.1 車線軸均斉度

図-4・14に、設置間隔による車線軸均斉度の変化を示す。この図より次のことを把握した。車線毎の車線軸均斉度は、設置高さが10mの時、KSC-4では全ての設置間隔において第1車線から第3車線にかけて高い値となった。KSN-3の車線軸均斉度は、全ての設置間隔において第1車線から第2車線にかけて高く、第2車線から第3車線にかけて低くなった。また、両灯具とも、設置間隔が広がると各車線全体に小さくなった。

高さ10mの灯具別の傾向は、KSC-4の車線軸均斉度は第3車線側になるほど高い値であるが第3車線は有効に照明されていないため、非常に暗いレベルでの均斉度であると考えられる。KSN-3の車線軸均斉度は、第1車線と第2車線においてKSC-4よりも高い値であり、このことは第2車線までの均斉度を良くした配光であると考えられる。

設置高さが15mの時、KSC-4の車線軸均斉度は、間隔3.5Hのみ第1車線から第3車線へかけて高い車線軸均斉度となったが、間隔が4.5Hと5.5Hは第1車線から第2車線へかけて低い値となり、第2車線から第3車線へかけて高い値となった。KSN-3の車線軸均斉度は、間隔3.5Hで第1車線から第2車線へかけて高くなり、第2車線から第3車線へかけて低くなった。間隔4.5Hの車線軸均斉度は、第1車線から第2車線へかけて高くなり、第2車線と第3車線はほぼ同じ値になった。また、間隔5.5Hの車線軸均斉度は、第1車線から第2車線へかけて低くなり、第2車線から第3車線へかけて高くなった。

高さ15mの灯具別の傾向は、KSC-4で間隔4.5H以上の第2車線における車線軸均斉度が低くなるのは灯具中間部分の路面輝度が低くなるためと考えられる。KSN-3では、間隔5.5Hの第2車線における車線軸均斉度が低くなるのは、同様に灯具中間部分の路面輝度が低くなるためと考えられる。

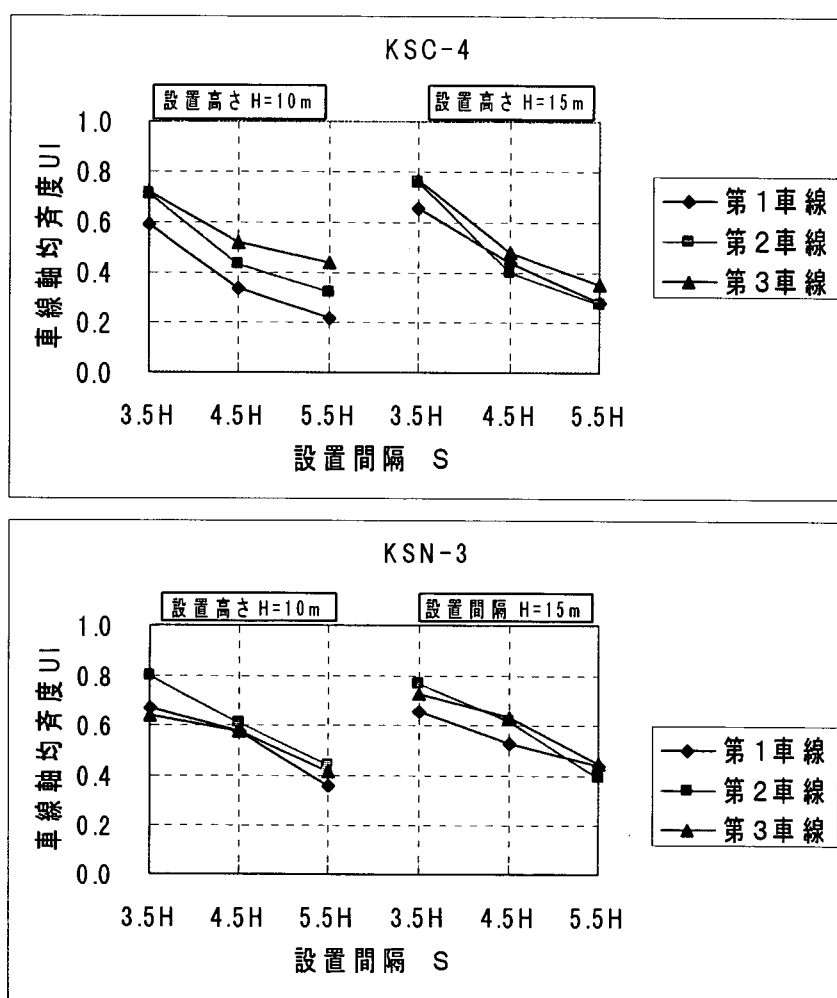


図-4・14 設置高さと間隔による車線軸均斉度

設置間隔による各車線毎の車線軸均斉度は、全体的に各車線とも、設置高さと灯具の種類に関係なく設置間隔が大きくなるほど減少した。

また、灯具別では、KSC-4において高さ10mで各車線間の車線軸均斉度に大きな差が見られるが、高さ15mは車線軸均斉度の差が小さくなった。KSN-3においては、高さ15mの間隔4.5Hを除いて高さ

に関係なく、各車線間の車線軸均斉度に大きな差が見られなかった。この違いは、KSC-4の場合、配光による各車線間の路面輝度の差が設置高さが高くなることにより小さくなるためと考えられる。KSN-3の場合、高さ15mの間隔4.5Hを除いて、設置高さに関係なく各車線間の路面輝度の差が小さいためと考えられる。

4.6.2 輝度勾配

図-4・15に、設置間隔による最大輝度勾配の変化を示す。この図より次のことを把握した。車線毎の最大輝度勾配は、設置高さが10mの時、KSC-4では全ての設置間隔において第1車線から第3車線にかけて低い値となった。KSN-3の最大輝度勾配も、全ての設置間隔において第1車線か第3車線へかけて低い値となった。また、両灯具とも、設置間隔が広がると最大輝度勾配の差は各車線全体に大きくなった。

高さ10mの灯具別の傾向は、KSC-4の最大輝度勾配は、KSN-3のそれに比べて第1車線と第3車線の差が大きくなった。これは、KSN-3の方が、第1車線から第3車線にかけて、ムラが小さいことを表している。

設置高さが15mの時、KSC-4の最大輝度勾配は、第1車線から第3車線へかけて低い値となった。KSN-3の最大輝度勾配も、第1車線から第3車線にかけて低い値となった。また、両灯具ともに、設置間隔が広がると各車線全体に大きくなるが、KSN-3の間隔5.5Hは4.5Hに比べて第1車線は値が小さくなり、第2・第3車線はほぼ同程度の値となった。

高さ15mの灯具別の傾向は、KSC-4とKSN-3における第1車線と第3車線との差がほぼ等しくなり（KSN-3、間隔5.5Hを除く）、灯具による差が小さくなった。これは、設置高さが高くなることで、灯具別による配光の差が少なくなるためと考えられる。

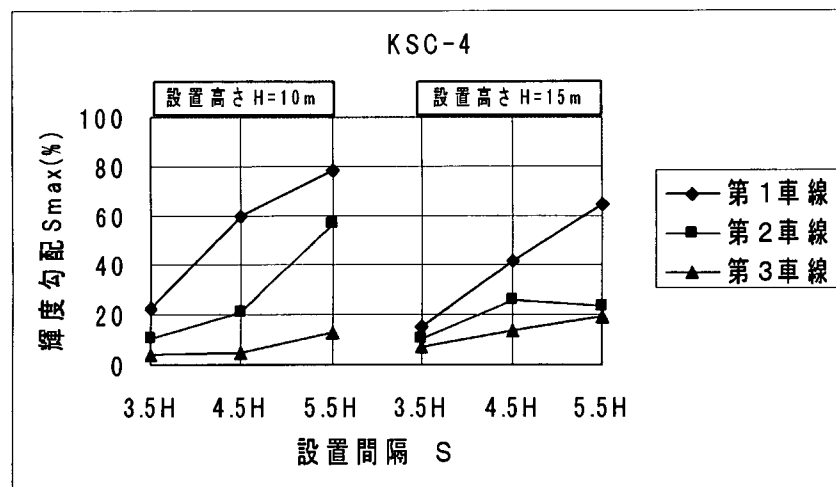


図-4・15(a) 設置高さと間隔による最大輝度勾配

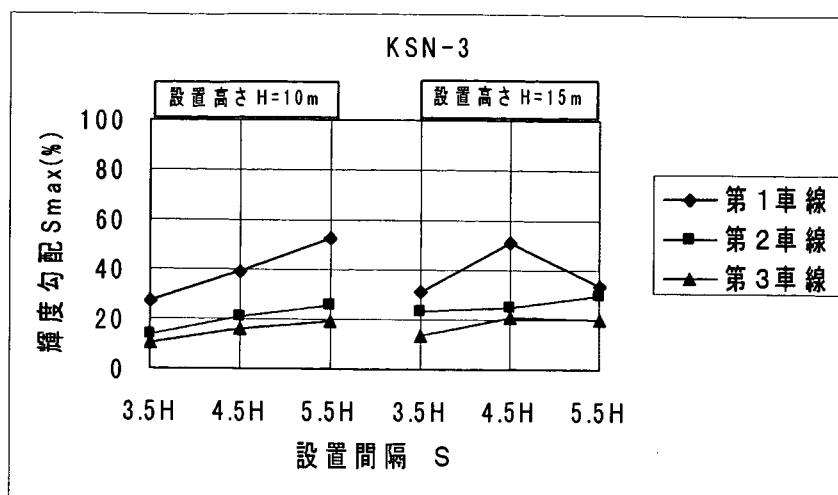


図-4・15(b) 設置高さと間隔による最大輝度勾配

設置間隔による各車線の最大輝度勾配は、全体的に各車線とも、設置高さや灯具の種類に関係なく設置間隔が大きくなるほど増大した。(KSN-3、H=10m第2車線と、H=15m第1・第3車線を除く)いずれの灯具と設置間隔ともに、第1車線が最も高く、第2、第3車線の順に低くなった。

また、灯具別では、KSC-4においては、高さに関係なく、第1車線の最大輝度勾配が間隔が大きくなるにつれて大きく上昇している。これらは、KSC-4の場合、配光による各車線間の最大輝度勾配の差が大きく、特に、第3車線は有効に照射されないものと考えられる。KSN-3は、KSC-4に比べて各車線間の差が小さく、車線間のムラが小さいことを表している。

4.7 まとめ

4.7.1 路面照度

路面照度は、道路の縦断方向に対して灯具を中心に左右対称（道路面を真上から見た場合）の分布となる。これは、灯具の持つ配光が、縦断方向に対して左右対称であるからである。また、灯具直下を中心に照度分布のピーク値が出ており、その直下を中心に照度が低くなる。

照度分布から考えられる灯具の配光は、道路縦断方向（灯具を正面から見て左右）に光が照射されており、横断方向（灯具の正面方向）には光がそれほど照射されていないことがわかる。この理由として、これら2種類の灯具ともに、照明の対象道路が2車線であり、第3車線には有効に照射されていないと考えられる。

4.7.2 部分路面輝度

部分路面輝度は、運転者から見た時の、路面上の規則的に照射された光が反射した明るさで、路面上の数十点（S=3.5Hは42点、S=4.5Hは54点、S=5.5Hは66点）に分けた一点ずつを実測したものである。路面輝度の分布は、運転者から見た路面の発光輝度（正確には反射輝度）であるから、照度分布のように縦断方向に左右対称とはならず、進行方向側の灯具（先の灯具）から照射された光が大きく影響すると言える。

また、灯具別では、K S N-3の方が輝度差が大きくなり、路面のムラも少なかった。これは、灯具が持つ配光に大きく影響され、縦断方向に大きく照射されているものと考えられる。

全体的な傾向は、設置間隔が大きくなるほど灯具と灯具の中間部分は暗くなり、その暗くなる範囲は設置高さ10mの方が広がった。これは、設置高さが高くなることで、灯具の中間部分に対して有効に光が照射されるためと考えられる。

4.7.3 平均路面輝度

平均路面輝度は、第1車線から第3車線までの3車線分を各車線毎に実測した。部分路面輝度の分布図(図-4・5~9)からもわかるように、第1車線から第3車線にかけて徐々に暗くなり、特に設置高さ10mの時は高さ15mに比べて車線間の差が大きくなった。これは、設置高さが15mの時に第2車線と第3車線の路面が有効に照明されるためと考えられる。

4.7.4 総合均斉度

総合均斉度は、K S C-4の場合は、設置高さに関係なく第3車線が高くなる。(ただし、高さ15m間隔3.5Hを除く) また、K S N-3の場合は、一部第2車線より高くなるものもあるが、第1車線よりは低い値となる。これらの違いは、灯具の配光の違いによるものと考えられるが、第3車線は路面輝度が暗くなるが総合均斉度は高くなる傾向にあると言える。

設置高さ別による差は、高さ10m、15mとも、間隔が拡大すると各車線・全体車線とも総合均斉度は減少する。また、全体車線の総合均斉度は、各車線毎の方が高い値を示し、高さ10mよりも15mの方が高い値を示す。これは、総合均斉度を構成する最小路面輝度が、第3車線に存在するものと考えられ、高さ10mは第3車線に十分照明されず総合均斉度の値が低くなるが、高さ15mは第3車線へ有効に照明されるため総合均斉度の値が高くなると考えられる。

4.7.5 障害物の輝度差と輝度対比

(1) 輝度差

灯具による差は、K S C-4よりK S N-3の方が大きな輝度差が得られたが、対象物の配置場所による差は、灯具直下で大きな輝度差が得られ、灯具中間部では小さな輝度差となった。また、対象物の反射率による差は、反射率30%の輝度差が小さく対象物が灯具中間地点の多くで負の輝度差となった。

設置高さによる差は、全体的に各車線間の輝度差の差が15mの方が10mに比べて小さくなり、設置間隔による差は、間隔が大きくなると輝度差が小さくなった。

(2) 輝度対比

灯具による差は、さほど無く、両灯具ともに同じ輝度対比の傾向であり、対象物の配置場所による差は、灯具直下で大きな輝度対比が見られ、灯具昼間部は小さな輝度対比となった。また、対象物の反射率による差は、反射率30%の輝度対比が小さく対象物が灯具中間地点の多くで負の輝度対比となった。

設置高さによる差は、対象物の配置場所に関わらず全体的に設置高さ15mの方が輝度対比が高い値となり、設置間隔による差は、反射率30%を除いて、あまり大差はなかった。また、反射率30%時は、対

象物の設置場所が灯具中間地点のほとんどで負の輝度値比となり、設置間隔が広がるほど大きくなる傾向となった。しかし、その絶対値は小さくなるものもあった。

4.7.6 車線軸均斉度と輝度勾配

(1) 車線軸均斉度

灯具による差は、両灯具とも設置高さに関係なく、間隔が広がると車線軸均斉度の値は低下し、両設置高さともに同じ比率の間隔で近い値となったが、KSC-4よりKSN-3の方がいずれの設置高さ間隔とも高い値となった。また、KSC-4では、設置高さに関係なく、第3車線の車線軸均斉度の値が最も高くなり、KSN-3では、設置高さに関係なく、第2車線の車線軸均斉度の値が最も高くなった。（高さ15m、間隔5.5Hを除く）

(2) 輝度勾配

灯具による差は、両灯具とも設置高さに関係なく、間隔が広がると最大輝度勾配の値は低下し、両灯具ともに同じ設置高さでは、間隔が広くなると最大輝度勾配の値は上昇した。（KSN-3、高さ15m、間隔5.5Hは除く）また、KSC-4よりKSN-3の方が、設置間隔が広くなっても最大輝度勾配の上昇する値は小さく、両灯具とも、設置高さに関係なく間隔が広がると、第1車線、第2車線、第3車線の順に最大輝度勾配の上昇率は低下した。

第5章 視認性（見え方）の結果と考察

5.1 光学測定の結果と輝度差・輝度対比・総合均斉度の評価

道路上に存在する障害物の視認性は、障害物の輝度とその障害物の背景となる路面輝度との差「輝度差」と、障害物の輝度とその障害物の背景となる路面輝度との対比「輝度対比」、および路面の明るさのムラを表す「総合均斉度」の3種類において相関が高いと言われている。

したがって、輝度差、輝度対比、総合均斉度について、視認性評価結果と光学測定結果から考えられる事象について検討する。

表－5・1に、光学測定結果と視認性評価結果についてまとめたものを示す。表－5・1より次のことを把握した。評価値は各反射率とも第1車線から第3車線にかけて低くなり、反射率が10%から30%へ高くなるにつれて低くなった。また、設置高さで評価値を比較すると、灯具、反射率に関係なく設置高さ10mに比べて15mの方が高い値となり、設置間隔が大きくなるほどその値は低下した。灯具による評価値の差は、全体的な傾向としてK S N－3の方がK S C－4よりも同じ条件（反射率、設置高さ、設置間隔）においては高くなった。

表-5・1 光学測定結果と視認性評価結果

反射率	灯 具	高 さ H (m)	間 隔 S	第1車線					第2車線					第3車線				
				ΔL (cd/m ²)	C (%)	Lave (cd/m ²)	Uo	評価	ΔL (cd/m ²)	C (%)	Lave (cd/m ²)	Uo	評価	ΔL (cd/m ²)	C (%)	Lave (cd/m ²)	Uo	評価
10%	KSC4	10	3.5H	1.96	87.9	1.96	0.63	3.8	1.16	86.0	1.11	0.62	3.5	0.46	75.4	0.58	0.66	2.8
10%	KSC4	10	3.5H	1.34	73.2	1.96	0.63	3.2	0.80	69.5	1.11	0.62	2.9	0.32	53.3	0.58	0.66	2.2
10%	KSC4	10	4.5H	1.52	88.4	1.54	0.44	3.7	0.85	85.9	0.89	0.46	3.2	0.41	82.1	0.46	0.59	2.6
10%	KSC4	10	4.5H	1.16	79.4	1.54	0.44	3.1	0.64	67.4	0.89	0.46	2.6	0.23	51.7	0.46	0.59	1.7
10%	KSC4	10	5.5H	1.40	90.9	1.08	0.41	3.2	0.75	84.2	0.65	0.40	3.1	0.31	81.7	0.35	0.51	2.6
10%	KSC4	10	5.5H	0.68	77.2	1.08	0.41	2.1	0.48	73.6	0.65	0.40	2.2	0.17	52.4	0.35	0.51	1.4
10%	KSC4	15	3.5H	1.65	88.2	1.96	0.76	4.2	1.26	86.3	1.32	0.74	4.2	0.86	84.3	0.92	0.68	4.0
10%	KSC4	15	3.5H	1.44	72.7	1.96	0.76	2.9	0.92	67.2	1.32	0.74	2.9	0.48	57.6	0.92	0.68	2.2
10%	KSC4	15	4.5H	1.45	89.5	1.50	0.53	3.9	1.16	89.2	1.05	0.50	3.7	0.82	88.1	0.74	0.57	3.4
10%	KSC4	15	4.5H	1.00	77.0	1.50	0.53	2.6	0.69	69.8	1.05	0.50	2.2	0.41	64.8	0.74	0.57	1.8
10%	KSC4	15	5.5H	1.38	89.0	1.20	0.38	3.7	1.10	90.1	0.89	0.37	3.4	0.74	87.0	0.62	0.45	2.9
10%	KSC4	15	5.5H	0.60	72.2	1.20	0.38	2.2	0.49	71.9	0.89	0.37	1.9	0.22	56.7	0.62	0.45	1.4
10%	KSN3	10	3.5H	3.11	92.0	3.35	0.80	4.2	2.02	90.2	1.90	0.57	4.0	0.66	79.4	0.83	0.67	3.5
10%	KSN3	10	3.5H	2.17	70.2	3.35	0.80	3.1	1.53	66.6	1.90	0.57	2.9	0.41	49.0	0.83	0.67	2.0
10%	KSN3	10	4.5H	2.53	93.4	2.54	0.69	4.3	1.59	91.4	1.48	0.55	4.0	0.59	84.3	0.64	0.58	3.6
10%	KSN3	10	4.5H	1.77	71.3	2.54	0.69	2.9	1.07	62.6	1.48	0.55	2.5	0.23	42.1	0.64	0.58	2.0
10%	KSN3	10	5.5H	2.23	93.7	2.09	0.50	4.1	1.36	91.9	1.25	0.45	3.7	0.59	89.4	0.53	0.43	3.1
10%	KSN3	10	5.5H	1.43	80.7	2.09	0.50	2.9	0.99	72.7	1.25	0.45	2.7	0.19	42.9	0.53	0.43	1.7
10%	KSN3	15	3.5H	2.14	91.4	2.65	0.76	4.6	1.83	90.6	1.83	0.74	4.4	1.05	86.0	1.16	0.67	4.2
10%	KSN3	15	3.5H	2.00	71.1	2.65	0.76	2.9	1.37	64.0	1.83	0.74	2.8	0.64	55.2	1.16	0.67	2.4
10%	KSN3	15	4.5H	1.59	91.9	2.03	0.78	4.3	1.47	91.3	1.46	0.61	4.3	0.97	89.8	0.91	0.60	4.1
10%	KSN3	15	4.5H	1.55	75.2	2.03	0.78	2.9	1.08	72.5	1.46	0.61	2.9	0.52	61.7	0.91	0.60	2.5
10%	KSN3	15	5.5H	1.41	91.0	1.58	0.55	4.1	1.36	91.3	1.19	0.43	4.2	0.82	89.2	0.75	0.52	3.9
10%	KSN3	15	5.5H	1.14	82.6	1.58	0.55	2.9	0.90	78.9	1.19	0.43	2.7	0.29	53.7	0.75	0.52	2.3
20%	KSC4	10	3.5H	1.73	81.6	1.96	0.63	3.7	0.75	74.1	1.11	0.62	3.1	0.19	40.7	0.58	0.66	1.9
20%	KSC4	10	3.5H	0.93	54.1	1.96	0.63	2.6	0.37	38.5	1.11	0.62	2.2	0.08	16.7	0.58	0.66	1.3
20%	KSC4	10	4.5H	1.47	84.0	1.54	0.44	3.5	0.67	80.7	0.89	0.46	2.9	0.22	53.4	0.46	0.59	1.6
20%	KSC4	10	4.5H	1.00	69.3	1.54	0.44	3.0	0.37	47.4	0.89	0.46	2.4	0.10	26.5	0.46	0.59	1.3
20%	KSC4	10	5.5H	1.13	84.3	1.08	0.41	3.5	0.50	74.6	0.65	0.40	3.0	0.26	74.3	0.35	0.51	1.9
20%	KSC4	10	5.5H	0.56	66.5	1.08	0.41	2.1	0.23	45.5	0.65	0.40	1.8	0.11	35.6	0.35	0.51	1.1
20%	KSC4	15	3.5H	1.28	76.2	1.96	0.76	4.1	0.98	76.6	1.32	0.74	4.1	0.58	67.5	0.92	0.68	3.6
20%	KSC4	15	3.5H	1.18	60.6	1.96	0.76	2.7	0.54	44.9	1.32	0.74	2.1	0.17	23.5	0.92	0.68	1.5
20%	KSC4	15	4.5H	1.21	84.0	1.50	0.53	3.6	0.93	80.1	1.05	0.50	3.4	0.60	80.0	0.74	0.57	3.1
20%	KSC4	15	4.5H	0.82	65.0	1.50	0.53	2.4	0.40	49.5	1.05	0.50	2.0	0.24	42.3	0.74	0.57	1.3
20%	KSC4	15	5.5H	1.09	82.0	1.20	0.38	3.7	0.87	80.6	0.89	0.37	3.2	0.54	79.3	0.62	0.45	2.6
20%	KSC4	15	5.5H	0.48	64.1	1.20	0.38	2.1	0.37	57.6	0.89	0.37	1.7	0.23	61.9	0.62	0.45	1.2
20%	KSN3	10	3.5H	2.83	87.3	3.35	0.80	4.2	1.42	82.1	1.90	0.57	3.9	0.50	71.5	0.83	0.67	3.0
20%	KSN3	10	3.5H	1.52	48.2	3.35	0.80	2.7	0.43	24.2	1.90	0.57	1.9	0.06	8.1	0.83	0.67	1.2
20%	KSN3	10	4.5H	2.30	88.1	2.54	0.69	4.2	1.17	84.1	1.48	0.55	3.6	0.44	78.6	0.64	0.58	3.2
20%	KSN3	10	4.5H	0.58	23.9	2.54	0.69	2.7	0.46	35.7	1.48	0.55	2.0	0.01	2.6	0.64	0.58	1.1
20%	KSN3	10	5.5H	1.93	88.5	2.09	0.50	4.0	1.05	86.8	1.25	0.45	3.3	0.46	83.6	0.53	0.43	3.0
20%	KSN3	10	5.5H	1.26	68.9	2.09	0.50	2.8	0.66	59.3	1.25	0.45	2.2	0.05	14.9	0.53	0.43	1.1
20%	KSN3	15	3.5H	1.92	85.3	2.65	0.76	4.6	1.47	82.6	1.83	0.74	4.2	0.78	76.4	1.16	0.67	3.6
20%	KSN3	15	3.5H	1.51	53.7	2.65	0.76	2.6	0.86	44.4	1.83	0.74	2.0	0.13	13.7	1.16	0.67	1.4
20%	KSN3	15	4.5H	1.56	88.7	2.03	0.78	4.2	1.26	86.9	1.46	0.61	4.3	0.64	76.2	0.91	0.60	3.5
20%	KSN3	15	4.5H	1.35	63.3	2.03	0.78	2.7	0.68	49.3	1.46	0.61	2.6	0.18	24.0	0.91	0.60	1.7
20%	KSN3	15	5.5H	1.30	88.4	1.58	0.55	4.0	1.07	80.4	1.19	0.43	4.0	0.58	75.2	0.75	0.52	3.4
20%	KSN3	15	5.5H	1.06	74.0	1.58	0.55	2.8	0.61	59.7	1.19	0.43	2.5	0.16	30.7	0.75	0.52	1.7
30%	KSC4	10	3.5H	1.28	68.1	1.96	0.63	3.0	0.58	63.1	1.11	0.62	2.3	0.16	32.3	0.58	0.66	1.5
30%	KSC4	10	3.5H	0.34	22.2	1.96	0.63	1.8	0.01	1.5	1.11	0.62	1.4	0.07	15.5	0.58	0.66	1.3
30%	KSC4	10	4.5H	1.23	76.9	1.54	0.44	3.3	0.44	64.6	0.89	0.46	2.4	0.23	55.8	0.46	0.59	1.4
30%	KSC4	10	4.5H	0.66	48.1	1.54	0.44	2.5	0.18	23.8	0.89	0.46	1.5	0.01	3.2	0.46	0.59	1.1
30%	KSC4	10	5.5H	0.88	75.2	1.08	0.41	3.0	0.40	70.3	0.65	0.40	2.3	0.18	57.0	0.35	0.51	1.3
30%	KSC4	10	5.5H	0.29	39.4	1.08	0.41	1.9	0.10	21.3	0.65	0.40	1.1	0.05	23.1	0.35	0.51	1.0
30%	KSC4	15	3.5H	1.27	72.3	1.96	0.76	3.9	0.78	62.0	1.32	0.74	3.5	0.48	59.1	0.92	0.68	2.9
30%	KSC4	15	3.5H	0.53	30.5	1.96	0.76	1.9	0.06	4.9	1.32	0.74	1.4	0.13	19.0	0.92	0.68	1.1
30%	KSC4	15	4.5H	1.07	73.2	1.50	0.53	3.3	0.81	73.6	1.05	0.50	3.1	0.47	67.3	0.74	0.57	2.3
30%	KSC4	15	4.5H	0.61	48.3	1.50	0.53	2.0	0.25	28.9	1.05	0.50	1.4	0.08	14.7	0.74	0.57	1.0
30%	KSC4	15	5.5H	1.03	74.6	1.20	0.38	3.4	0.68	68.6	0.89	0.37	2.8	0.42	66.5	0.62	0.45	1.8
30%	KSC4	15	5.5H	0.34	44.3	1.20	0.38	1.7	0.13	22.9	0.89	0.37	1.5	0.18	46.5	0.62	0.45	1.0
30%	KSN3	10	3.5H	2.40	77.7	3.35	0.80	4.0	0.86	67.7	1.90	0.57	3.4	0.45	57.6	0.83	0.67	2.2
30%	KSN3	10	3.5H	0.47	15.5	3.35	0.80	1.6	0.18	13.2	1.90	0.57	1.2	0.13	21.6	0.83	0.67	1.0
30%	KSN3	10	4.5H	1.96	81.7	2.54	0.69	3.9	0.79	75.3	1.48	0.55	3.5	0.35	61.6	0.64	0.58	2.8
30%	KSN3	10	4.5H	0.02	0.7	2.54	0.69	2.2	0.01	0.6	1.48	0.55	1.2	0.03	5.7	0.64	0.58	1.0
30%	KSN3	10	5.5H	1.67	82.7	2.09	0.50	3.8	0.58	68.2	1.25	0.45	3.2	0.43	73.9	0.53	0.43	2.7
30%	KSN3	10	5.5H	0.83	49.5	2.09	0.50	2.3	0.14	17.3	1.25	0.45	2.1	0.06	11.8	0.53	0.43	1.0
30%	KSN3	15	3.5H	1.72	77.5	2.65	0.76	4.2	1.05	69.9	1.83	0.74	4.0	0.75	68.3	1.16	0.67	3.1
30%	KSN3	15	3.5H	0.88	31.2	2.65	0.76	1.9	0.01	0.5	1.83	0.74	1.1	0.16	18.9	1.16	0.67	1.0
30%	KSN3	15	4.5H	1.34	80.2	2.03	0.78	4.2	0.82	64.9	1.46	0.61	3.8	0.49	65.1	0.91	0.60	2.9
30%	KSN3	15	4.5H	0.94	43.7	2.03	0.78	2.2	0.13	10.8	1.46	0.61	1.7	0.10	15.2	0.91	0.60	1.0
30%	KSN3	15	5.5H	1.12	75.2	1.58	0.55	3.7	0.79	65.8	1.19	0.43	3.4	0.51	65.4	0.75	0.52	2.7

5.2 静止状態による視認性の評価

5.2.1 輝度差と視認性

設置高さと間隔の変化による視認性の評価は、障害物の輝度とその背景となる路面の輝度との差「輝度差」について検証した。そこで、各車線における設置高さ、視認性評価結果と光学測定結果から求められる輝度差の関係について相関分析を行った。図－5・1 (a)は、第1車線における輝度差と視認性評価を散布図で示し、近似式を挿入したものである。図－5・1 (b)は、第2車線、図－5・1 (c)は、第3車線を示す。なお、灯具の種類と設置間隔については考慮しなかった。

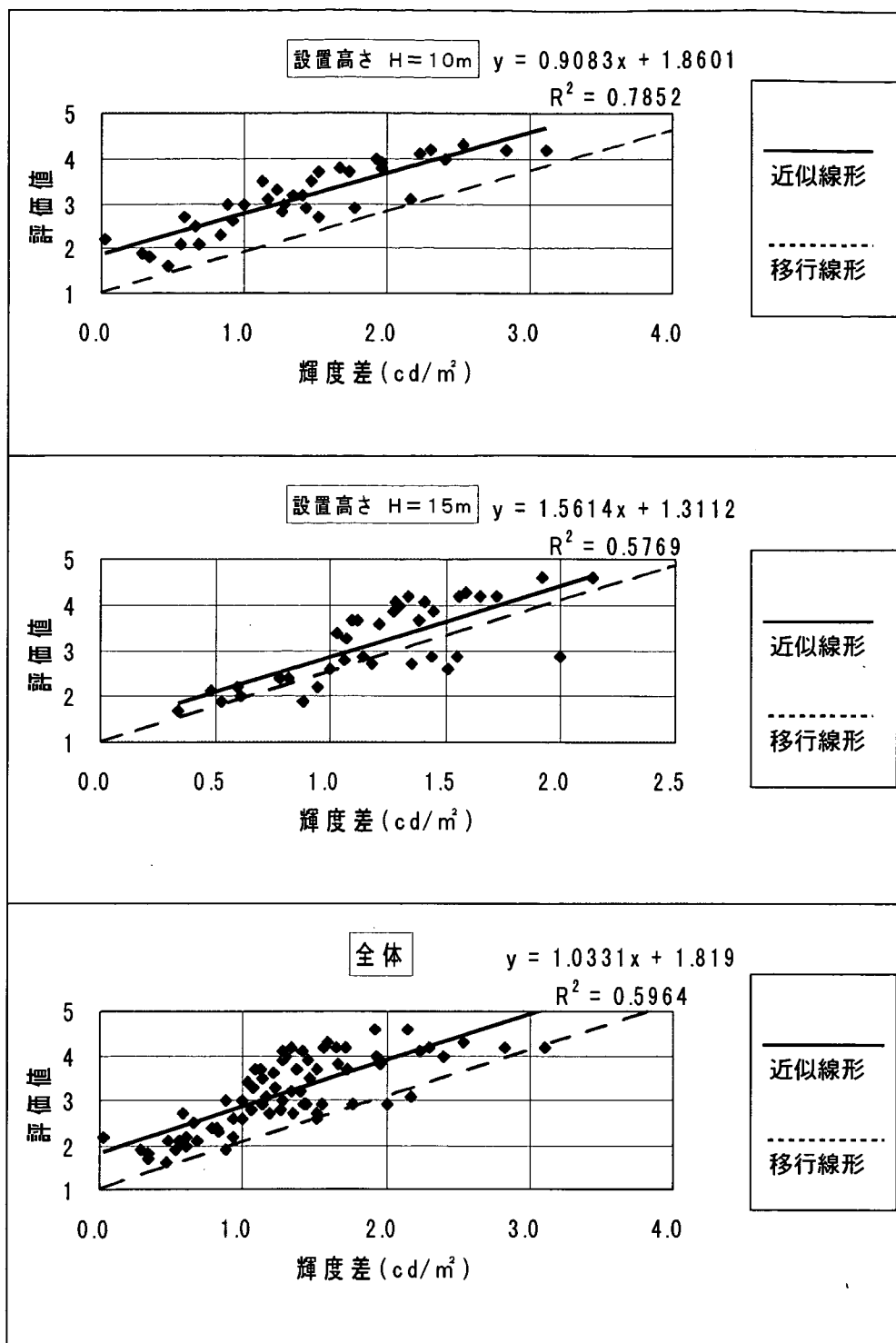
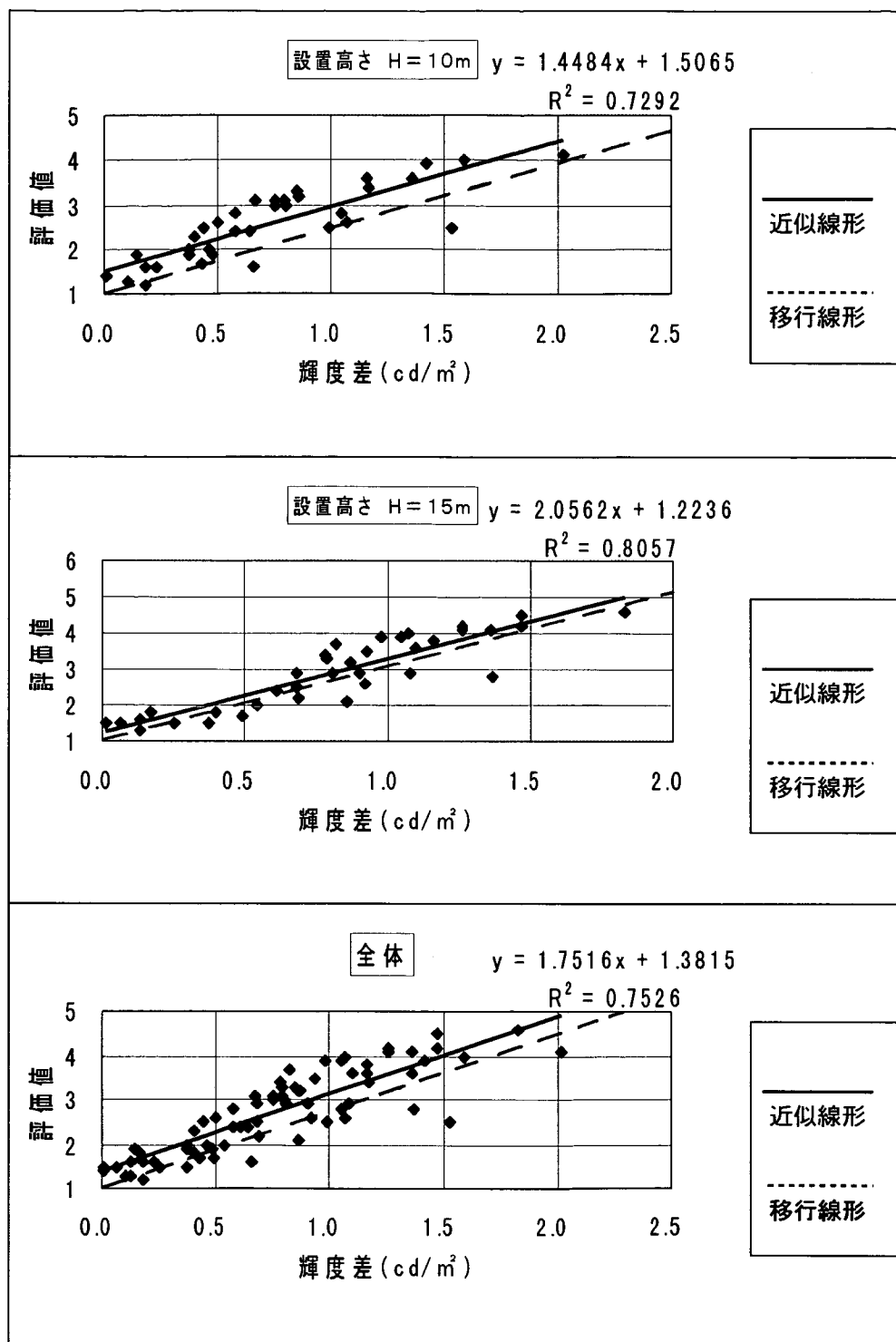
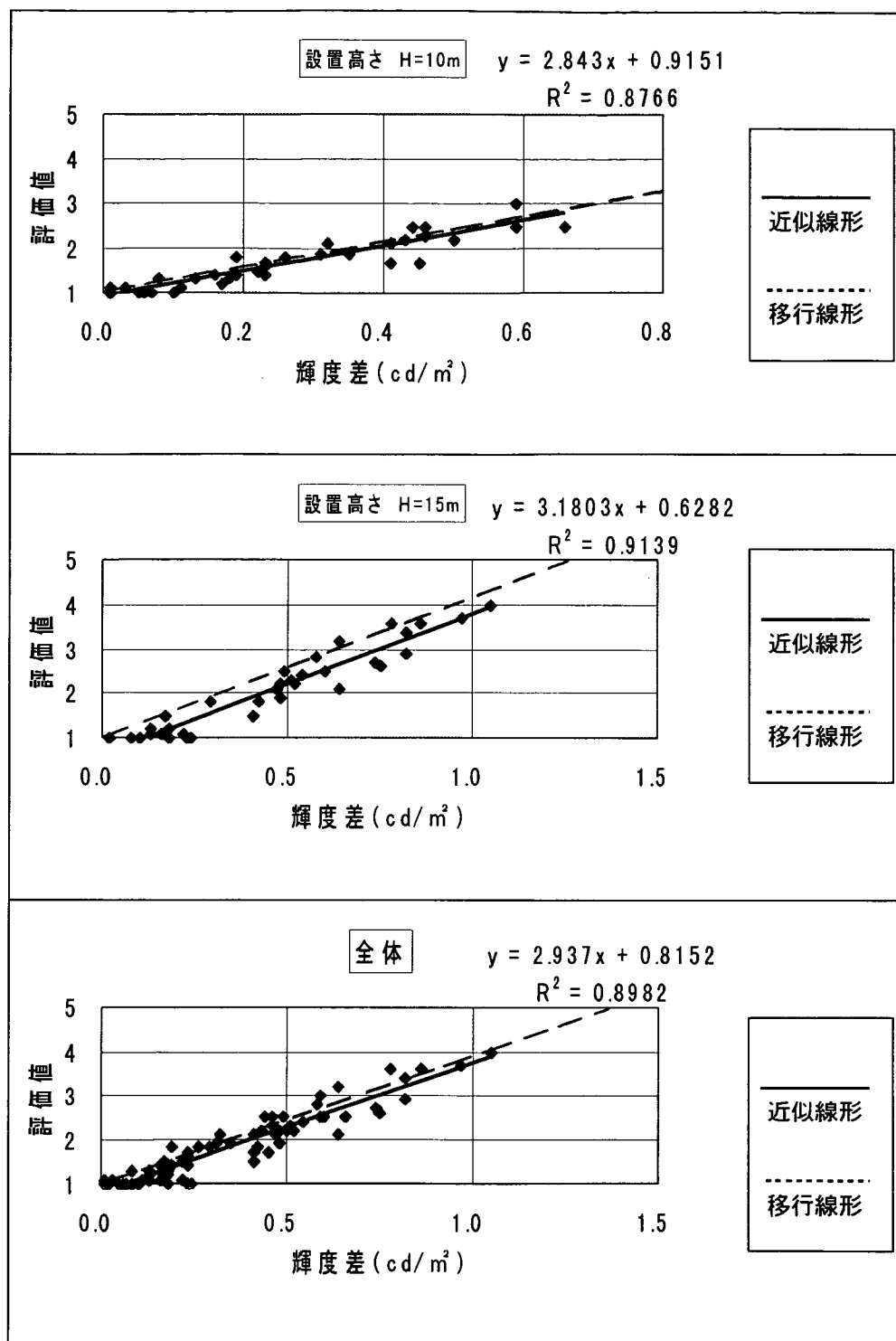


図-5・1(a) 輝度差と視認性評価 (第1車線)



図－5・1 (b) 輝度差と視認性評価 (第2車線)



図－５・１(c) 輝度差と視認性評価 (第３車線)

図－５・１(a)～(c)から次のことを把握した。輝度差と視認性評価の関係は、各車線とも輝度差が大きくなるにつれて評価が高くなり（良く見えるようになる）、正の相関を示した。なお、ここで用いた反射率は、２．１．４(２)項にあるように、道路照明下で９０％の視認が得られる反射率２０％を対象に行った。

また、各図の中に引かれた点線は、近似式を輝度差0 (cd/m²)、評価1の原点に移行修正した近似式である。この近似式は、実際の視認が「輝度差がない状態・輝度差0」では「見えない」と考えられることから、輝度差0で見えない状態から、輝度差が大きくなることによって評価2「かろうじて見えた」が得られる値を求められるからである。以下に述べる考察は、点線をもとに視認性の得られる輝度差、すなわち、評価2「かろうじて見えた」が得られる値を求めた。

(1)各車線毎における考察

図-5・1(a)の第1車線より、設置高さ10mの場合は輝度差1.0 (cd/m²)、設置高さ15mの場合は輝度差0.6 (cd/m²)、高さを考慮しない場合は輝度差0.95 (cd/m²)となり、設置高さ15mの方が低い値で視認できることになる。

図-5・1(b)の第2車線より、設置高さ10mの場合は輝度差0.7 (cd/m²)、設置高さ15mの場合は輝度差0.45 (cd/m²)、高さを考慮しない場合は輝度差0.5 (cd/m²)となり、設置高さ15mの方が低い値で視認できることとなる。

図-5・1(c)の第3車線より、設置高さ10mの場合は輝度差0.3 (cd/m²)、設置高さ15mの場合は輝度差0.3 (cd/m²)、高さを考慮しない場合は輝度差0.3 (cd/m²)となり、設置高さに関係なく同じ値で視認できることとなる。

(2)設置高さにおける考察

各設置高さ、各車線で比較すると、どの設置高さにおいても第1車線から第3車線にかけて低い値になる。これは、各車線の路面輝度のレベルが違うためと考えられ、路面輝度が高くなるほど輝度差は高くなる。言い換えれば、障害物の視認は、その背景となる路面輝度が高くなると障害物との輝度差も大きくする必要があることになる。

(3)各車線と設置高さから求められる輝度差弁別閾

図-5・1で求めた評価2「かろうじて見える」場合の輝度差をその障害物を視認するための輝度差弁別閾と考え、第1車線から第3車線までの輝度差を求めた同条件での路面輝度L_rと輝度差弁別閾ΔL_{min}との関係を図-5・2に示す。

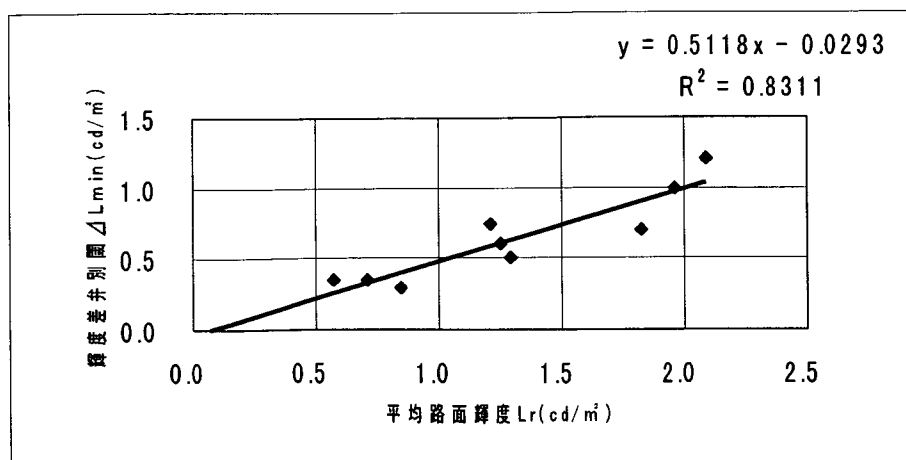


図-5・2 平均路面輝度と輝度差弁別閾

図－５・２より、障害物の背景となる路面輝度を順応輝度と置き換えると、順応輝度が高くなれば眼が視認するために必要な輝度差も高く、視認し難くなると考えられる。

(4) 設置高さ別における考察

図－５・１から得られる近似式とその相関係数を表－５・２に示す。

表－５・２ 設置高さ別による輝度差の近似式と相関係数

車線 設置高さ		H = 10 m	H = 15 m	全 体
第 1 車 線	近似式	$y=0.9083x+(1.8601)$	$y=1.5614x+(1.3112)$	$y=1.0331x+(1.819)$
	相関係数	R=0.8861	R=0.7595	R=0.7723
第 2 車 線	近似式	$y=1.4484x+(1.5065)$	$y=2.0562x+(1.2236)$	$y=1.7516x+(1.3815)$
	相関係数	R=0.8539	R=0.8976	R=0.8675
第 3 車 線	近似式	$y=2.843x+(0.9151)$	$y=3.1803x+(0.6282)$	$y=2.937x+(0.8152)$
	相関係数	R=0.9363	R=0.9560	R=0.9477

この表－５・２の中で、近似式にある()内は評価実験から求めたもので、移行修正した場合はこの部分を削除したものである。また、相関係数は、評価実験から求めた近似式（移行修正していない）のものである。

表－５・２より、各設置高さの条件ともに、第１車線から第３車線になるにかけて輝度差に対する視認性評価の相関が高くなった。すなわち、順応輝度である路面輝度が低くなると、輝度差に対する視認性評価の相関が高くなるということである。これは、順応輝度が高くなるにしたがって、輝度差弁別閾の誤差範囲が広がり、逆に順応輝度が低くなると輝度差弁別閾の誤差範囲が狭くなるものと考えられる。また、近似式の傾きは、両設置高さとも第１車線から第３車線にかけて大きくなり、高さ15mの方が10mに比べて全ての車線で大きくなった。これらは、路面輝度が低くなるにしたがって路面輝度と評価値の関係が明確に表れることを意味し、また、相関係数が高いほど路面輝度と評価値の関係が明確になるものと思われる。

輝度差による有効な設置高さと間隔を求めるために、設置高さ別による各車線毎の輝度差弁別閾を表－５・３に、図－５・３に設置高さと間隔による輝度差の変化を示す。

表－５・３ 設置高さ別による各車線の輝度差弁別閾

設置高さ	第 1 車線	第 2 車線	第 3 車線
H=10m	1.0cd/m ²	0.7cd/m ²	0.3cd/m ²
H=15m	0.6cd/m ²	0.45cd/m ²	0.3cd/m ²

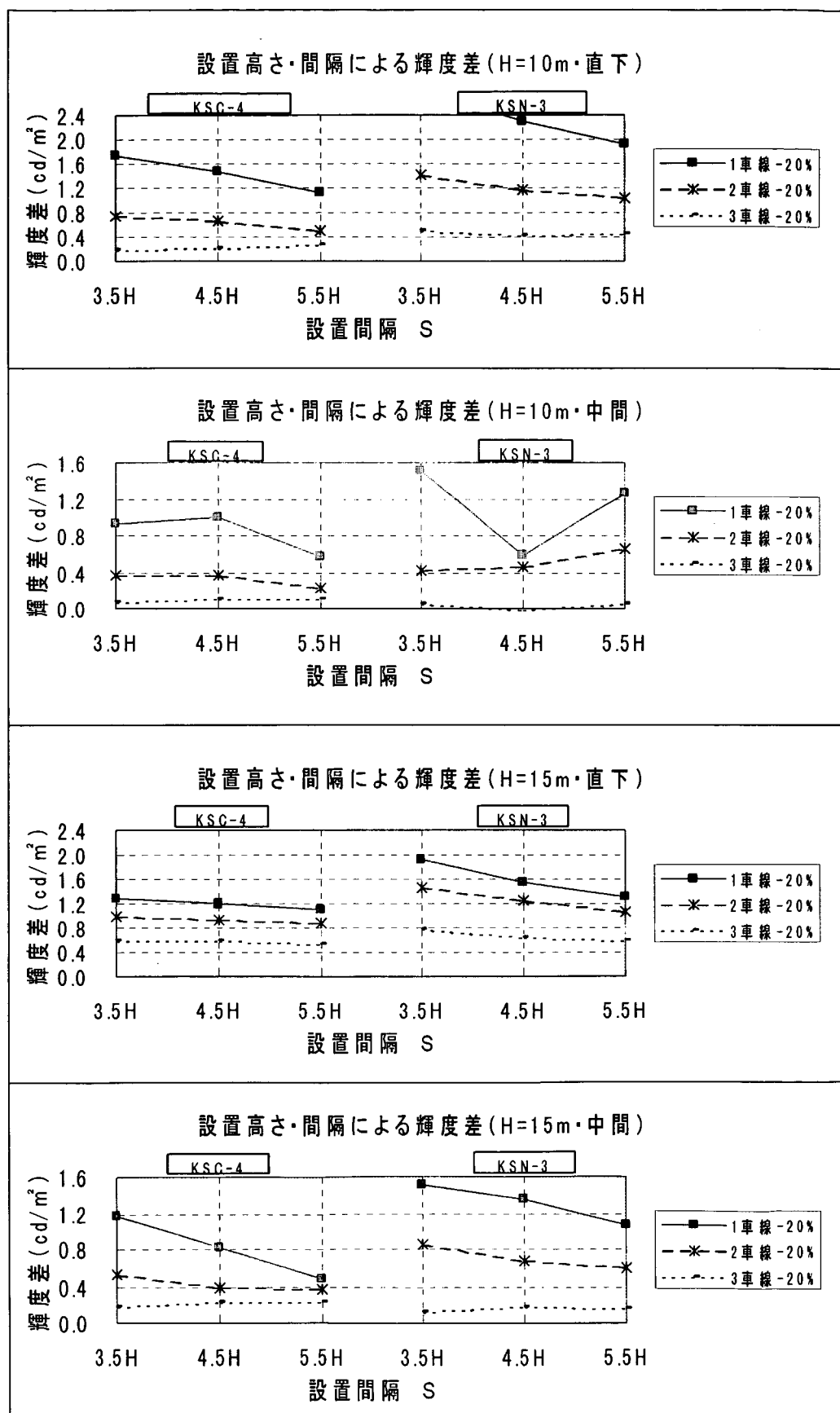


図-5・3 設置高さと間隔による輝度差の変化

なお、ここで用いた輝度差を求めるための反射率は、2.1.4(2)項にあるように、道路照明下で90%の視認が得られる反射率20%を対象に行った。

ただし、表-5・3の高さ10m・対象物の配置位置が灯具中間における灯具・KSN-3の第2車線は、グラフの傾向が他のものに比べ異なっている。この原因として、おそらく設置間隔が4.5Hの場合において、測定した箇所の路面反射率が高く路面輝度が高いことで輝度差が小さくなったことが考えられ、その他の条件と比較すると、間隔3.5Hと4.5Hのそれぞれの値の中間位になるものと思われる。

(5) まとめ

a) 設置高さによる視認性

表-5・3設置高さ別による各車線の輝度差弁別閾と図-5・3設置高さと間隔による輝度差の変化を比較しながら、有効な設置間隔を求めると、次のことが言える。なお、ここで言う「視認できる」

「視認できない」は、表-5・2で求めた輝度差弁別閾に対して、設置間隔と高さの変化による輝度差が、その輝度差弁別閾以上であれば「視認できる」、それ以下であれば「視認できない」とした。

1) 設置高さ10mの場合

第1車線は、障害物の設置場所が灯具直下（以下、直下という）の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての設置間隔で視認できる。障害物の設置場所が灯具中間（以下、中間という）の場合、KSC-4で間隔4.5Hまでがほぼ視認でき、KSN-3では間隔4.0Hまで視認できる。

第2車線は、直下の場合、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。

第3車線は、直下の場合、KSC-4で全ての間隔で視認できず、KSN-3では逆に全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できない。

2) 設置高さ15mの場合

第1車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4で間隔5.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。

第2車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。

第3車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての設置間隔で視認できない。

b) 各車線による視認性

1) 第1車線の場合

灯具直下では、両設置高さ、および両灯具とも全ての間隔で視認できる。

灯具中間の高さ10mでは、KSC-4で間隔4.5Hまで視認でき、KSN-3で間隔4.0Hまで視認できる。また、高さ15mでは、KSC-4で間隔5.0Hまで視認でき、KSN-3で間隔5.5Hまで視認できる。

2) 第2車線の場合

灯具直下の高さ10mでは、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。また、高さ15mでは、両灯具とも全ての設置間隔で視認できる。

灯具中間の高さ10mでは、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。

3)第3車線の場合

灯具直下の高さ10mでは、KSC-4では全ての間隔で視認できず、KSN-3では全ての間隔で視認できる。

灯具中間の高さ15mでは、両灯具とも全ての間隔で視認できない。

c) 輝度差における視認性の総括

輝度差による設置高さにおける間隔について、表-5・4にまとめる。

表-5・4 設置高さにおける許容設置間隔

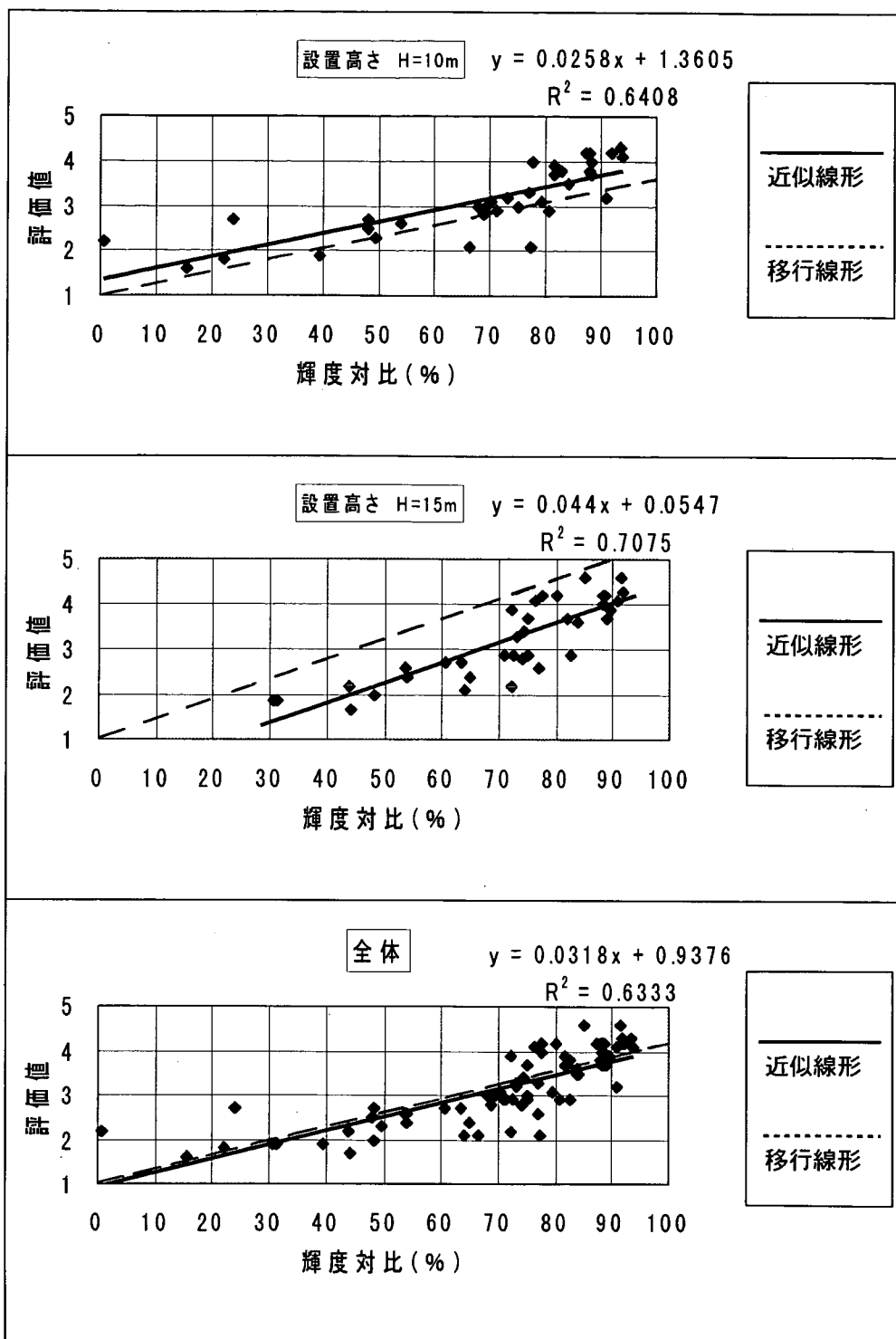
		設置高さ H=10m		設置高さ H=15m	
		KSC-4	KSN-3	KSC-4	KSN-3
第1車線の 許容設置間隔	直下	5.5H	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	4.5H	4.0H	5.0H	5.5H
第2車線の 許容設置間隔	直下	4.0H	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	4.0H	5.5H	4.0H	5.5H
第3車線の 許容設置間隔	直下	—	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	—	—	—	—
第2車線 までの許容設置間隔	灯具別	4.0H	4.0H	4.0H	5.5H
第3車線までの可能性		なし		あり	

設置間隔は、輝度差による視認性の評価より、設置高さを高くすることでより広げられ、かつ、第3車線まで対応できる可能性があると思われる。

また、表-5・1より求められる灯具、設置高さ、車線、障害物配置別の設置間隔による輝度差と評価の関係を参考資料として、参考図-3～9に示す。

5.2.2 輝度対比と視認性

設置高さと間隔の変化による視認性の評価は、障害物の輝度とその背景となる路面の輝度との対比「輝度対比」について検証した。そこで、各車線における設置高さ与各車線を考慮した視認性評価結果と光学測定結果から求められる輝度対比の関係について相関分析を行い検証した。図－5・13(a)は、第1車線における輝度対比と視認性評価を散布図で示し、近似式を挿入したものである。図－5・13(b)は、第2車線、図－5・13(c)は、第3車線を示す。なお、灯具の種類と設置間隔については考慮しなかった。



図一 5 ・ 4 (a) 輝度対比と視認性評価 (第 1 車線)

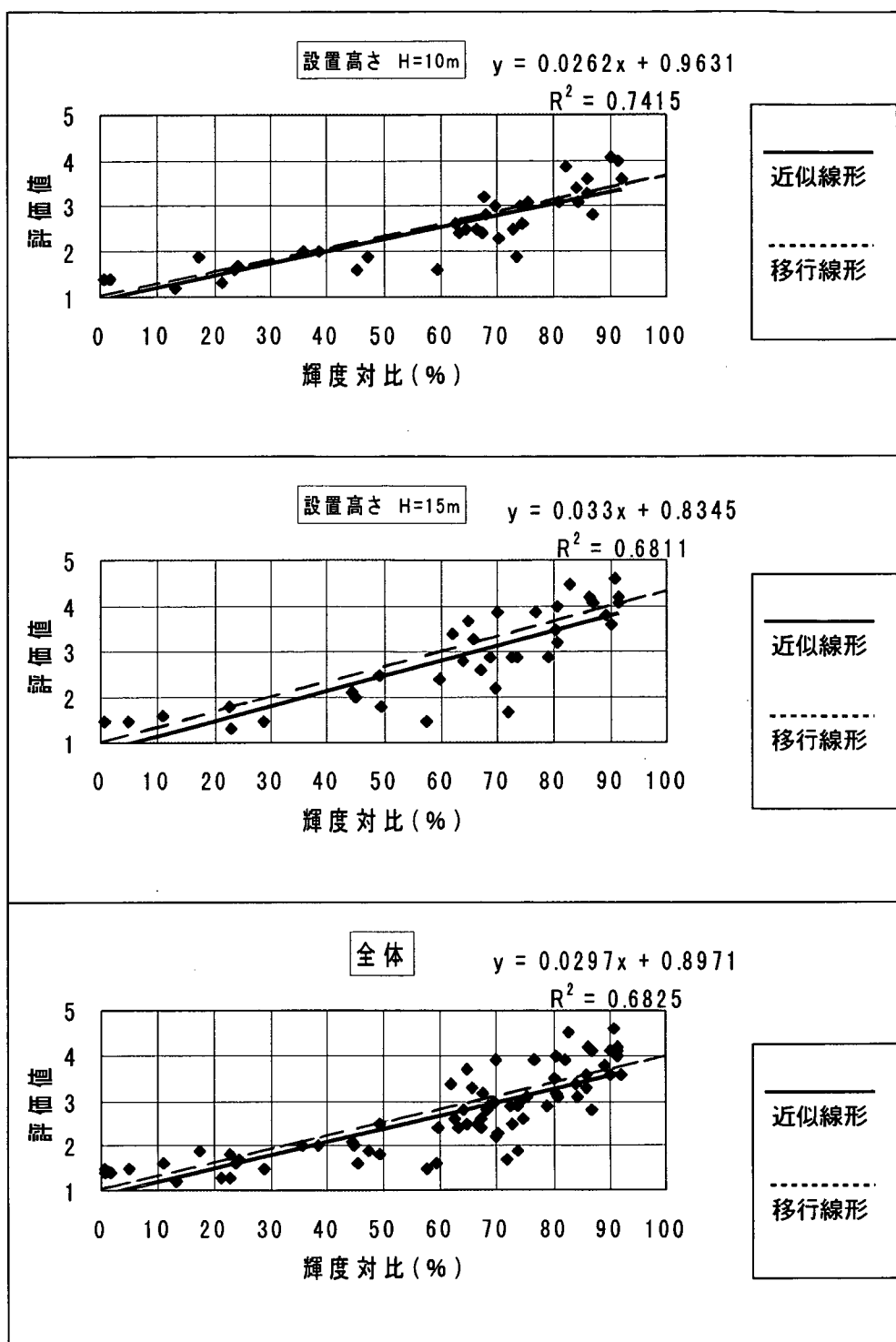


図-5・4(b) 輝度対比と視認性評価 (第2車線)

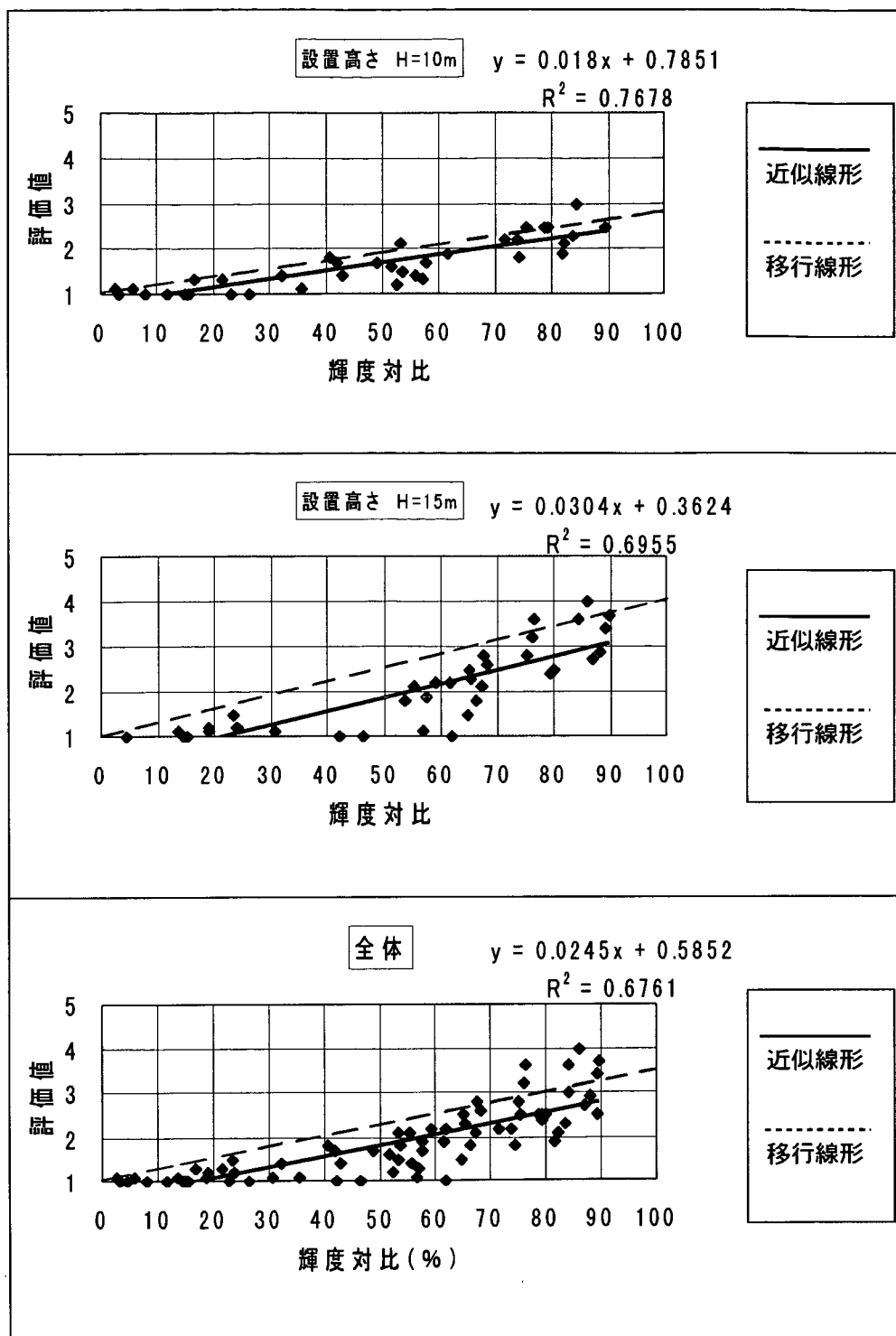


図-5・4(c) 輝度対比と視認性評価 (第3車線)

図-5・4(a)～(c)から次のことを把握した。輝度対比と視認性評価の関係は、各車線とも輝度対比が大きくなるにつれて評価が高くなり（良く見えるようになる）、正の相関を示した。なお、ここで用いた反射率は、2.1.4(2)項にあるように、道路照明下で90%の視認が得られる反射率20%を対象に行った。

また、各図の中に引かれた点線は、近似式を輝度対比0、評価1の原点に移行修正した近似式である。この近似式は、実際の視認が「輝度差がない状態・輝度対比0」では「見えない」と考えられることから、輝度対比0で見えない状態から、輝度差が大きくなることによって評価2「かろうじて見えた」が得られる値を求められるからである。以下に述べる考察は、点線をもとに視認性の得られる輝度差、すなわち、評価2「かろうじて見えた」が得られる値を求めた。

(1) 各車線における考察

図－5・4 (a) の第1車線より、設置高さ10mの場合は輝度対比40(%)、設置高さ15mの場合は輝度対比23(%)、高さを考慮しない場合は輝度対比30(%)となり、設置高さ15mの方が低い値で視認できることになる。

図－5・4 (b) の第2車線より、設置高さ10mの場合は輝度対比40(%)、設置高さ15mの場合は輝度対比30(%)、高さを考慮しない場合は輝度対比34(%)となり、設置高さ15mの方が低い値で視認できることになる。

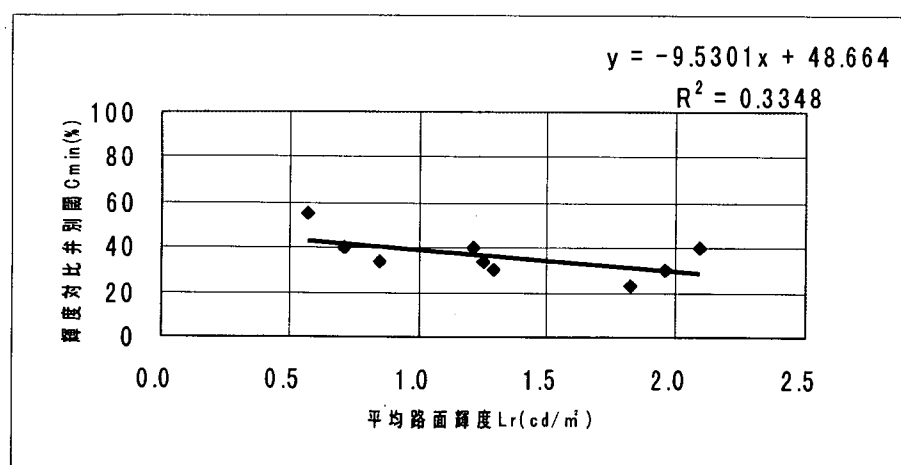
図－5・4 (c) の第3車線より、評価2「かろうじて見える」の輝度対比を求めると、設置高さ10mの場合は輝度対比55(%)、設置高さ15mの場合は輝度対比34(%)、高さを考慮しない場合は輝度対比40(%)となり、設置高さ15mの方が低い値で視認できることになる。

(2) 設置高さにおける考察

各設置高さ、各車線で比較すると、どの設置高さにおいても第1車線から第3車線にかけて（道路横断方向に照明直下から離れるにつれて）高い値になる。これは、各車線の路面輝度のレベルが違うためと考えられ、路面輝度が低くなるほど輝度対比は高くなり、言い換えれば、障害物の視認は、その背景となる路面輝度が低くなると障害物との輝度対比を大きくする必要があることになる。

(3) 各車線と設置高さから求められる輝度対比弁別関

図－5・4で求めた評価2「かろうじて見える」場合の輝度対比をその障害物を視認するための輝度対比弁別関と考え、第1車線から第3車線までの輝度対比を求めた同条件での路面輝度 L_r と輝度対比弁別関 C_{min} との関係を図－5・5に示す。



図－5・5 平均路面輝度と輝度対比弁別関

図－５・５より、障害物の背景となる路面輝度を順応輝度と置き換えると、順応輝度が高くなれば眼が視認するために必要な輝度対比は低く、視認しやすくなると考えられる。

(4) 設置高さ別における考察

図－５・４から得られる近似式とその相関係数を表－５・５に示す。

表－５・５ 設置高さ別による輝度対比の近似式と相関係数

車線 設置高さ		H = 10 m	H = 15 m	全 体
第 1 車 線	近似式	$y=0.0258x+(1.3605)$	$y=0.044x+(0.0547)$	$y=0.0318x+(0.9376)$
	相関係数	R=0.6408	R=0.7075	R=0.6333
第 2 車 線	近似式	$y=0.0262x+(0.9631)$	$y=0.033x+(0.8345)$	$y=0.0297x+(0.8971)$
	相関係数	R=0.7415	R=0.6811	R=0.6825
第 3 車 線	近似式	$y=0.018x+(0.7851)$	$y=0.0304x+(0.3624)$	$y=0.0245x+(0.5852)$
	相関係数	R=0.7678	R=0.6955	R=0.6761

この表－５・５の中で、近似式にある（ ）内は評価実験から求めたもので、移行修正した場合はこの部分を削除したものである。また、相関係数は、評価実験から求めた近似式（移行修正していない）のものである。

表－５・５より、各設置高さの条件ともに、全ての車線において輝度対比に対する視認性評価の相関は大差がなかった。すなわち、順応輝度である路面輝度の変化は、輝度対比に対する視認性評価の相関に関係がないということである。これは、順応輝度に関係なく、輝度対比弁別閾の誤差範囲が同程度になるものと考えられる。

輝度対比による有効な設置高さと間隔を求めるために、設置高さ別による各車線毎の輝度対比弁別閾を表－５・６に、図－５・６に設置高さと間隔による輝度対比の変化を示す。

表－５・６ 設置高さ別による各車線の輝度対比弁別閾

設置高さ	第 1 車線	第 2 車線	第 3 車線
H = 10m	40%	40%	55%
H = 15m	23%	30%	34%

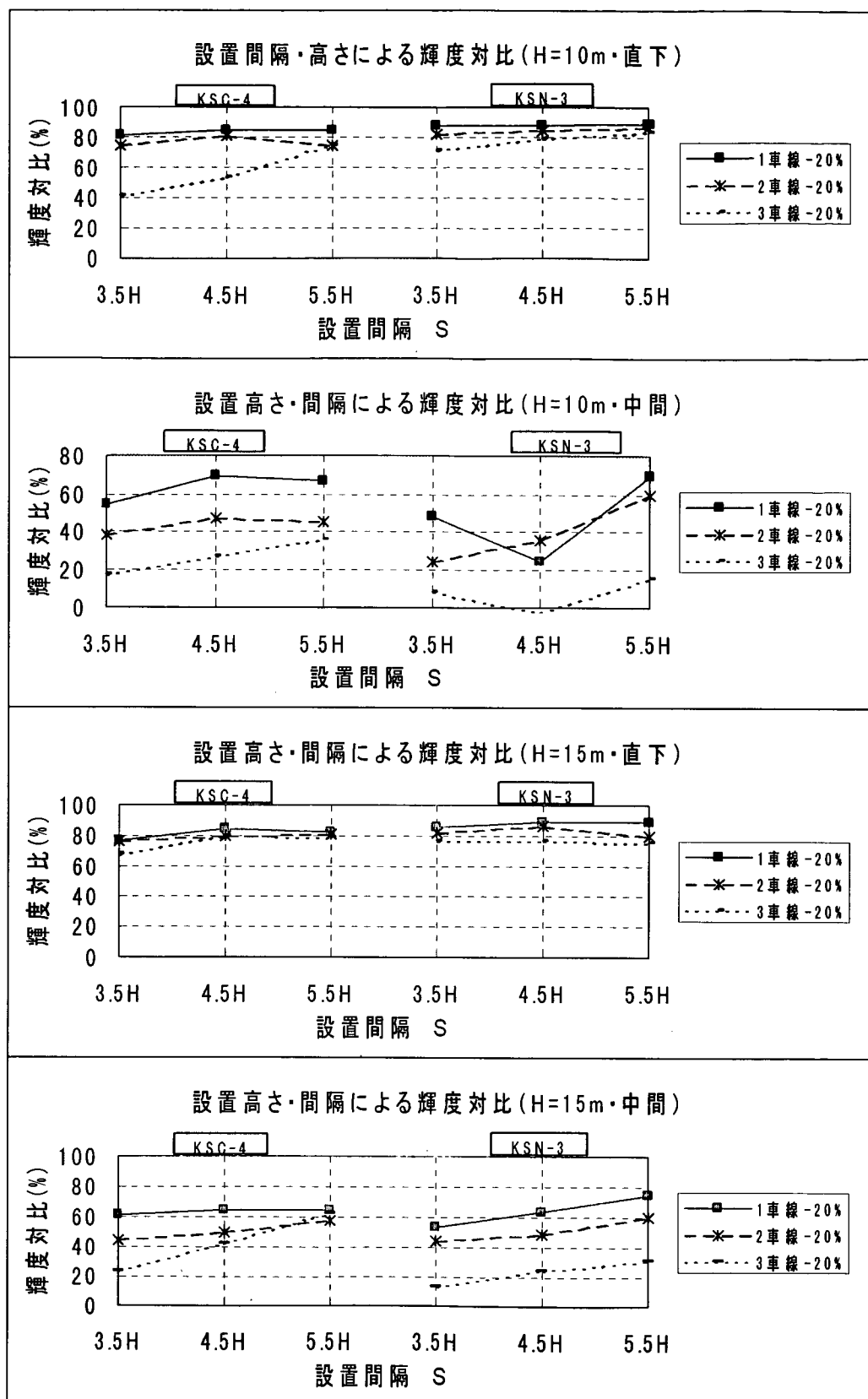


図-5・6 設置高さと間隔による輝度対比の変化

なお、ここで用いた輝度差を求めるための反射率は、2.1.4(2)項にあるように、道路照明下で90%の視認が得られる反射率20%を対象に行った。

ただし、図-5・6の高さ10m・対象物の配置位置が灯具中間における灯具・KSN-3の第2車線は、グラフの傾向が他のものに比べ異なっている。この原因として、おそらく設置間隔が4.5Hの場合において、測定した箇所の路面反射率が高く路面輝度が高いことで輝度対比が小さくなったことが考えられ、その他の条件と比較すると、間隔3.5Hと4.5Hのそれぞれの値の中間位になるものと思われる。

(5)まとめ

a)設置高さによる視認性

表-5・6設置高さ別による各車線の輝度対比弁別閾と図-5・6設置高さと同間隔による輝度対比の変化を比較しながら、有効な設置間隔を求めると、次のことが言える。なお、ここで言う「視認できる」「視認できない」は、表-5・6で求めた輝度対比弁別閾に対して、設置高さと同間隔の変化から求める輝度対比が、その輝度対比弁別閾よりも大きければ「視認できる」、それ以下であれば「視認できない」とした。

1)設置高さ10mの場合

第1車線は、障害物の設置場所が灯具直下（以下、直下という）の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての設置間隔で視認できる。障害物の設置場所が灯具中間（以下、中間という）の場合、KSC-4で全ての間隔で視認でき、KSN-3では間隔4.0Hまで視認できる。

第2車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4で全ての間隔で視認でき、KSN-3では間隔4.5H以上で視認できる。

第3車線は、直下の場合、KSC-4で間隔4.5H以上で視認でき、KSN-3では全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できない。

2)設置高さ15mの場合

第1車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第2車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第3車線は、直下の場合、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。中間の場合、KSC-4で間隔4.0H以上で視認でき、KSN-3で全ての設置間隔で視認できない。

b)各車線による視認性

1)第1車線の場合

灯具直下では、両設置高さ、および両灯具とも全ての間隔で視認できる。

灯具中間の高さ10mでは、KSC-4で間隔5.5Hまで視認でき、KSN-3で間隔4.0Hまで視認できる。また、高さ15mでは、両灯具とも全ての間隔で視認できる。

2)第2車線

灯具直下では、両設置高さ、および両灯具とも全ての間隔で視認できる。

灯具中間の高さ10mでは、両灯具とも全ての間隔で視認できる。また、高さ15mでは、K S C - 4 で間隔4.5Hまで視認でき、K S N - 3 では全ての間隔で視認できる。

3) 第3車線

灯具直下の高さ10mでは、K S C - 4 で間隔4.5H以上で視認でき、K S N - 3 では全ての間隔で視認できる。また、高さ15mでは、両灯具とも全ての間隔で視認できる。

灯具中間の高さ10mでは、両灯具とも全ての間隔で視認できない。また、高さ15mでは、K S C - 4 で間隔4.0以上で視認でき、K S N - 3 では全ての間隔で視認できない。

c) 輝度対比における視認性の総括

輝度対比による設置高さにおける間隔について、表-5・7にまとめる。

表-5・7 設置高さにおける許容設置間隔

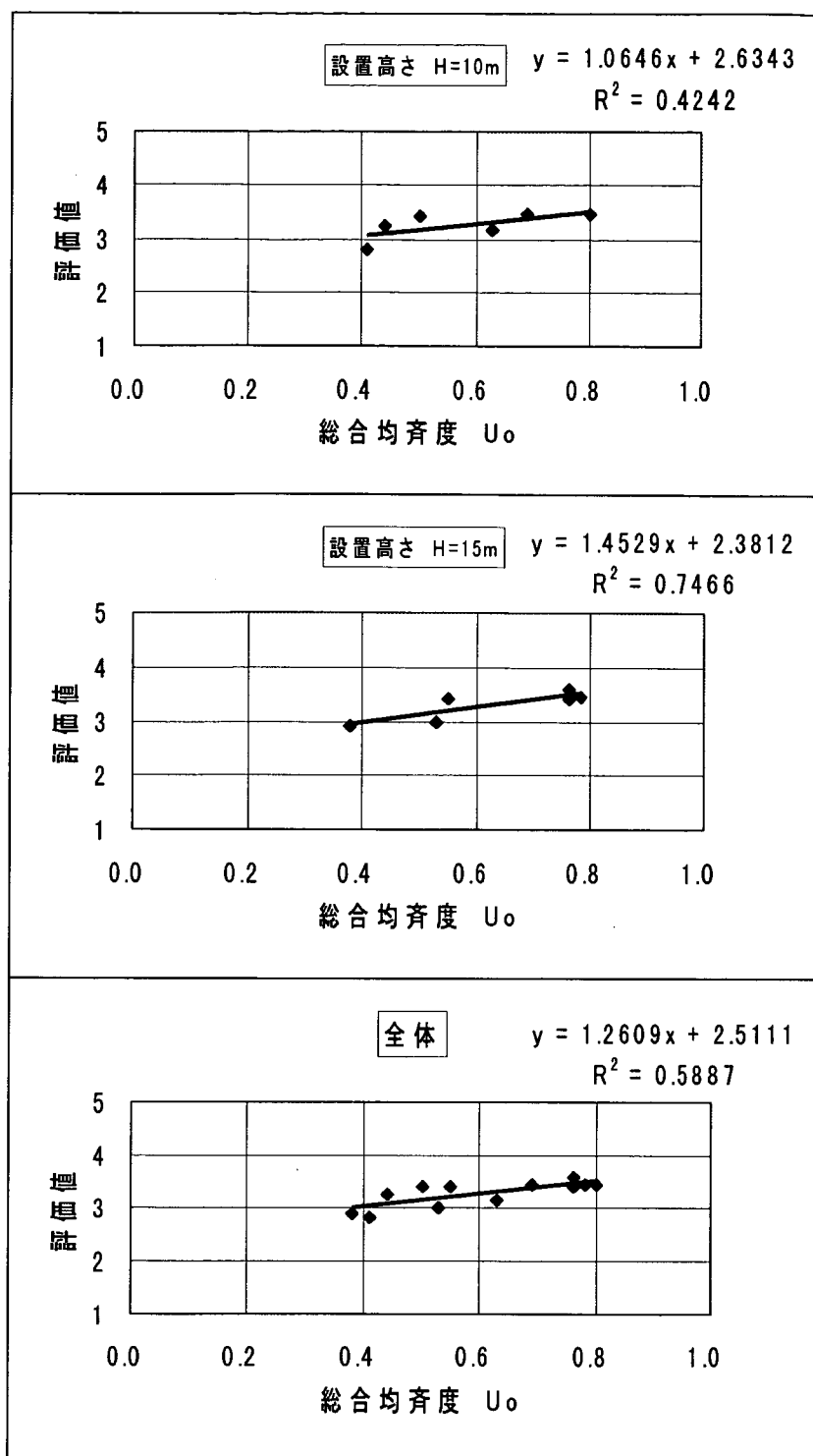
		設置高さ H=10m		設置高さ H=15m	
		K S C - 4	K S N - 3	K S C - 4	K S N - 3
第1車線の 許容設置間隔	直下	5.5H	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	5.5H	4.0H	5.5H	5.5H
第2車線の 許容設置間隔	直下	5.5H	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	5.5H	4.5H	5.5H	5.5H
第3車線の 許容設置間隔	直下	4.5H以上	5.5H	5.5H	5.5H
	中間	—	—	4.0H以上	—
第2車線 までの許容設置間隔	灯具別	5.5H	4.0H	5.5H	5.5H
第3車線までの可能性		あり		あり	

設置間隔は、輝度対比による視認性の評価より、第3車線まで対応できる可能性があると思われる。

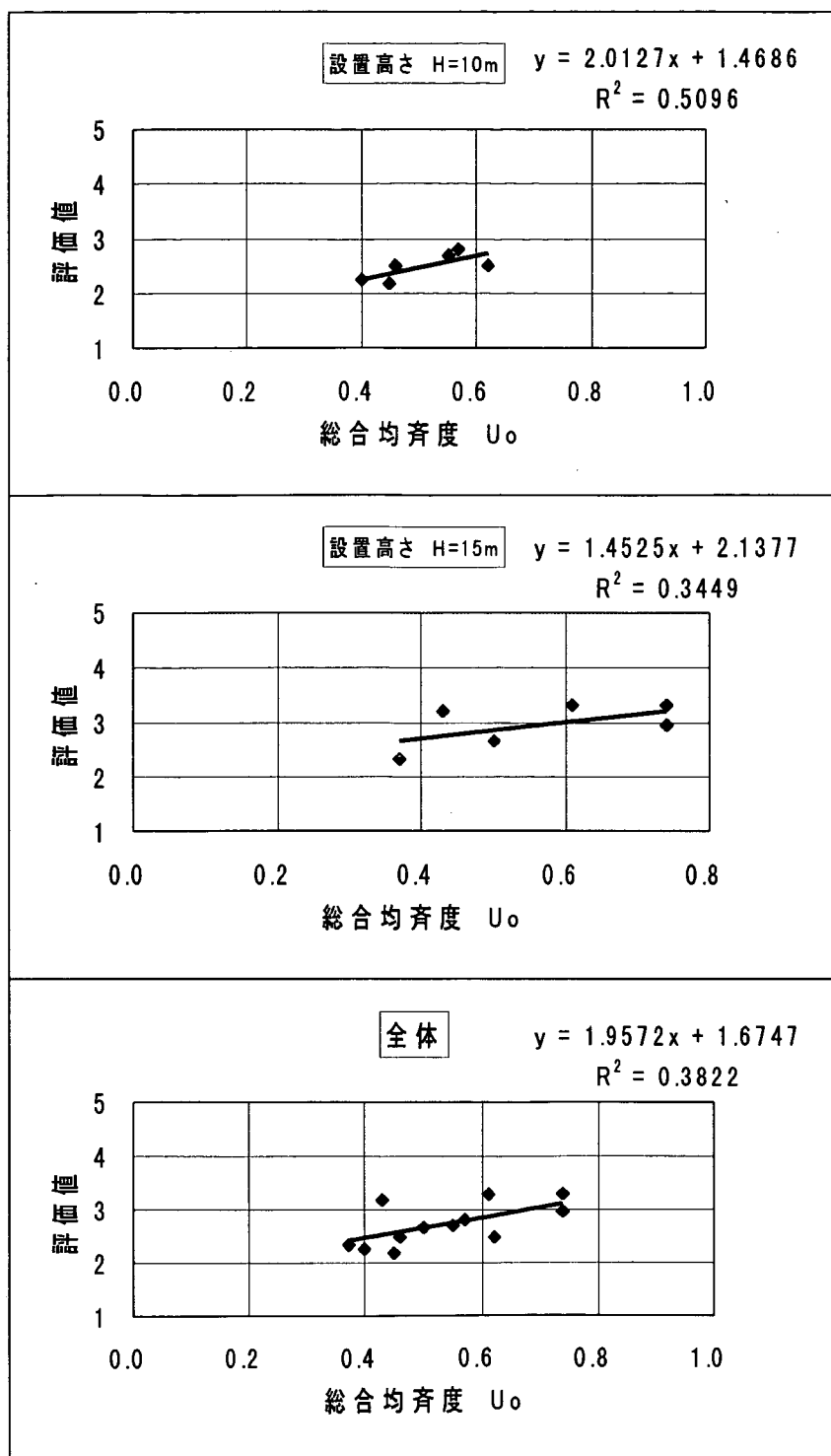
また、表-5・1より求められる、灯具、設置高さ、車線、障害物配置位置別の設置間隔による輝度対比と評価の関係を参考資料として、参考図-3・10～18に示す。

5.2.3 総合均斉度と視認性

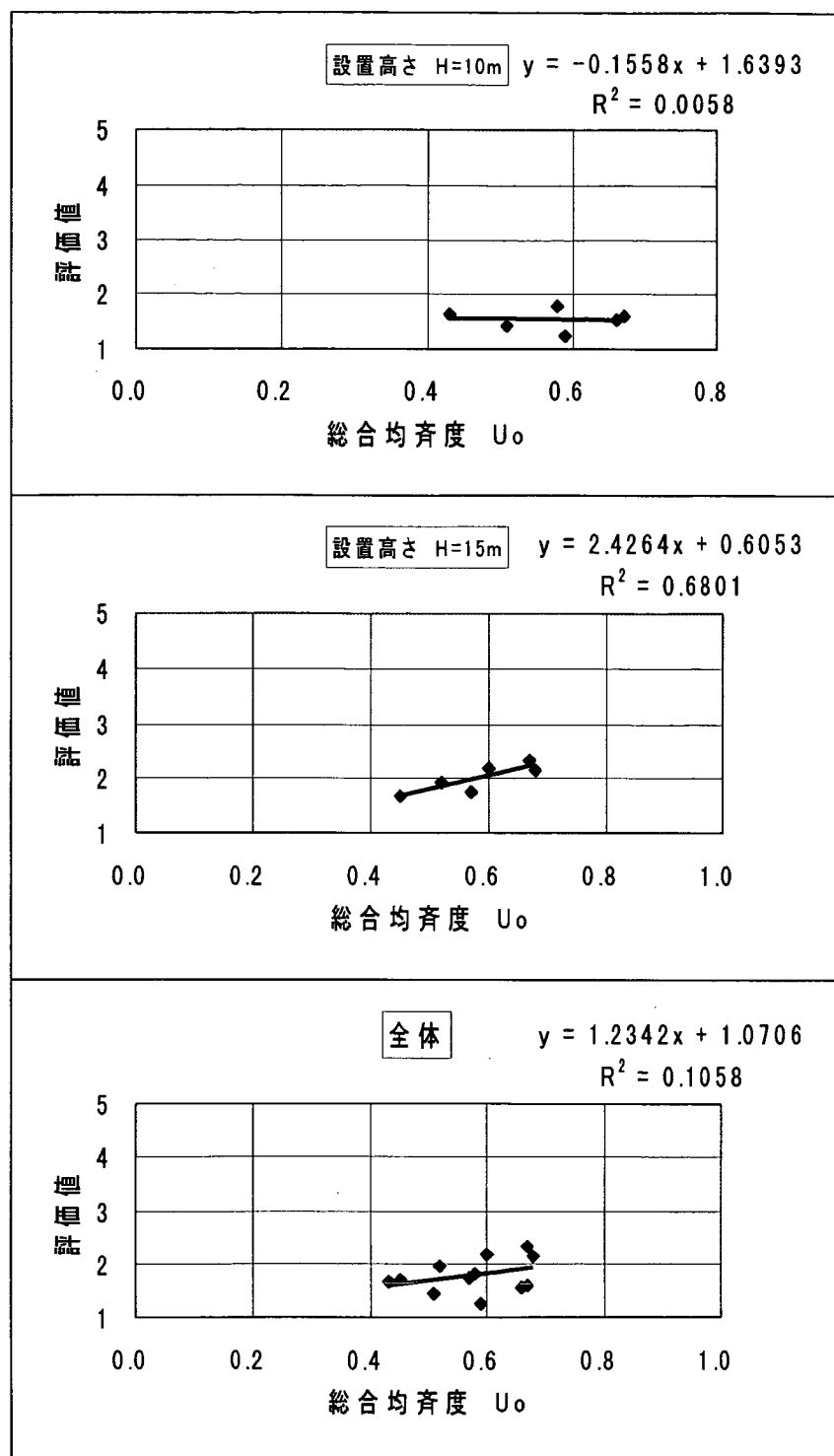
設置高さと間隔の変化による視認性の評価は、路面の明るさの均一性を表す指標の一つである「総合均斉度」について検証した。そこで、各車線における設置高さと各車線を考慮した視認性評価結果と光学測定結果から求められる総合均斉度との関係について相関分析を行った。図－5・7 (a)は、第1車線における輝度差と視認性評価を散布図で示し、近似式を挿入したものである。図－5・7 (b)は、第2車線、図－5・7 (c)は、第3車線を示す。なお、灯具の種類と設置間隔については考慮しなかった。



図－５・７(a) 総合均斉度と視認性評価 (第1車線)



図－５・７(b) 総合均斉度と視認性評価 (第2車線)



図－５・７(c) 総合均斉度と視認性評価 (第３車線)

図－５・７(a)～(c)から次のことを把握した。総合均斉度と視認性評価の関係は、各車線とも総合均斉度が大きくなるにつれて評価が高くなり、正の相関を示した。なお、ここで用いた反射率は、2.1.4(2)項にあるように、道路照明下で90%の視認が得られる反射率20%を対象に行った。

(1)各車線における考察

第1車線から第3車線までの3車線を比較すると、全ての傾向として第1車線が一番評価が高く、次に第2車線、最後に第3車線の順に評価が悪くなる。これは、路面の明るさレベルに関係があると考えられ、第1車線のように路面輝度が高ければ総合均斉度が低くても視認できるが、第3車線のように特に高さ10m時のように路面輝度が非常に低ければ総合均斉度がいくら高くても視認できないことを表している。

(2)設置高さにおける考察

図-5・7(a)の第1車線より、設置高さ別に視認性評価を比較すると、高さ10m・15m・高さを考慮していない3種類ともほぼ同じ評価となった。設置高さ別による相関は、設置高さが高い方が高くなった。

図-5・7(b)の第2車線より、設置高さ別に視認性評価を比較すると、同じ均斉度では高さが高い方が高い評価を示した。設置高さ別による相関は、設置高さ10mで相関が高く15mが若干低い値となった。

図-5・7(c)の第3車線より、設置高さ別に視認性評価を比較すると、高さ10mでは評価2「かろうじて見える」を満足せず、高さ15mでは評価2を総合均斉度0.6で満足した。設置高さ別による相関は、高さ10mでは相関を示さず、高さ15mで高い相関を示した。

(3)各車線と設置高さから求められる総合均斉度の限界値

第1車線から第3車線まで3車線の総合均斉度の評価を表したものを、図-5・8に示す。
なお、車線毎の比較のため、灯具と設置高さは考慮しなかった。

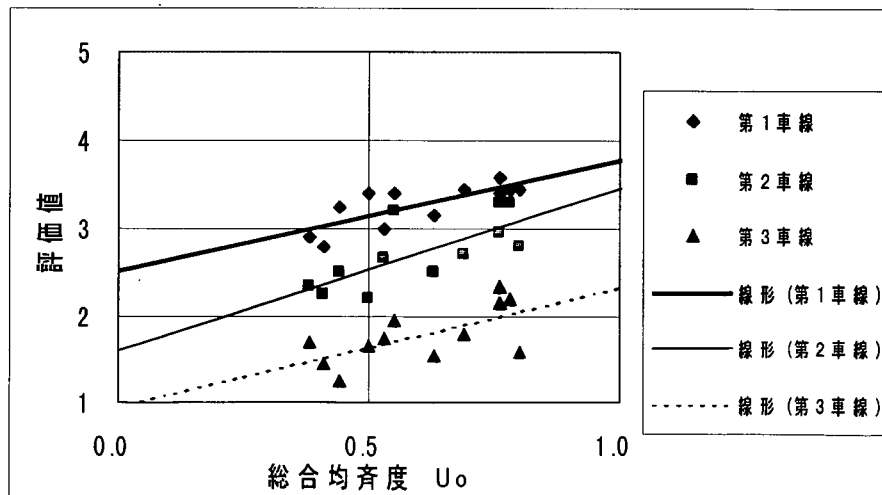


図-5・8 各車線の総合均斉度と視認性評価

図-5・8より、第1車線から第3車線にかけて、評価2「かろうじて見える」の総合均斉度の値が高くなった。これは、路面輝度と相関が高いと考えられ、第1車線のように十分明るい路面では多少のムラがあっても評価2は得られるが、第3車線の十分照明されていない暗い路面では同じ評価2を得るために十分に高い総合均斉度が必要になると考えられる。

(4)設置高さ別における考察

図－５・７から得られる近似式とその相関係数を表－５・８に示す。

表－５・８ 設置高さ別による総合均斉度の近似式と相関係数

車線 \ 設置高さ		H = 10 m	H = 15 m	全 体
第 1 車 線	近似式	$y=1.0646x+2.6343$	$y=1.4529x+2.3812$	$y=1.2609x+2.5111$
	相関係数	R=0.6513	R=0.8641	R=0.7673
第 2 車 線	近似式	$y=2.0127x+1.4686$	$y=1.4525x+2.1377$	$y=1.9572x+1.6747$
	相関係数	R=0.7134	R=0.5873	R=0.6182
第 3 車 線	近似式	$y=-0.1558x+1.6393$	$y=2.4264x+0.6053$	$y=1.2342x+1.0706$
	相関係数	R=0.0762	R=0.8427	R=0.3253

表－５・８より、各車線毎に比較すると、高さ10mでは第1、第2車線はほぼ同じ相関であるが第3車線は相関がなかった。また、高さ15mでは第2車線は若干低くなるものの、その他は高い相関が得られた。このことから分析すると、高さ10mの第3車線は十分に照明されておらず、非常に低い路面輝度であることから、総合均斉度は路面輝度と比例関係にあると考えられる。

総合均斉度による有効な設置高さと間隔を求めるために、図－５・７より、設置高さ別による各車線毎の評価2「かろうじて見える」時の総合均斉度の限界値を表－５・９に、図－５・９に設置高さと同間隔による総合均斉度の変化を示す。

表－５・９ 設置高さ別による各車線の総合均斉度の限界値

設置高さ	第1車線	第2車線	第3車線
H=10m	全て満足	0.25	—
H=15m	全て満足	全て満足	0.55

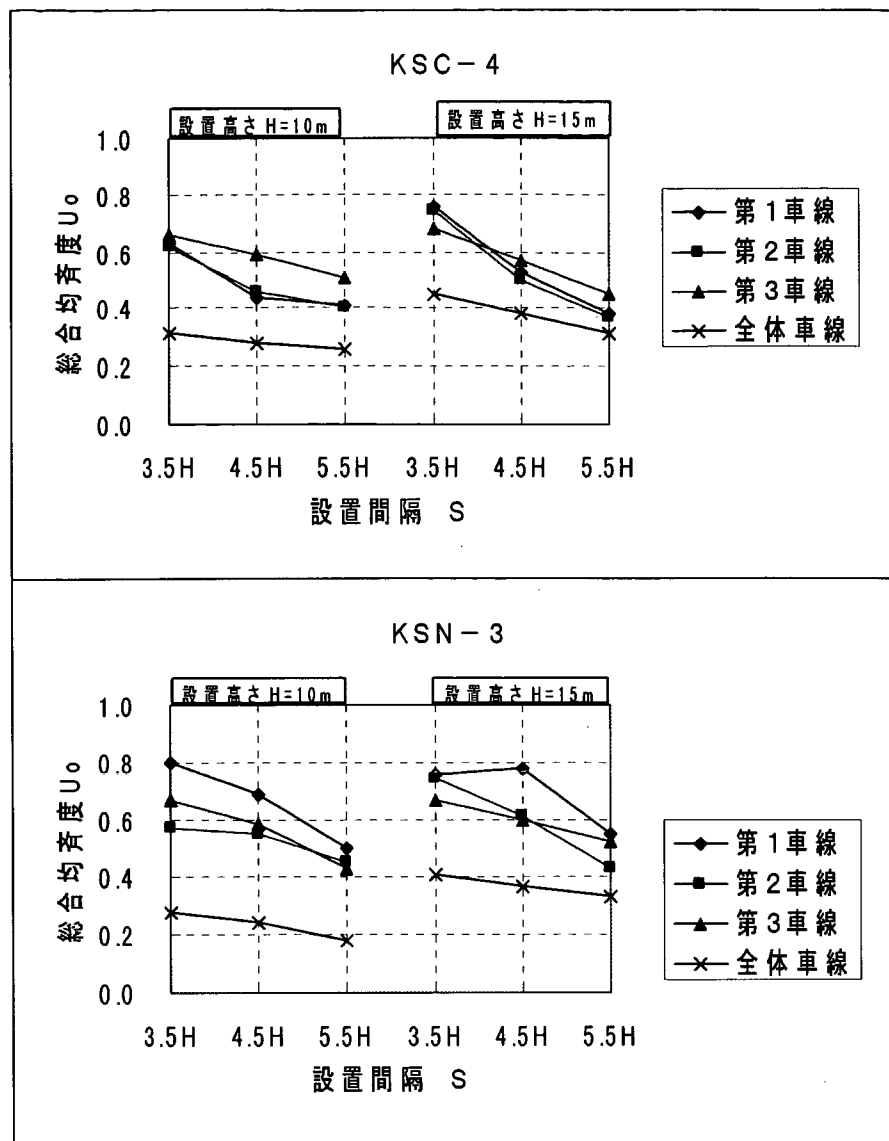


図-5・9 設置高さと間隔による総合均斉度

(5)まとめ

a)設置高さによる視認性

表-5・9設置高さ別による各車線の総合均斉度の限界値と図-5・9設置高さと間隔による総合均斉度の変化を比較しながら、有効な設置間隔を求めると、次のことが言える。

1)設置高さ10mの場合

第1車線は、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第2車線は、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第3車線は、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できない。

2)設置高さ15mの場合

第1車線は、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第2車線は、KSC-4、KSN-3とも全ての間隔で視認できる。

第3車線は、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3で間隔5.0Hまで視認できる。

b) 各車線による視認性

1) 第1車線の場合

両設置高さ、両灯具とも、全ての設置間隔で視認できる。

2) 第2車線の場合

両設置高さ、両灯具とも、全ての設置間隔で視認できる。

3) 第3車線の場合

設置高さ10mでは、両灯具とも全ての設置間隔で視認できない。

設置高さ15mでは、KSC-4で間隔4.0Hまで視認でき、KSN-3で間隔5.5Hまで視認できる。

c) 総合均斉度における視認性の総括

総合均斉度による設置高さにおける間隔について、表-5・10にまとめる。

表-5・10 設置高さにおける許容設置間隔

		設置高さ H=10m		設置高さ H=15m	
		KSC-4	KSN-3	KSC-4	KSN-3
第1車線の許容設置間隔		5.5H	5.5H	5.5H	5.5H
第2車線の許容設置間隔		5.5H	5.5H	5.5H	5.5H
第3車線の許容設置間隔		—	—	4.0H	5.0H
第2車線	灯具別	5.5H	4.0H	5.5H	5.5H
までの許容設置間隔		4.0H		5.5H	
第3車線までの可能性		なし		あり (4.0H)	

設置間隔は、総合均斉度と視認性の評価より、設置高さを高くすることでより拡大でき、かつ、第3車線まで対応できる可能性があると思われる。

また、表-5・1より求められる、灯具、設置高さ、車線、障害物配置位置別の設置間隔による総合均斉度と評価の関係を参考資料として、参考図-3・19～27に示す。

5.3 視認性要因の検討

視認性要因の検討は、視認性に関係があると考えられている障害物とその背景である路面との「輝度差」、障害物とその背景である路面との「輝度対比」、および路面の「総合均斉度」について、それぞれの要因が視認性に対してどのように関係するか検討する。

そこで、5.2項より求めた、「輝度差」「輝度対比」「総合均斉度」の評価値に対する相関をまとめ、どの項目が視認性に最も相関が高く視認性を評価する場合に有効であるか検証する。

表－5・11に、各車線毎における「輝度差」「輝度対比」「総合均斉度」の相関係数を示す。なお、設置高さと灯具の種類別による比較はしなかった。

表－5・11 各車線における相関係数の比較

	輝度差： ΔL	輝度対比：C	総合均斉度：U _o
第1車線	0.7723	0.6333	0.7673
第2車線	0.8675	0.6825	0.6182
第3車線	0.9477	0.6761	0.3253

表－5・11より、次の傾向が考えられる。

各項目別に比較すると、輝度差は、第1車線から第3車線にかけて順次相関が高くなった。これは、路面輝度が低くなるにしたがって相関が高くなり、路面輝度が高い状態では評価が多少ばらつき逆に低い場合では評価がまとまるものと考えられる。

輝度対比は、第1車線から第3車線にかけて相関の大きな変化は見られなかった。これは、路面輝度に影響されることが少ないと考えられ、原因として路面輝度の比であるためと思われる。

総合均斉度は、第1車線から第3車線にかけて順次相関が低くなった。これは、路面輝度が低くなるにしたがって相関が低くなるものと考えられ、いくら均斉度が良くても路面輝度が低ければ視認できないことを表しているものと考えられる。

また、項目別の相関の傾向をその強弱で比較すると、「輝度差」＞「輝度対比」＞「総合均斉度」となり、視認性を評価するにあたっては、「輝度差」による評価が有効であると考えられる。

5.4 視認性評価のまとめ

結果、考察を踏まえて視認性を評価する有効な手法は、「輝度差」を活用して定量的に表すことであると言える。したがって、輝度差を活用して視認性を考慮した設置高さと間隔を求めると表－5・4で求めた数値が許容できる範囲と言える。

この図から、設置高さ10mの場合は、第2車線までの許容間隔は、両灯具ともに $S=4.0H$ となる。第3車線までを考慮した場合は、視認できないため有効性を見出すことは出来ない。

設置高さ15mの場合は、第2車線までの許容間隔は、KSC-4の場合 $S=4.0H$ で、KSN-3の場合 $S=5.5H$ となり、全てを満足するためには、 $S=4.0H$ までが許容設置間隔となる。しかしながら、新たな灯具を検討することによって設置間隔を拡大することは可能であり、KSN-3の灯具又は配光を考慮した道路灯を開発することにより設置間隔 $S=5.5H$ まで拡大できる可能性があると言える。また、第3車線までを

考慮した場合は、一部の区間（灯具と灯具の間地点）を除いて視認可能であると考えられる。したがって、第3車線を考慮した配光を検討すること、すなわち、新しい灯具を検討することで、3車線分についても視認可能になると考えられる。

第6章 快適性の結果と考察

6.1 光学測定の結果と車線軸均斉度・輝度勾配の評価

夜間における道路面上の道路照明による快適性は、路面上の明るさのムラによる各車線中心線上の最小路面輝度と大小路面輝度の比「車線軸均斉度」、および各車線における隣り合う輝度差の最大値と平均路面輝度の比「最大輝度勾配」の2種類について相関が高いと言われている。¹⁾²⁾

そこで、車線軸均斉度、最大輝度勾配について、快適性評価結果と光学測定結果から得られる事象について検討を行い、快適性との関係について把握した。

表－6・1に、光学測定結果と快適性の主評価項目である「快適感」の評価結果についてまとめたものを示す。

表－6・1 光学測定結果と快適性評価結果

高さ：H (m)	間隔：S	灯具	第1車線			第2車線			第3車線		
			U1	Smax	評価値	U1	Smax	評価値	U1	Smax	評価値
10	3.5H	KSC-4	0.59	22.10	4.20	0.71	10.70	3.40	0.72	4.10	2.60
10	4.5H	KSC-4	0.34	59.80	3.30	0.43	20.60	3.20	0.52	5.20	2.70
10	5.5H	KSC-4	0.22	78.30	3.00	0.32	56.50	2.80	0.44	13.00	2.50
15	3.5H	KSC-4	0.66	15.00	4.60	0.76	10.70	4.50	0.77	7.10	3.70
15	4.5H	KSC-4	0.44	41.80	3.30	0.40	25.50	3.00	0.48	13.60	2.80
15	5.5H	KSC-4	0.28	64.40	2.90	0.27	23.30	2.50	0.35	18.90	2.20
10	3.5H	KSN-3	0.67	27.60	4.50	0.80	13.80	4.20	0.64	10.30	3.30
10	4.5H	KSN-3	0.58	39.10	3.90	0.61	21.20	3.90	0.58	16.00	3.30
10	5.5H	KSN-3	0.36	52.70	3.10	0.44	25.60	3.00	0.42	19.40	3.10
15	3.5H	KSN-3	0.66	31.40	4.60	0.77	22.90	4.40	0.73	13.80	4.00
15	4.5H	KSN-3	0.53	51.00	4.00	0.62	25.20	4.20	0.63	20.40	3.60
15	5.5H	KSN-3	0.44	33.30	3.40	0.39	29.90	3.00	0.45	19.70	2.80

U1：車線軸均斉度 Smax(%)：最大輝度勾配

表－6・1より、評価値は各車線とも設置高さや灯具に関係なく、設置間隔が広がると車線軸均斉度の値は小さくなり、最大輝度勾配の値は大きく、評価値は小さくなった。また、同じ灯具で比較した場合、設置間隔が3.5Hの場合、いずれも設置高さが10mより15mの方が評価値は高い値となった。間隔が5.5Hになると設置高さ10mと15mによる評価値の差は近い値となった。これらの結果から、設置高さを高くすることによって路面の明るさは均一になることを把握した。

また、快適性を評価する項目は、「快適感」が総合的に快適性を評価する主評価項目と考え、その他に快適性と相関があると考えられる「運転作業性」「路面の明るさのムラ」「明るさ感」を快適性を補完する評価項目（以下、補完評価項目という）として同時に主観評価を行った。

6.2 静止状態による快適性の評価

6.2.1 車線軸均斉度と快適性

(1) 快適感

a) 各車線毎の全体傾向

設置高さ・間隔の変化による快適性の主評価項目である「快適感」の評価は、各車線の「快適感評価」と「車線軸均斉度」の関係について検証した。

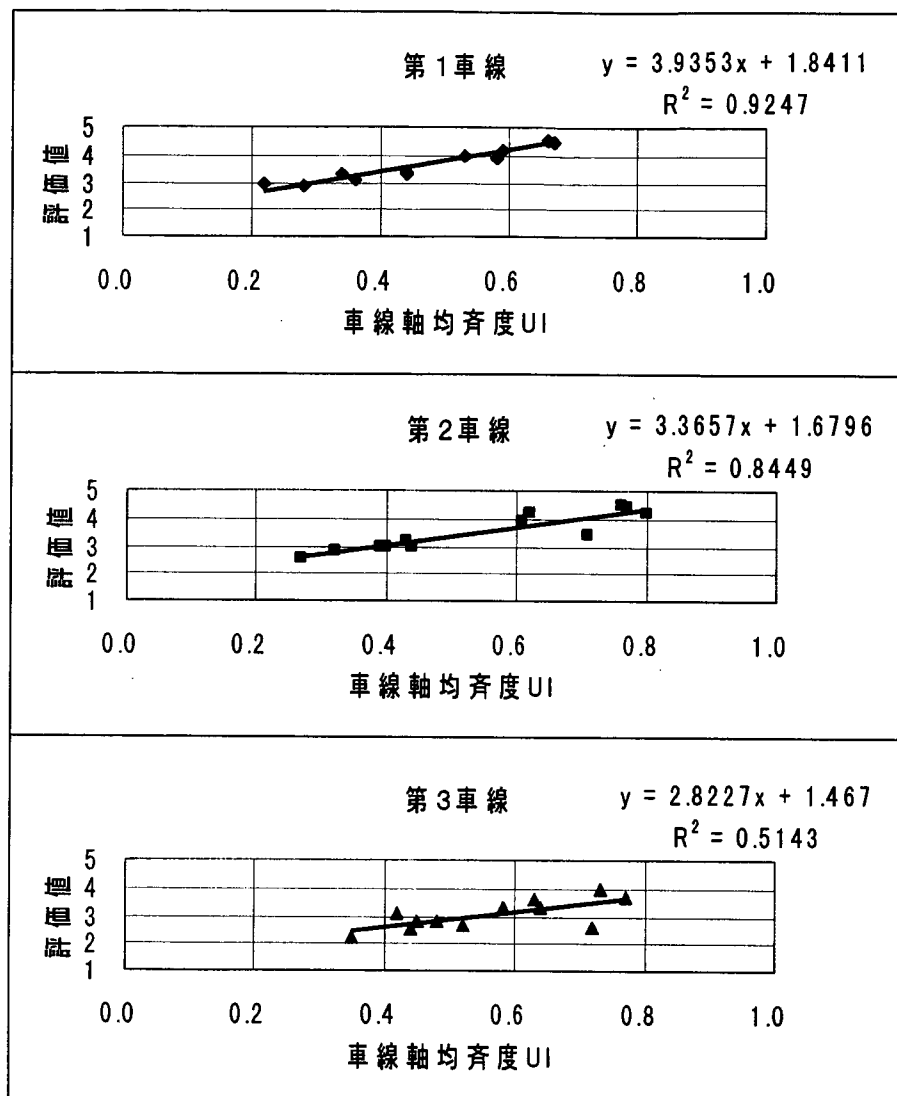


図-6・1 各車線による車線軸均斉度の評価

図-6・1は、各車線における車線軸均斉度と評価値を表したものである。ただし、灯具と設置高さ・間隔は区別しなかった。また、表-6・2に、それぞれの近似式と相関係数を示す。

表-6・2 各車線の近似式と相関係数

	近似式	相関係数
第1車線	$y=3.9353x+1.8411$	$R=0.9616$
第2車線	$y=3.3657x+1.6796$	$R=0.9192$
第3車線	$y=2.8227x+1.467$	$R=0.7171$

各車線における車線軸均斉度の評価を相関で比較すると、第1車線から第3車線にかけて相関係数が低くなった。これは、路面の明るさ（路面輝度）が関係していると考えられ、第1車線の明るい路面輝度に相関が高く、第2、第3車線と暗い路面輝度になるにしたがって相関は低くなるものと考えられる。

快適感評価の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、評価3が得られる車線軸均斉度は、第1車線から第3車線にかけて車線軸均斉度は高くなった。すなわち、同じ評価3「どちらでもない」を得るためには、第1車線から第3車線にかけて徐々に高い車線軸均斉度が必要となった。これは、路面の明るさと関係していると考えられ、第1車線の明るい路面輝度では車線軸均斉度が低くても（路面の明るさにムラがあっても）評価3を得られるが、第3車線にかけて暗くなるにしたがって車線軸均斉度が高くないと（路面の明るさのムラが少なくないと）評価3は得られないものと考えられる。

b) 設置高さ別車線毎の検討

図-6・2に、各車線における設置高さ別の車線軸均斉度と評価値の変化を示す。

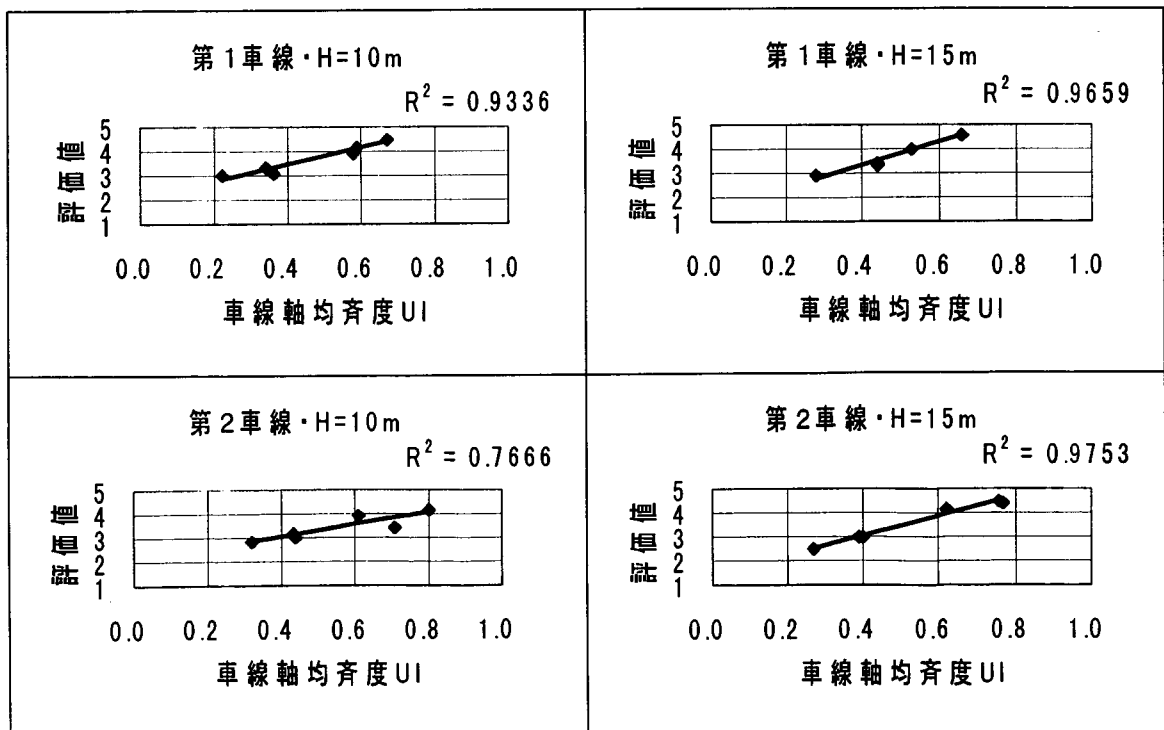
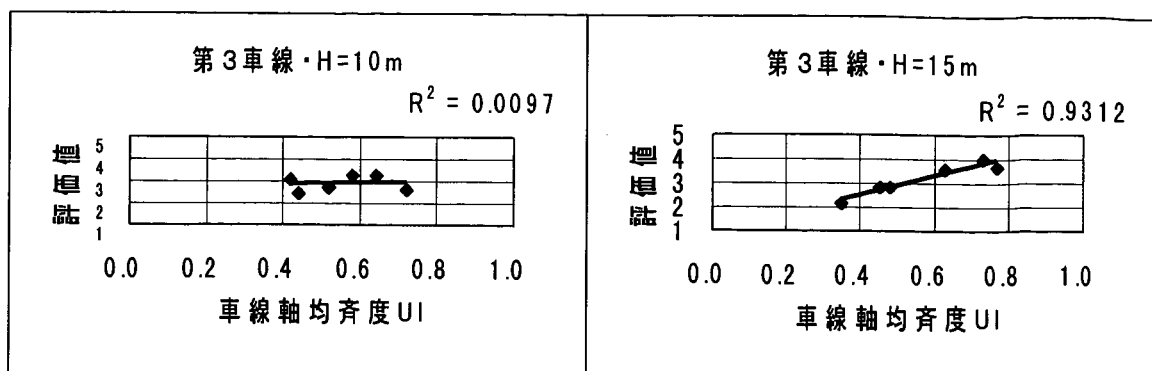


図-6・2(a) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化



図－6・2 (b) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値を相関で比較すると、高さ10mより15mの方がいずれの車線においても相関が高くなった。また、車線毎に比較すると、いずれの設置高さとも第1車線から第3車線にかけて相関が低くなり（高さ15mは3車線とも、決定係数0.9以上の非常に高い数値が得られた）、高さ10mの第3車線は相関が得られなかった。

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、いずれの設置高さとも第1車線と第2車線では、車線軸均斉度の値がほぼ同じになった。また、第1車線から第3車線にかけて、車線軸均斉度の値は高くなった。

これらは、路面の明るさに関係していると考えられる。結果から、路面輝度が高くなると評価と車線軸均斉度の相関は高くなり、車線軸均斉度の値は低くてもいいことが分かる。しかし、路面輝度が低くなると評価と車線軸均斉度の相関は低くなり高い車線軸均斉度の値が必要になると考えられる。

表－6・3は、図－6・2より求められる、各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値である。

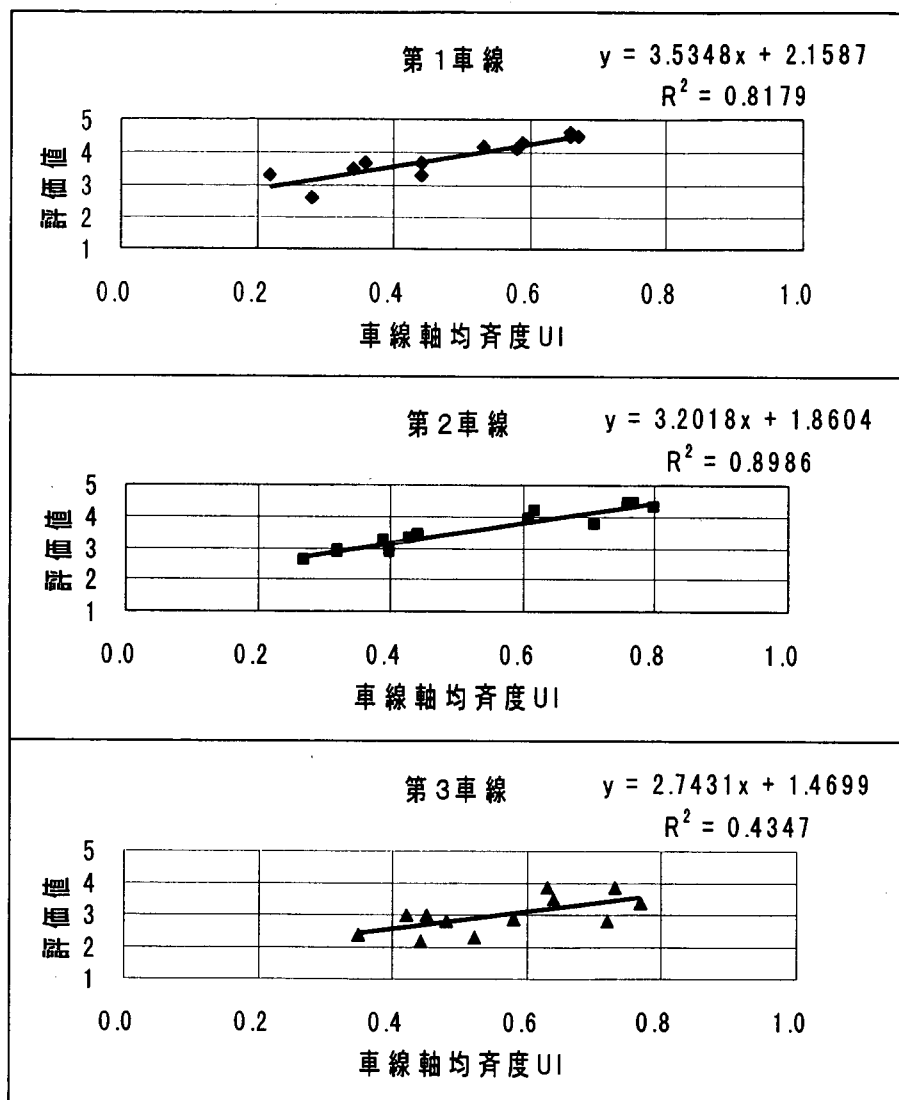
表－6・3 各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	0.3	0.3
第2車線	0.4	0.4
第3車線	—	0.5

(2) 運転作業性

a) 各車線毎の全体傾向

設置高さ・間隔の変化による「運転作業性」の評価は、各車線の運転作業性評価と車線軸均斉度の関係について検証した。



図－6・3 各車線による車線軸均斉度の評価

図－6・3は、各車線による車線軸均斉度と評価値を表したものである。なお、灯具と設置高さ・間隔は区別しなかった。また、表－6・4に、それぞれの近似式と相関係数を示す。

表－6・4 各車線の近似式と相関係数

	近似式	相関係数
第1車線	$y=3.5348x+2.1587$	$R=0.9043$
第2車線	$y=3.2018x+1.8604$	$R=0.9479$
第3車線	$y=2.7431x+1.4699$	$R=0.6593$

各車線における車線軸均斉度の評価を相関係数で比較すると、第1車線と第2車線はほぼ同じ高い相関を示すが、第3車線は相関が低くなった。これは、路面輝度に関係しているものと考えられ、特に第3車線の暗い路面に対して相関は低くなるものと考えられる。

運転作業性の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、第1車線から第3車線にかけて車線軸均斉度は高くなった。すなわち、同じ評価3「どちらとも言えない」を得るためには、第1車線から第3車線にかけて高い車線軸均斉度が必要となる。これは、路面輝度に関係していると考えられ、第1車線の明るい路面では低く、第3車線にかけて暗くなるにしたがって車線軸均斉度が高くないと（路面の明るさのムラが少なくないと）評価3が得られないものと考えられる。

b) 設置高さ別車線毎の検討

次に、図-6・4に、各車線における設置高さ別の車線軸均斉度と評価値の変化を示す。

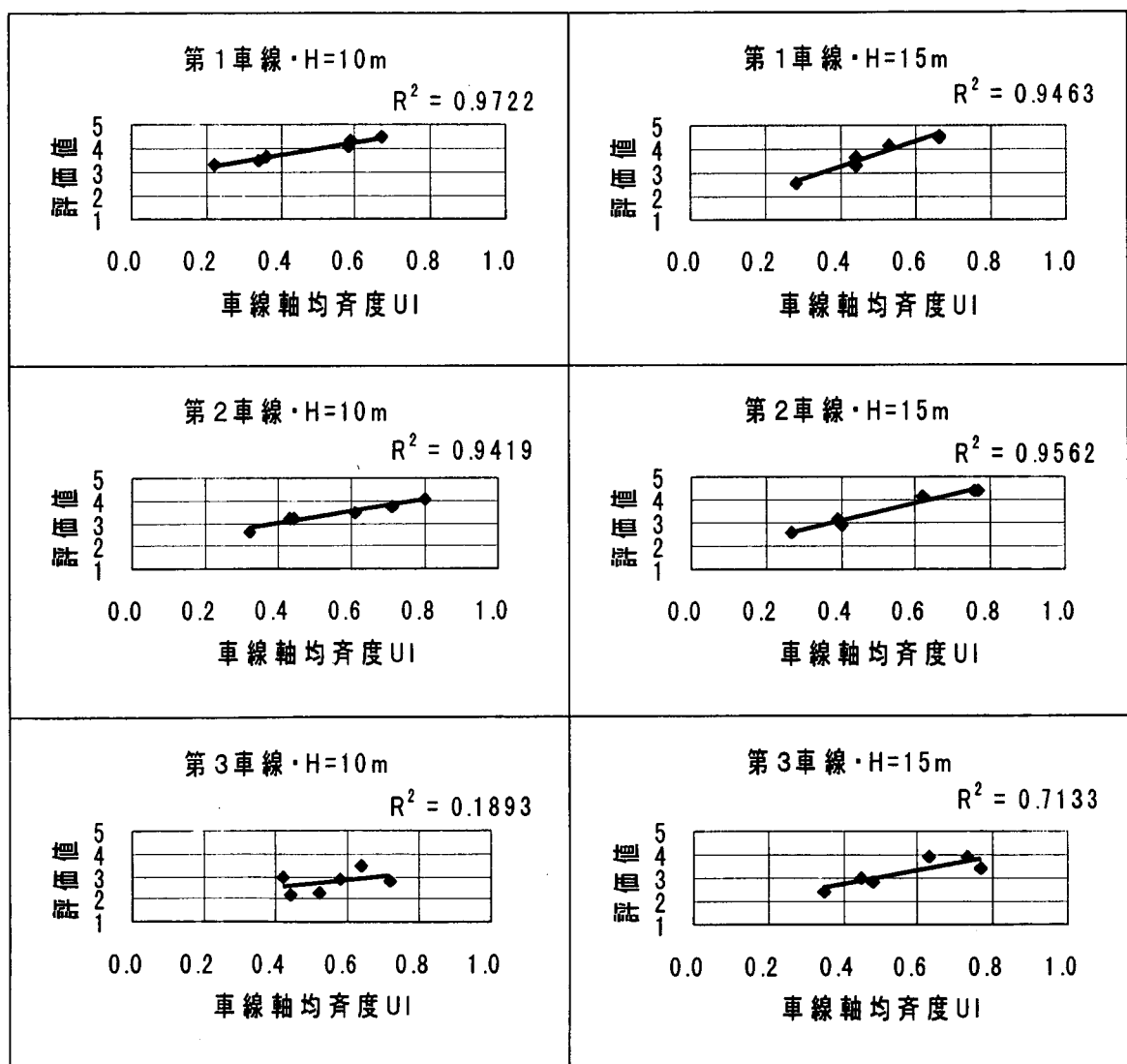


図-6・4 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値を相関で比較すると、第1車線と第2車線は、設置高さ

に関係なく相関係数がほぼ同じで高い値となった。第3車線は、高さ15mで高い相関を示したが高さ10mは非常に低い相関となった。

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、いずれの設置高さとも、それぞれ第1車線から第3車線にかけて、車線軸均斉度の値が高くなった。

これらは、路面の明るさに関係していると考えられ、路面輝度が高くなると評価と車線軸均斉度の相関が高くなり車線軸均斉度の値は低くても良いが、路面輝度が低くなると評価と車線軸均斉度の相関が低くなり高い車線軸均斉度を確保する必要があると考えられる。

表-6・5は、図-6・4より求められる、各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値である。

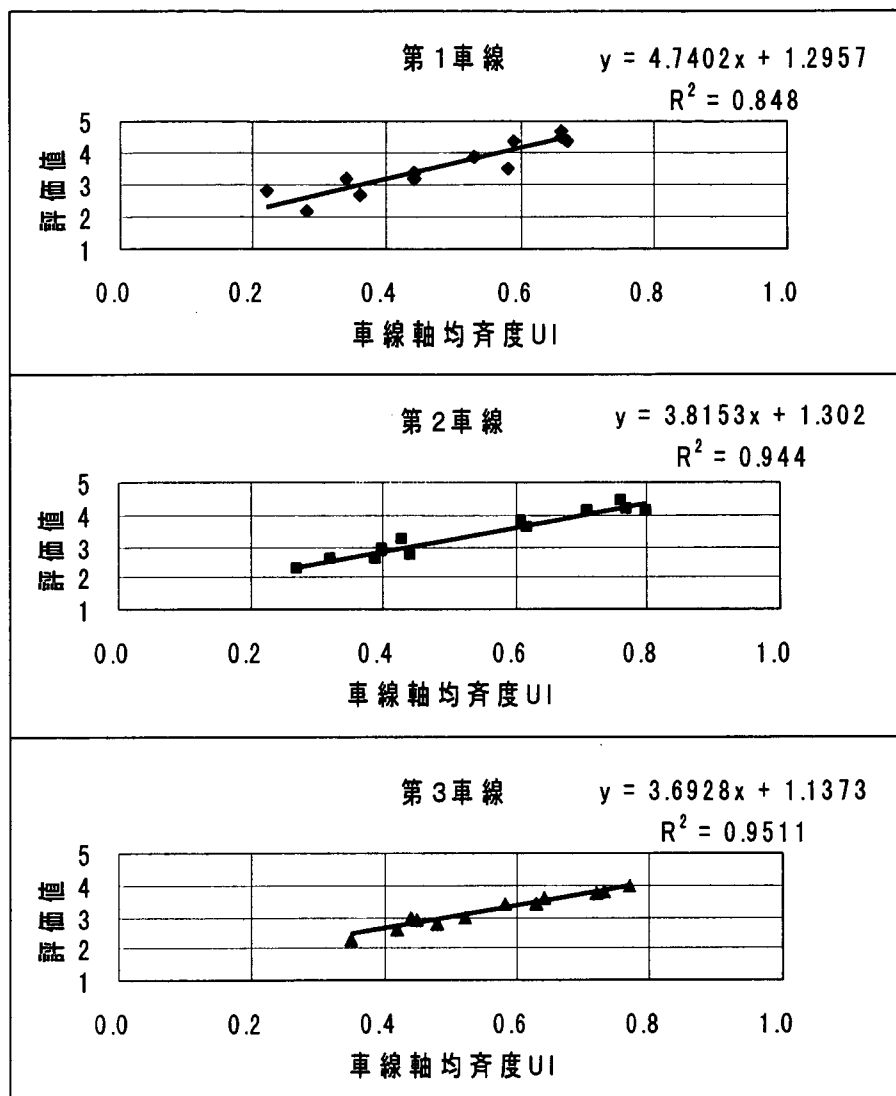
表-6・5 各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	0.1	0.3
第2車線	0.4	0.4
第3車線	—	0.5

(3) 明るさのムラ

a) 各車線毎の全体傾向

設置高さ・間隔の変化による「明るさのムラ」の評価は、各車線の明るさのムラ評価と車線軸均斉度の関係について検証した。



図－6・5 各車線による車線軸均斉度の評価

図－6・5は、各車線における車線軸均斉度と評価値を表したものである。ただし、灯具と設置高さ・間隔は区別しなかった。また、表－6・6に、それぞれの近似式と相関係数を示す。

表－6・6 各車線の近似式と相関係数

	近似式	相関係数
第1車線	$y=4.7402x+1.2957$	$R=0.9209$
第2車線	$y=3.8153x+1.302$	$R=0.9716$
第3車線	$y=3.6928x+1.1373$	$R=0.9752$

各車線における車線軸均斉度の評価を相関で比較すると、第1車線から第3車線にかけて相関係数が高くなったが、いずれもその相関係数が0.9以上の高い相関であった。これは、路面の明るさに関係なく路面輝度の均一性を評価しているものと考えられる。

また、明るさのムラに関する評価から評価3「どちらでもない」で比較すると、第1車線から第3車線にかけて高い車線軸均斉度が必要となった。これは、路面の明るさと関係していると考えられ、第1車線の明るい路面輝度で車線軸均斉度が低く、第3車線にかけて暗くなるにしたがって車線軸均斉度が高くないと（路面の明るさのムラが少なくないと）評価3が得られないものと考えられる。

b) 設置高さ別車線毎の検討

図-6・6に、各車線における設置高さ別の車線軸均斉度と評価値の変化を示す。

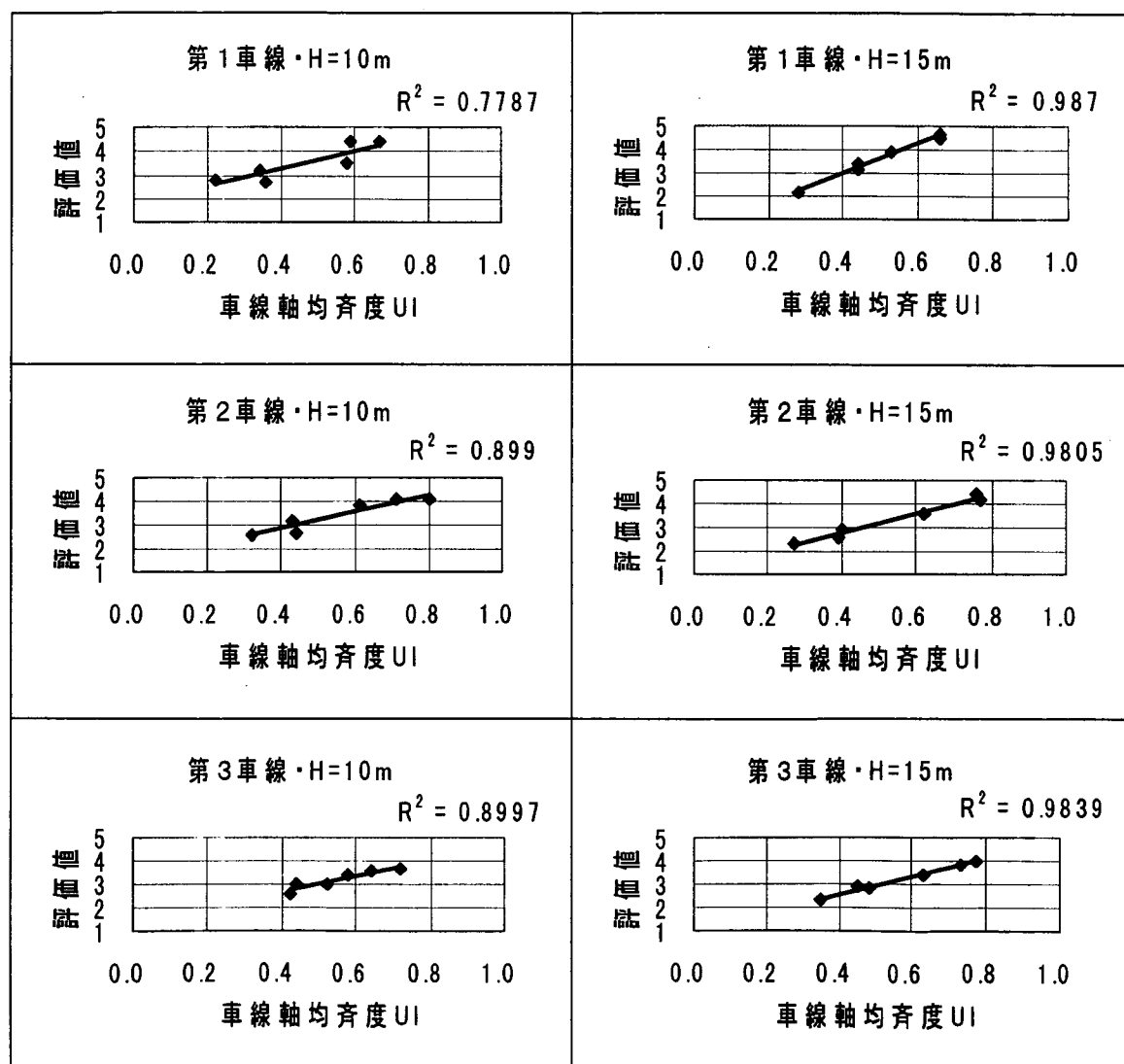


図-6・6 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化

設置高さ別に車線軸均斉度と評価値の相関を比較すると、高さ10mより15mの方がいずれの車線においても相関が高くなった。また、車線毎に比較すると、いずれの設置高さともに第1車線から第3車線

の3車線ともほぼ同じ相関となった。

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値の評価3「どちらでもない」で比較すると、いずれの設置高さとも、それぞれ第1車線から第3車線にかけて、車線軸均斉度の値は高くなった。

これらは、路面輝度に関係なく評価と車線軸均斉度の相関は高いが、評価は路面輝度と関係していると考えられ、路面輝度が高くなると車線軸均斉度が低くても良いが、路面輝度が低くなると高い車線軸均斉度の値が必要になると考えられる。

表－6・7は、図－6・6より求められる、各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値である。

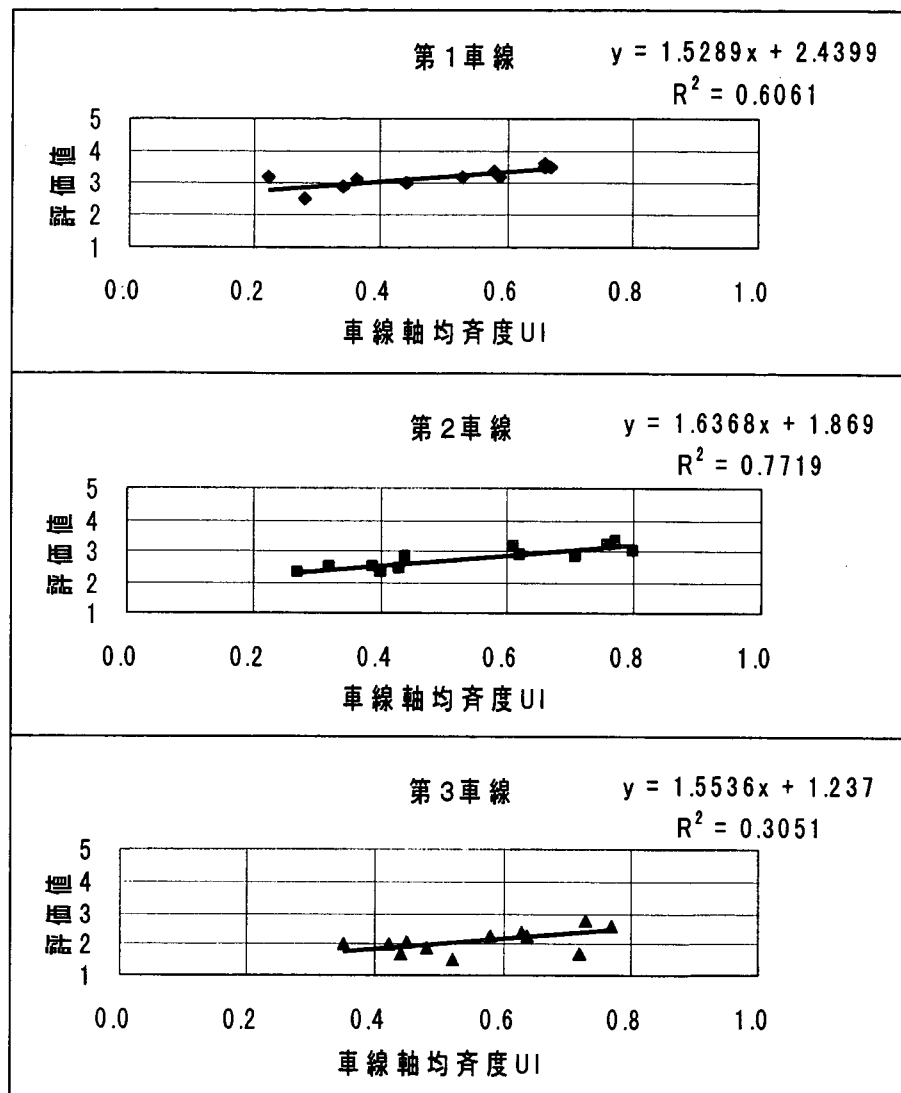
表－6・7 各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	0.3	0.4
第2車線	0.45	0.45
第3車線	0.5	0.5

(4) 明るさ感

a) 各車線毎の全体傾向

設置高さと間隔の変化による「明るさ感」の評価は、各車線の明るさ感評価と車線軸均斉度の関係について検証した。



図－6・7 各車線による車線軸均斉度の評価

図－6・7は、各車線における車線軸均斉度と評価値を表したものである。ただし、灯具と設置高さ・間隔は区別しなかった。また、表－6・8に、それぞれの近似式と相関係数を示す。

表－6・8 各車線の近似式と相関係数

	近似式	相関係数
第1車線	$y=1.5289x+2.4399$	R=0.7785
第2車線	$y=1.6368x+1.869$	R=0.8786
第3車線	$y=1.5536x+1.237$	R=0.5524

各車線における車線軸均斉度の評価を相関で比較すると、第1車線から第2車線へかけては相関係数は高くなり、第3車線はそれら2車線よりも低い値となり、高い相関は得られなかった。これらの結果から『明るさ感』だけは、他の評価項目とは相関係数が異なる傾向を示した。この要因として次のことが言える。『明るさ感』については、各車線毎に評価を行いながらも他の車線、あるいは道路全体（全車線対象）からの明るさの影響を受けやすい評価項目と言える。すなわち、相関係数が異なる傾向を示した第3車線の場合、道路全体の平均路面輝度、あるいは第2車線の平均路面輝度が影響したのではないかと考えられる。

また、評価3「ちょうど良い」を得るための車線軸均斉度は、第1車線から第3車線にかけて高い値になった。この傾向から、車線軸均斉度を高ければ『明るさ感』が向上するといえる。しかし、実際は路面輝度が明るいことも必要であるため、光源から遠い第3車線では、ある程度の明るさも確保された上でいえる話である。第3車線だけ相関係数が低いことは、必要とされる明るさを確保していない可能性が考えられる。

b) 設置高さ別車線毎の検討

図-6・8に、各車線における設置高さ別の車線軸均斉度と評価値の変化を示す。

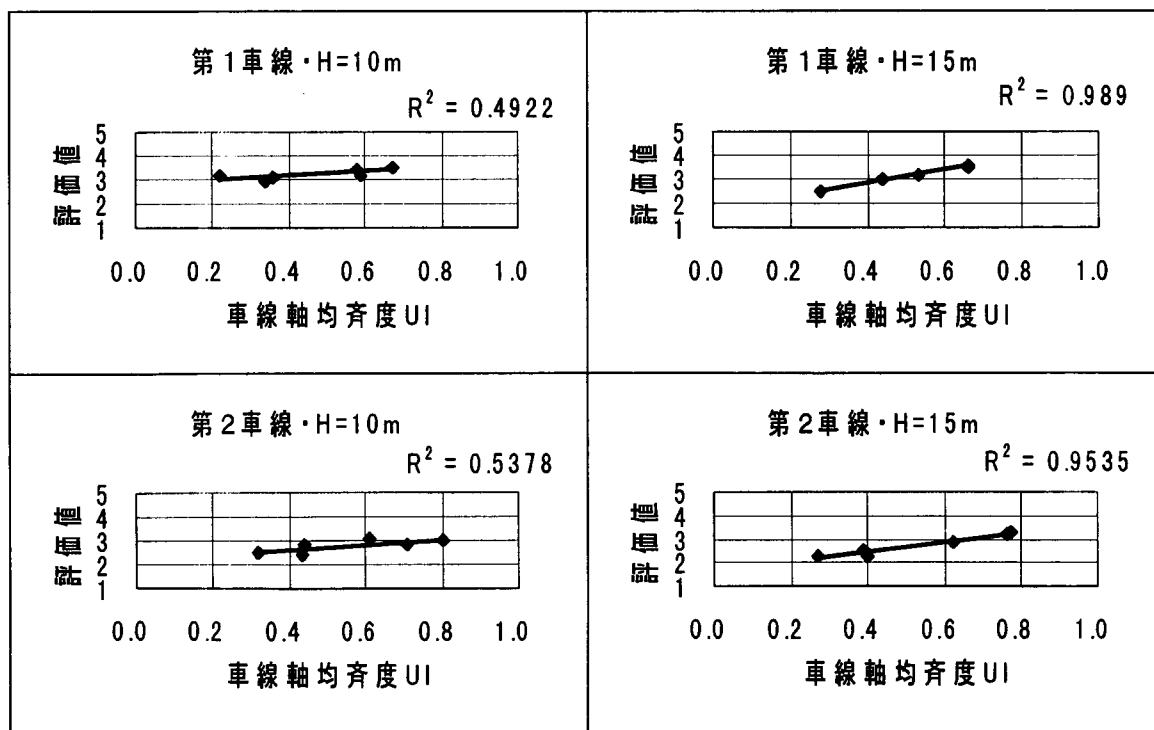
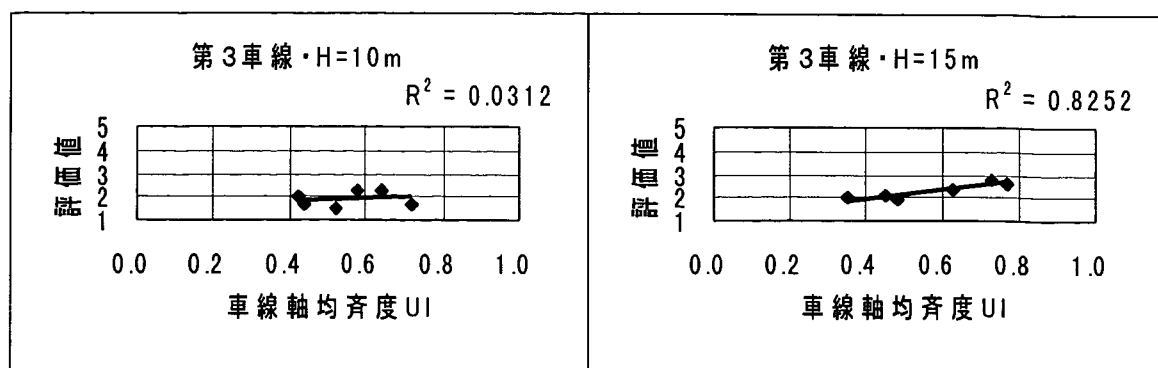


図-6・8(a) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化



図－6・8 (b) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値を相関で比較すると、高さ10mより15mの方がいずれの車線においても相関係数が高くなった。また、高さ10mの場合は、全ての車線で高い相関を示さず、特に第3車線では相関がなかった。

設置高さ別に各車線の車線軸均斉度と評価値の評価3「ちょうど良い」で比較すると、いずれの設置高さも第1車線より第2車線の車線軸均斉度が高くなり、その中でも高さ10mが15mよりも高くなった。また、第3車線は、設置高さ15mで最も高い車線軸均斉度の値となった。

これらは、路面の明るさと明るさのムラに関係していると考えられ、相関が高い高さ15mの路面輝度が車線軸均斉度で明るさ感の評価を示す対象になるものと考えられ、高さ10mでは車線軸均斉度で明るさ感の評価が当てはまらないと考えられる。

表－6・9は、図－6・8より求められる、各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値である。

表－6・9 各車線毎の設置高さ別車線軸均斉度の限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	0.2	0.45
第2車線	0.8	0.65
第3車線	—	0.8

(5)まとめ

車線軸均斉度を用いた快適性の評価では、快適性の主評価項目である「快適感」と、3つの補完評価項目「運転作業性」「明るさのムラ」「明るさ感」について、設置高さと車線毎における車線軸均斉度の許容限界値を求めた。結果、主評価項目である「快適感」については、車線軸均斉度と快適性に相関が見られた。また、補完評価項目である「運転作業性」「明るさのムラ」については、主評価項目である「快適感」と同様の傾向であった。しかし、「明るさ感」については、第3車線を対象にしたとき相関が見られなかったこと、第1車線、第2車線も含めて全体的に他の評価項目と比較して相関係数が低いこと等を考慮して、「明るさ感」と、更に他の補完評価項目についても許容限界値を求める際、これらは考慮しないこととした。

次に、光学測定の結果と『快適感』による評価値の変化(図-6・2)を踏まえて、設置高さに応じた許容設置間隔を求めた。図-6・9は、光学測定の結果から設置高さと間隔による車線軸均斉度の変化を示す。また、表-6・10に、主評価項目である『快適感』の快適性評価結果(図-6・2)から得られた車線軸均斉度の最大許容限界値を各車線毎にまとめた。なおこの表は、表-6・3と同じである。

次に、表-6・10より得られた限界値と図-6・9から、設置高さにおける許容設置間隔を求めた。表-6・11に設置高さにおける許容設置間隔を整理した。

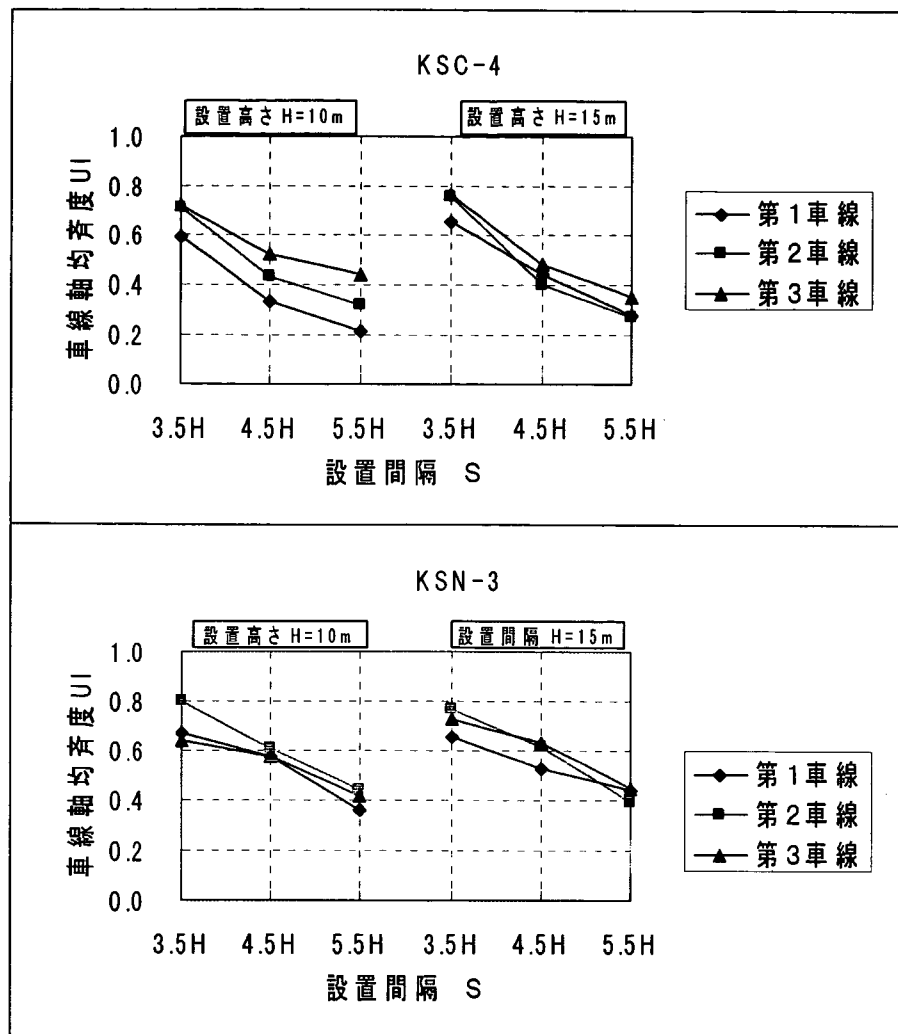


図-6・9 設置高さと間隔による車線軸均斉度の変化

表-6・10 各車線における車線軸均斉度の最大許容限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	0.3	0.3
第2車線	0.4	0.4
第3車線	—	0.5

図－６・９、表－６・１０より以下のことが言える。

①設置高さ10mの場合

第１車線は、KSC－４で間隔5.0Hまで許容でき、KSN－３では全ての間隔で許容できる。

第２車線は、KSC－４で間隔4.5Hまで許容でき、KSN－３では全ての間隔で許容できる。

第３車線は、両灯具ともに全ての間隔で許容できない。

②設置高さ15mの場合

第１車線は、KSC－４で間隔5.0Hまで許容でき、KSN－３では全ての間隔で許容できる。

第２車線は、KSC－４で間隔4.5Hまで許容でき、KSN－３では間隔5.0Hまで許容できる。

第３車線は、KSC－４で間隔4.5Hまで許容でき、KSN－３では間隔5.0Hまで許容できる。

③総括

車線軸均斉度による設置高さにおける間隔について、表－６・１１にまとめる。

表－６・１１ 設置高さにおける許容設置間隔

		設置高さ H=10m		設置高さ H=15m	
		KSC－４	KSN－３	KSC－４	KSN－３
第１車線の許容設置間隔		5.0H	5.5H	5.5H	5.5H
第２車線の許容設置間隔		4.5H	5.5H	4.5H	5.5H
第３車線の許容設置間隔		—	—	4.0H	5.0H
第２車線	灯具別	4.5H	5.5H	4.0H	5.0H
までの許容設置間隔		4.5H		4.5H	
第３車線までの可能性		なし		あり (4.0H)	

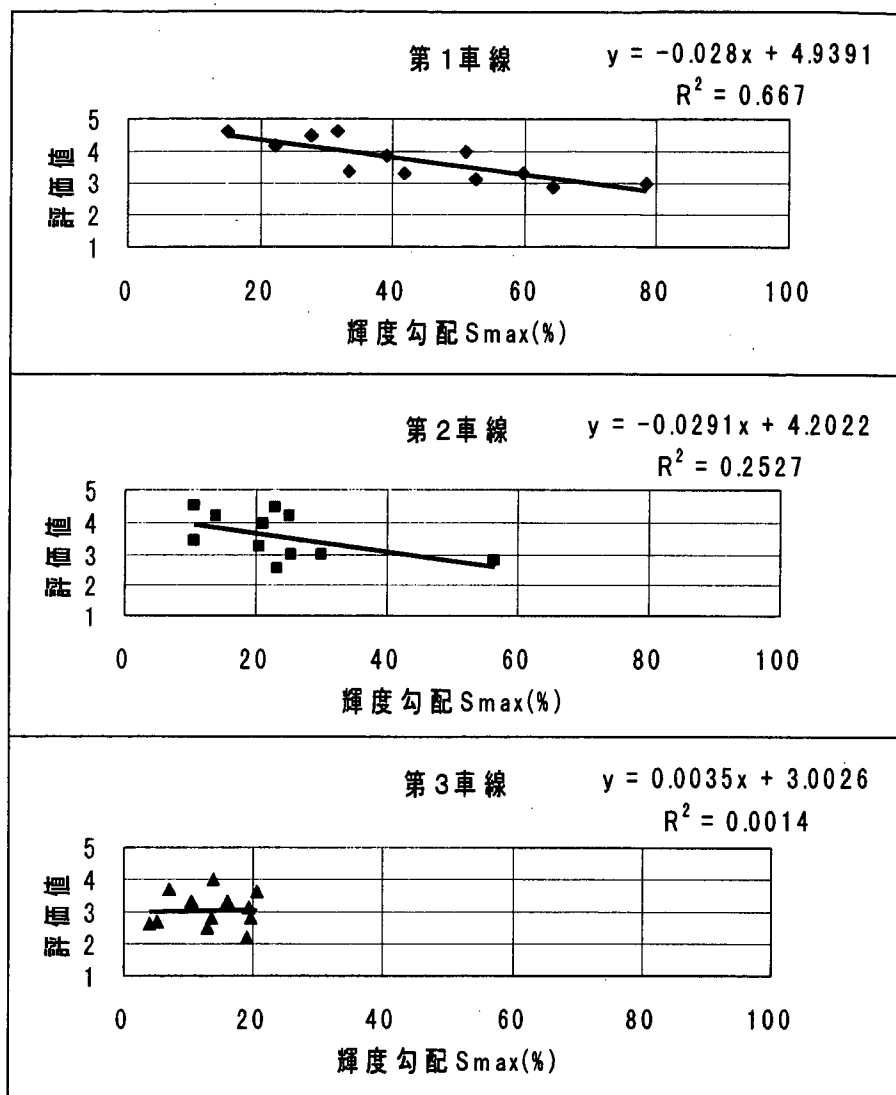
設置間隔は、車線軸均斉度による快適性の評価より、設置高さを高くすることでより拡大でき、かつ、第３車線まで対応できるものと思われる。

6.2.2 輝度勾配と快適性

(1) 快適感

a) 各車線毎の全体傾向

設置高さと間隔の変化による「快適感」の評価として、各車線の快適感評価と最大輝度勾配の関係について検証した。



図－6・10 各車線による最大輝度勾配の評価

図－6・10は、各車線における最大輝度勾配と評価値を表したものである。ただし、灯具と設置高さ・間隔は区別しなかった。また、表－6・12に、それぞれの近似式と相関係数を示す。

表－6・12 各車線の近似式と相関係数

	近似式	相関係数
第1車線	$y = -0.028x + 4.9391$	$R = -0.8167$
第2車線	$y = -0.0291x + 4.2022$	$R = -0.5027$
第3車線	$y = 0.0035x + 3.0026$	$R = 0.0374$

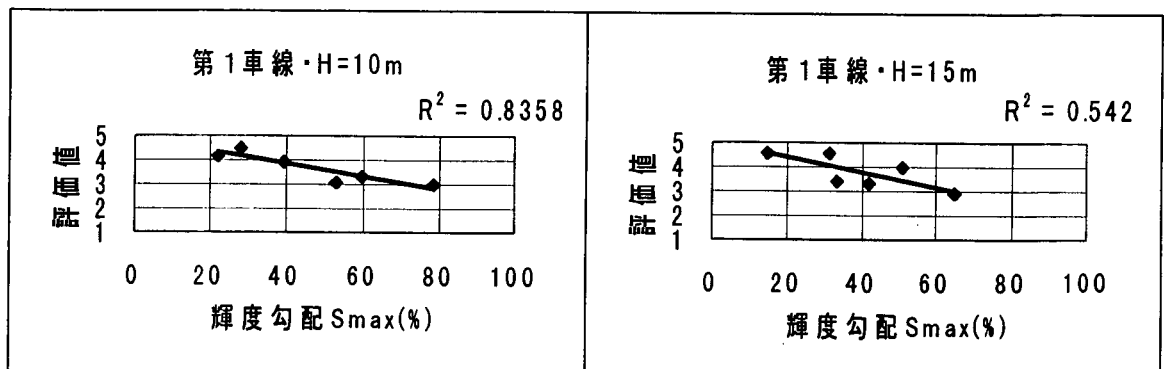
各車線における最大輝度勾配の評価を相関係数で比較すると、第1車線から第3車線にかけて相関係数が低くなり、負の相関となった。また、第1車線は高い相関となったが、第2車線では低い相関となり、第3車線では相関が得られなかった。これは、第1車線から第2車線にかけて、路面の明るさ（路面輝度）が関係していると考えられ、第1車線の明るい路面輝度に相関が高く、特に暗い路面輝度になる第3車線では輝度勾配は緩やか（小さく）になるものの、評価が低いために相関が得られないものと考えられる。

快適感評価の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、第1車線から第3車線にかけて最大輝度勾配は低くなった。すなわち、同じ評価3「どちらでもない」を得るためには、第1車線から第3車線にかけて低い最大輝度勾配が必要となる。これは、路面の明るさと関係していると考えられ、第1車線の明るい路面輝度では高い最大輝度勾配でも良く、第2、第3車線にかけて暗くなるにしたがって低い最大輝度勾配（ムラの少ない明るさ）が必要になるものと考えられる。

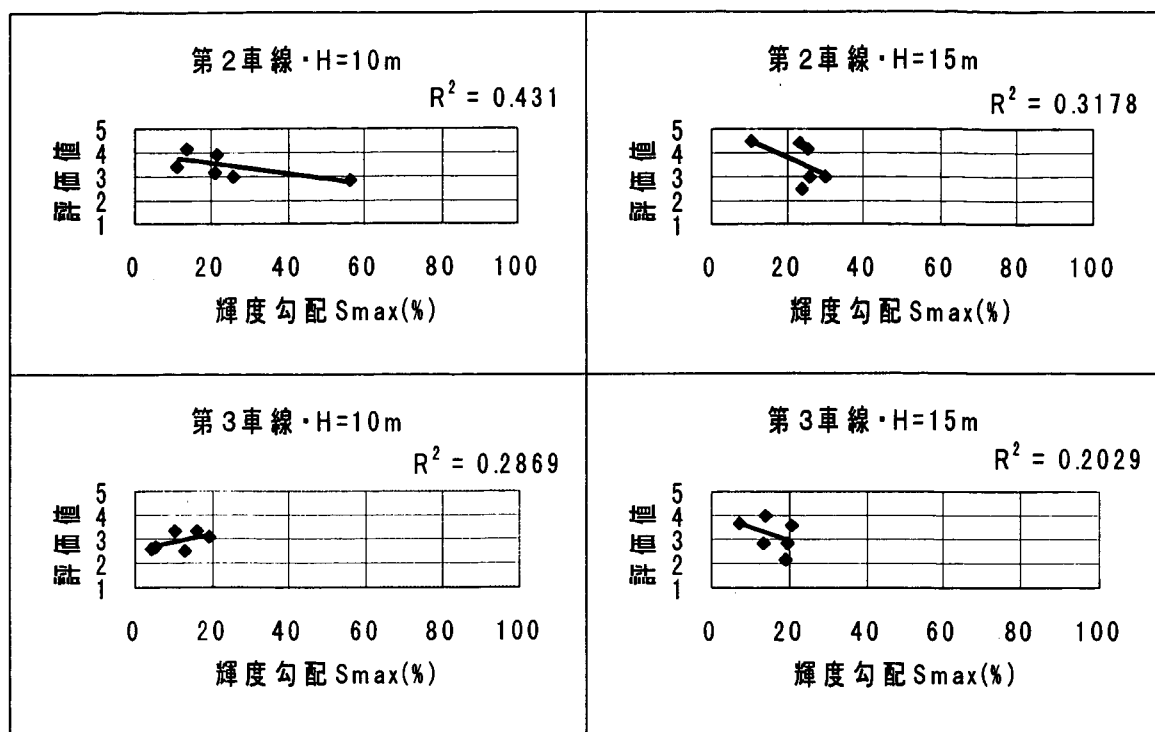
各車線における近似式を比較すると、第1車線から第3車線にかけてその長さは短くなり、特に第3車線は第1および第2車線の逆の傾きになり、相関を示さなかった。これは、第1車線の場合、路面輝度の勾配が急（ムラが大きい）な場合や緩やかな場合にまたがって存在し、それらにしたがって、評価が得られるため相関も高くなると思われる。第2車線の近似式は、やや小さくなるが、第1車線とほぼ同じ傾向である。第3車線の近似式は、路面輝度の勾配がほとんどの設置条件で緩やかであるが、路面輝度が低いため評価がばらつき、相関が得られないと考えられる。

b) 設置高さ別車線毎の検討

図－6・11に、各車線における設置高さ別の最大輝度勾配と評価値の変化を示す。



図－6・11(a) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化



図－6・11(b) 各車線における設置高さ別車線軸均斉度と評価値の変化

設置高さ別に各車線の最大輝度勾配と評価値を相関で比較すると、高さ10mより15mの方がいずれの車線においても相関が低くなった。また、車線毎に比較すると、両設置高さともに第1車線から第3車線にかけて相関が低くなり、第2、第3車線は低い相関となった。

設置高さ別に各車線の最大輝度勾配と評価値の評価3「どちらとも言えない」で比較すると、両設置高さとも、それぞれ第1車線から第3車線にかけて最大輝度勾配の値は低くなった。

これらは、路面の明るさに関係していると考えられ、路面輝度が高くなると評価と最大輝度勾配の相関が高くなり最大輝度勾配の値はが高くても（ムラの強弱が大きくても）良いが、路面輝度が低くなると評価と最大輝度勾配の相関が低くなり低い最大輝度勾配の値が必要になると考えられる。

表－6・13は、図－6・11よりも求められる、各車線毎の設置高さ別最大輝度勾配の限界値である。

表－6・13 各車線毎の設置高さ別最大輝度勾配の限界値

車 線 \ 設置高さ	H＝10m	H＝15m
第1車線	70%	65%
第2車線	45%	30%
第3車線	—	—

(2)「運転作業性」「路面の明るさのムラ」「明るさ感」

表－6・14は、輝度勾配と補完評価項目である「運転作業性」「路面の明るさのムラ」「明るさ感」の相関係数を示したものである。この表から、これら3つの項目は相関係数が低いことが分かる。このため補完評価項目に関しては、最大輝度勾配との相関は無いものと考え、設置高さ、間隔を検討する際には、特に考慮しなことにした。

表－6・14 快適性の補完評価項目と輝度勾配の相関係数

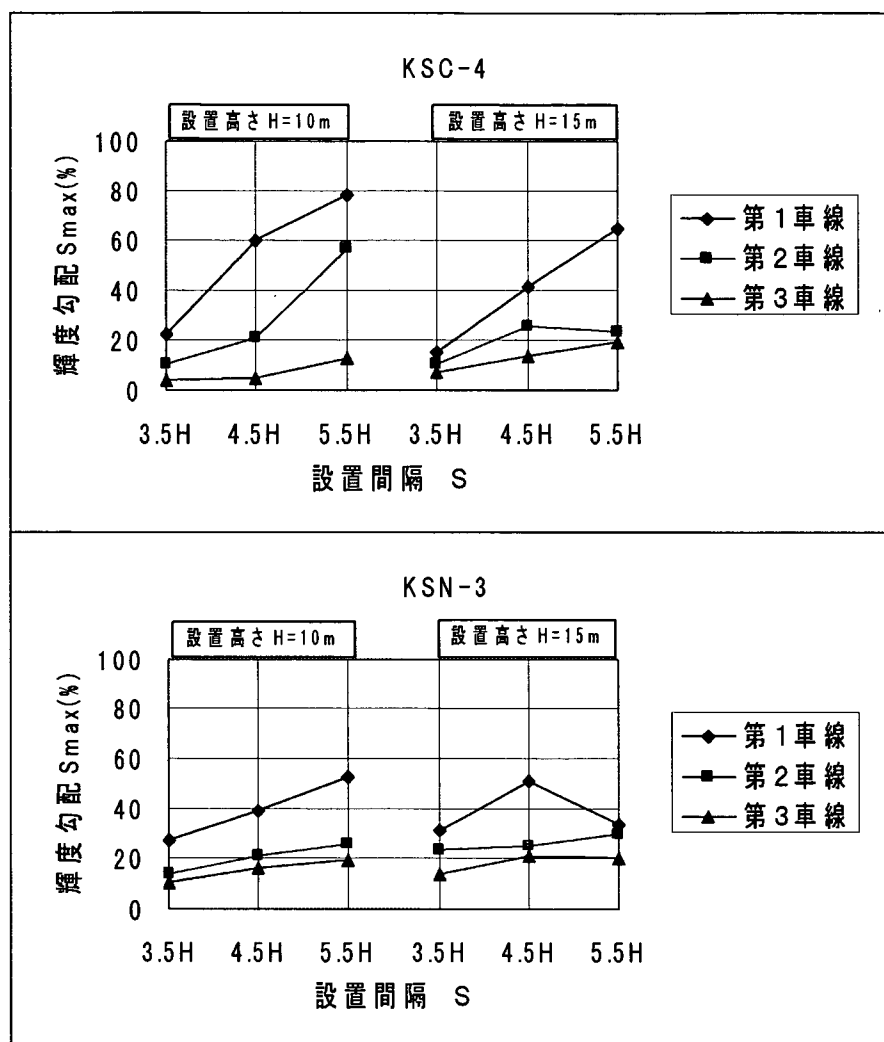
対象車線	設置高さ	運転作業性	明るさのムラ	明るさ感
第1車線	全体	-0.7737	-0.8158	-0.6138
	H＝10m	-0.9641	-0.8811	-0.5212
	H＝15m	-0.7728	-0.7867	-0.8482
第2車線	全体	-0.5328	-0.6405	-0.4150
	H＝10m	-0.7729	-0.7880	-0.4944
	H＝15m	-0.5099	-0.6793	-0.5704
第3車線	全体	0.1903	-0.5321	0.2744
	H＝10m	0.2377	-0.5561	0.5751
	H＝15m	-0.1453	-0.6240	-0.4360

(3)まとめ

最大輝度勾配を用いた快適性の評価は、快適性の主要評価項目である「快適感」について、設置高さと車線毎における最大輝度勾配と評価の相関、および最大輝度勾配の許容限界値を求めた。それによると、最大輝度勾配と評価の相関は、前述した車線軸均斉度の値に比べて非常に小さくなったことから、その他3要素の評価項目である「運転作業性」「明るさのムラ」「明るさ感」については詳しく検討しなかった。

次に、光学測定の結果と『快適感』による評価値の変化（図－6・11）を踏まえて、設置高さに応じた許容設置間隔を求めた。図－6・12は、光学測定の結果から設置高さと同隔による輝度勾配の変化を示す。また、表－6・15に、主評価項目である『快適感』の快適性評価結果（図－6・11）から得られた輝度勾配の最大許容限界値を各車線毎にまとめた。なおこの表は、表－6・13と同じである。

次に、表－6・15より得られた限界値と図－6・12から、設置高さにおける許容設置間隔を求めた。表－6・16に設置高さにおける許容設置間隔を整理した。



図－6・12 設置高さと同隔による最大輝度勾配の変化

表－6・15 各車線における最大許容限界値

車 線 \ 設置高さ	H=10m	H=15m
第1車線	70%	65%
第2車線	45%	30%
第3車線	—	—

図－6・12、表－6・15より以下のことがいえる。

①設置高さ10mの場合

第1車線は、KSC－4で間隔5.0Hまで許容でき、KSN－3では全ての間隔で許容できる。

第2車線は、KSC－4で間隔5.0Hまで許容でき、KSN－3では全ての間隔で許容できる。

第3車線は、両灯具ともに全ての間隔で許容できない。（相関が取れない）

②設置高さ15mの場合

第1車線は、両灯具ともに全ての間隔で許容できる。

第2車線は、両灯具ともに全ての間隔で許容できる。

第3車線は、両灯具ともに全ての間隔で許容できない。（相関が取れない）

③総括

車線軸均斉度による設置高さにおける間隔について、表－6・16にまとめる。

表－6・16 設置高さにおける許容設置間隔

		設置高さ H=10m		設置高さ H=15m	
		KSC－4	KSN－3	KSC－4	KSN－3
第1車線の許容設置間隔		5.0H	5.5H	5.5H	4.5H
第2車線の許容設置間隔		5.0H	5.5H	5.5H	4.5H
第3車線の許容設置間隔		—	—	—	—
第2車線	灯具別	5.0H	5.5H	5.5H	5.5H
までの許容設置間隔間隔		5.0H		5.5H	
第3車線までの可能性		なし（評価できない）		なし（評価できない）	

設置間隔は、最大輝度勾配による快適性の評価より、設置高さを高くすることで2車線までは間隔をより拡大できることが可能（5.5H）であるものと思われる。

また、光学測定結果より、各灯具、設置高さ、および設置間隔における輝度勾配の変化を表したものを、参考図－４・１～参考図－４・４に示す。（参考資料）

6.3 快適性要因の検討

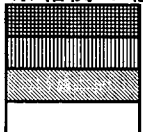
快適性に関係があると考えられている、「車線軸均斉度」、「最大輝度勾配」について、それぞれが快適性とどのように関係するかを検討した。

まず、6.2項より求めた、「車線軸均斉度」「最大輝度勾配」の評価値に対する相関をまとめ、主評価項目や補完評価項目が快適性の評価に有効であるか検証した。

表－６・１７に、各車線における「車線軸均斉度」「最大輝度勾配」の相関係数を示す。なお、灯具の種類による分類は行わなかったが、設置高さと高さを考慮していない場合（全体）について比較した。

表－６・１７ 各車線における相関係数の比較

対象車線	高さ	快適感		(運転作業性)		(明るさのムラ)		(明るさ感)	
		UI	Smax	UI	Smax	UI	Smax	UI	Smax
第1	全体	0.9616	-0.8167	0.9043	-0.7737	0.9209	-0.8158	0.7785	-0.6138
	H=10	0.9662	-0.9142	0.986	-0.9641	0.8824	-0.8811	0.7016	-0.5212
	H=15	0.9828	-0.7362	0.9728	-0.7728	0.9935	-0.7867	0.9945	-0.8482
第2	全体	0.9192	-0.5027	0.9479	-0.6823	0.9716	-0.6405	0.8786	-0.415
	H=10	0.8756	-0.6565	0.9705	-0.7729	0.9482	-0.788	0.7333	-0.4344
	H=15	0.9876	-0.5637	0.9779	-0.6058	0.9902	-0.6793	0.9765	-0.5704
第3	全体	0.7171	-0.3224	0.6593	-0.333	0.9752	-0.6321	0.5524	-0.2122
	H=10	0.0385	-0.3338	0.4351	-0.2239	0.9485	-0.556	0.1788	-0.5152
	H=15	0.965	-0.4504	0.8446	-0.453	0.9919	-0.624	0.9084	-0.436

※相関の程度

 :なし
 :低い
 :中
 :高い

表－６・１７より、次の傾向が考えられる。

各評価項目別に比較すると、主評価項目の「快適感」における車線軸均斉度は、設置高さを考慮しない場合と高さ15mの第3車線分、および高さ10mの第1・第2車線は高い相関が得られたが、高さ10mの第3車線は相関が得られなかった。また、「快適感」における最大輝度勾配は、設置高さに関係なく第1車線と高さ10mの第2車線は相関を示したが、それ以外は低い相関を示し特に第3車線における設置高さを考慮していない場合と高さ10mは相関を示さなかった。

補完評価項目の3つに関しては、「運転作業性」の車線軸均斉度で、「快適感」と同様に、設置高さを考慮しない場合と高さ15mの3車線分、および高さ10mの第1・第2車線は高い相関が得られたが、高さ10mの第3車線は相関が得られなかった。また、「運転作業性」における最大輝度勾配は、設置高さに関係なく第1車線と高さ10mの第2車線は高い相関を示したが、それ以外は低い相関を示し特に第3車線における設置高さを考慮していない場合と高さ10mは相関を示さなかった。

「路面の明るさのムラ」における車線軸均斉度は、全ての設置高さで車線で相関が高かった。また、「路

面の明るさのムラ」における最大輝度勾配は、第3車線の設置高さを考慮していない場合と高さ10mの場合において低い相関となったが、それ以外は比較的高い相関が見られた。

「明るさ感」における車線軸均斉度は、第3車線の設置高さを考慮していない場合と高さ10mの場合において低い相関となったが、それ以外は高い相関が見られた。また、「明るさのムラ」における最大輝度勾配は、第1車線の設置高さを考慮していない場合と高さ15mは高い相関が見られたが、それ以外は低い相関となった。

これら車線軸均斉度と最大輝度勾配は、特に第3車線の相関が低く、その中でも高さ10mの場合は特に低かった（路面の明るさのムラを除く）。これは、車線軸均斉度の値が高く、また、最大輝度勾配の値が低くなるが、路面へ有効に照明されず路面輝度が低いために評価値が低くなっているためと考えられる。

また、評価項目を比較すると、快適性に最も影響があると思われる主評価項目である「快適感」が、路面を見た時の快適性に関する評価項目として、最も相関が高い（明るさのムラを除く）と考えられる。

なお、「路面の明るさのムラ」に関しては、明るさ（路面輝度）に関係なく「明るさのムラ」を評価していることから、路面輝度に関係なく相関が高いと考えられ、快適性を直接評価していないものと判断できる。

車線軸均斉度と最大輝度勾配を比較すると、明らかに車線軸均斉度の方が相関が高かった。車線軸均斉度は各車線中央の灯具間の最小値と最大値の比であり、最大輝度勾配は同じく各車線の灯具間で、ある部分における輝度変化率が最大になる勾配を言う。したがって、運転者が路面を透視図で見た場合、最大輝度勾配の部分は極小さく見えることになり、逆に車線軸均斉度は1スパン内全ての部分を対象にするため視角が最大輝度勾配に比べて大きくなり、車線軸均斉度の方が実際の視覚条件に近いと考えられる。

したがって、車線軸均斉度と最大輝度勾配の相関の傾向をその強弱で比較すると、「車線軸均斉度」>「最大輝度勾配」となり、快適性を評価するにあたっては、「車線軸均斉度」による評価を対象にすることが重要であると考えられる。

6.4 快適性評価のまとめ

快適性評価は、6.3項の快適性要因の検討から、車線軸均斉度によって定量的に表すことが可能であると考えられる。したがって、表-6・10の設置高さにおける許容設置間隔より、快適性評価から求められる設置間隔を提案した。

設置高さ10mの場合は、第2車線までの許容間隔は、KSC-4の場合 $S=4.5H$ で、KSN-3の場合 $S=5.5H$ となり、全てを満足するためには、 $S=4.5H$ までが許容間隔となる。また、第3車線までの幅員を満足することはできないと考えられる。

設置高さ15mの場合は、第2・第3車線ともに許容設置間隔は、KSC-4の場合 $S=4.5H$ で、KSN-3の場合 $S=5.0H$ となり、全てを満足するためには、 $S=4.5H$ までが許容間隔となる。

よって、設置間隔は設置高さに関係なく $S=4.5H$ であるが、対象となる路面は設置高さを10mから15mにすることで、2車線から3車線に拡大できるものと考えられる。

第7章 設置方法の提案

設置方法の提案は、第5章の視認性から求められる設置方法（高さ、間隔）と第6章の快適性から求められる設置方法を統合し、設置高さと同隔を提案する。ここでは、2車線道路を対象に、設置高さに対する設置間隔を導き出すとともに、現状の道路で増えつつある3車線道路への有効性についても同時に提案する。

表-7・1に、視認性と快適性の設置高さ・間隔を示す

表-7・1 視認性と快適性の設置高さ・間隔

設置 高さ	対象となる 車線数	視 認 性		快 適 性	
		K S C-4	K S N-3	K S C-4	K S N-3
H = 10m	2車線分	4.0H	5.5H	4.5H	5.5H
	3車線分	—	—	—	—
H = 15m	2車線分	4.0H	5.5H	4.5H	5.0H
	3車線分	(4.0H)	(5.5H)	4.5H	5.0H

注意；1) —は、許容出来ないことを表す。

2) () 内は、一部視認できなくなる箇所が存在する

図-7・1は、一部視認できなくなる箇所を示す。

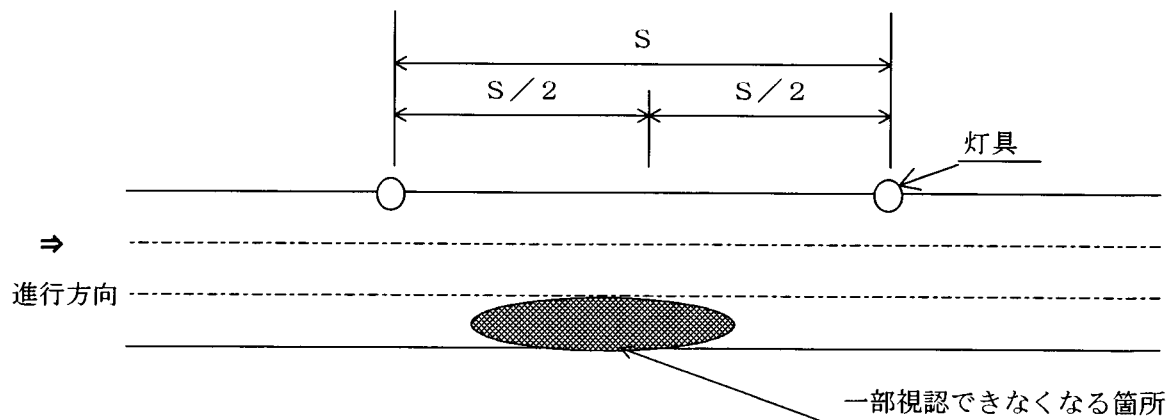


図-7・1 一部視認出来ない箇所

ここで、一部視認できなくなる箇所は、図-7・1に示すように、設置高さ15mにおいて灯具が設置されていない車線側（ここでは第3車線を言う）の斜線部の区間を示す。

表-7・1は、視認性と快適性の設置間隔を設置高さと同道路幅員および灯具別に分けて求めた。灯具により許容設置間隔に差が出るが、これは、灯具の有する配光の違いからと考えられる。

また、最終的に求められる設置間隔（両灯具とも満足する）は、表-7・1を総括するものとする。なお、

この場合、視認性と快適性を全て満足する設置間隔で求めることとした。

表－７・２は、設置高さによる車線別許容設置間隔を示す。

表－７・２ 設置高さ別許容設置間隔

高さ	対象車線	許容設置間隔
H＝ 10m	2車線分	4.0H
	3車線分	—
H＝ 15m	2車線分	4.0H
	3車線分	(4.0H)

表－７・２より、求められる設置高さの間隔は、

- ・設置高さが10mの場合、2車線分の道路幅員の時は4.0H（40m）まで許容できる。

3車線分の道路幅員の時は、許容できない。

- ・設置高さが15mの場合、2車線分の道路幅員の時は4.0H（60m）まで許容できる。

3車線分の道路幅員の時は4.0H（60m）まで許容できる可能性がある。

ただし、3車線分の道路幅員の時の灯具は、現状の道路照明灯具の配光が2車線を対象にしたものであるため、3車線を対象にした配光に検討し直す必要がある。また、2車線分の道路幅員の時についても、灯具の配光により更に設置間隔を拡大できる可能性があると思われる。

第8章 経済比較

8.1 目的

経済比較は、許容できる設置方法（高さ、間隔）に対して従来の設置方法との比較を行い、その有効性を把握するために行う。

実際の比較検討は、現状の灯具であるKSC-4とKSN-3を対象とし、設置高さ15mを対象とした場合を設置間隔別に比較する。

8.2 比較方法

経済比較の方法は、（社）日本照明器具工業会発行の技術資料114-1996照明経済計算方法⁹⁾を参考に行うものとする。

8.3 用言の定義

(1) 照明費

固定費、電力費、および維持費により構成される年間費用をいう。

(2) 固定費

ランプ価格を除いた設備費に償却係数を乗じたものをいう。

(3) 償却係数

減価償却率1から残存価格率を引き、耐用年数を10年、残存化確率を0.1とし、償却係数は0.14とする。

また、償却係数は、以下の根拠により求められる。

$$\begin{aligned}\text{償却係数} &= \text{減価償却率}(9.0) + \text{年利率}(3.0) + \text{諸税公課料率}(1.7) + \text{保険料率}(0.2) \\ &= 13.9 \div 14(\%) \end{aligned}$$

$$\text{減価償却率} = \frac{(1 - S)}{n}$$

S = 残存価格率（スクラップ率）= 10(%)とする

n = 耐用年数（年）= 10年とする

年利率 = 3(%)とする

諸税公課料率は、固定資産税と都市計画税により構成され

固定資産税 = 設備評価額 × 14/1000

都市計画税 = 設備評価額 × 3/1000

以上により、諸税公課料率は、1.7(%)となる。

(4) 設備費

照明器具・ランプ・安定器・ボールの価格および配線取付工事費の合計

(5) 年間電力費

電気料金×消費電力×数量×年間点灯時間

(6) 維持費

交換ランプ費+ランプ交換人件費+照明器具清掃費+修繕補修費

(7) 交換ランプ費

ランプ単価×年間ランプ交換数

(8) 年間ランプ交換数

$$\text{年間ランプ交換数} = \frac{\text{年間点灯時間} \times \text{総使用本数}}{\text{ランプの定格寿命}}$$

8.4 計算方式

8.4.1 基本計算方式

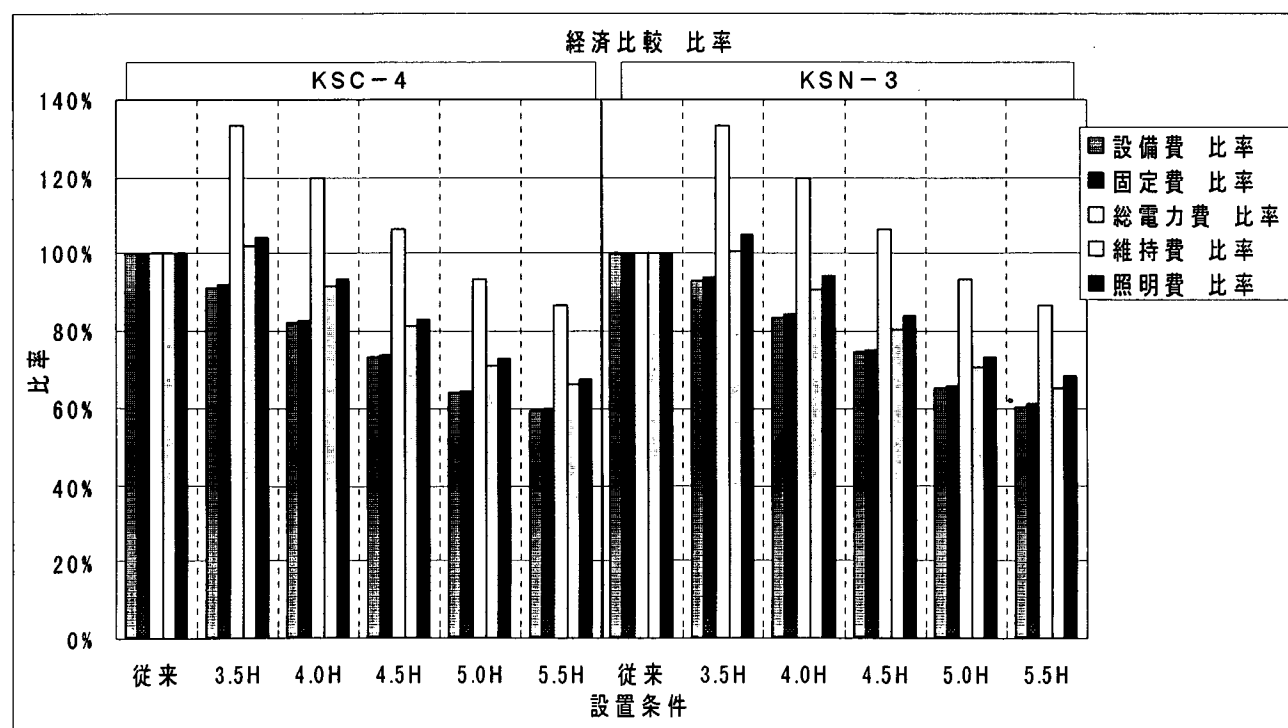
照明設備の経済比較は、1年間の照明費により行う。

また、照明費は、次式で表される。

照明費=固定費+年間電力費+維持費

8.5 経済比較の計算

8.3および8.4項をもとに、現状の道路照明灯具2種類と新型（設置高さ15m用）との経済比較をおこなうものとする。図－8・1に経済比較の結果を示すものとする。なお、表中の従来（35m）は、設置高さ10mの場合で、それ以外は設置高さ15mの場合を示すものである。



図－8・1 経済比較の結果

その結果、両灯具とも、従来の設置方法に対して高さ15mの場合、設置間隔が高さの3.5倍の時、総電力費、維持費、照明費とも高くなった。設置間隔が高さの4.0倍の時は、電力費は高いがその他は全て下回った。また、従来より高くなる要素が高い電力費は、高さ15m・間隔5.0Hで従来の設置方法より下回る。

全ての項目（設備費、固定費、電力費、維持費）を含んだ照明費が従来の設置方法より下回る設置方法は、高さ15mで間隔が高さの4.0倍以上であると言える。

また、電力費に関しては、第9章で述べる今後の課題で考えられる灯具の配光を改良した場合、道路面上に有効に照射され照明率が向上するものと考えられ、ランプ電力数も低減できるものと考えられる。したがって、電力費についても今後十分に低減できる可能性はあると考えられる。

表－8・1に、経済比較を行った詳細を示す。

表-8・1 経済比較

設置高さ				1 0 m	1 5 m						1 0 m	1 5 m				
設置間隔				従来	3. 5H	4. 0H	4. 5 m	5. 0H	5. 5H	従来	3. 5H	4. 0H	4. 5 m	5. 0H	5. 5H	
灯具の種類				KSC-4	KSC-4	KSC-4	KSC-4	KSC-4	KSC-4	KSN-2	KSN-3	KSN-3	KSN-3	KSN-3	KSN-3	
ランプの種類				NH180FL	NH360FL	NH360FL	NH360FL	NH360FL	NH360FL	NHT180L	NHT360L	NHT360L	NHT360L	NHT360L	NHT360L	
設 計 条 件	A	照明器具数	灯	30	20	18	16	14	13	30	20	18	16	14	13	
	B	ランプ数／器具	本	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	C	安定器数／器具	本	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	D	照明器具単価	円／灯	44900	44900	44900	44900	44900	44900	48800	60500	60500	60500	60500	60500	
	E	ランプ単価	円／本	15700	18000	18000	18000	18000	18000	16000	17600	17600	17600	17600	17600	
	F	安定器単価	円／本	6950	10000	10000	10000	10000	10000	6950	10000	10000	10000	10000	10000	
	G	ポール単価	円／灯	188900	264100	264100	264100	264100	264100	188900	264100	264100	264100	264100	264100	
	H	基礎	円／灯	68000	102000	102000	102000	102000	102000	68000	102000	102000	102000	102000	102000	
	I	ランプ寿命	h	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	
	J	年間点灯時間	h	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	
	K	基本料金	kVA	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	1560	
	L	電気料金単価	円／kWh	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	17. 8	
	M	入力電力	VA／本	254	496	496	496	496	496	254	496	496	496	496	496	
	N	消費電力	W／本	226	455	455	455	455	455	226	455	455	455	455	455	
	O	配線取付単価	円／灯	36131	55670	55670	55670	55670	55670	36131	55670	55670	55670	55670	55670	
	P	償却係数		0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	0. 140	
	Q	ランプ交換人件費	円／本	1900	3900	3900	3900	3900	3900	1900	3900	3900	3900	3900	3900	
	R	清掃回数	回／年	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	S	清掃費単価	円／灯	1850	3900	3900	3900	3900	3900	1850	3900	3900	3900	3900	3900	
固 定 費	T	設備費単価	円／灯	$D+G+H+B+E+C+F+O$	360581	494670	494670	494670	494670	364781	509870	509870	509870	509870	509870	
	U	設備費	円	$T \times A$	10817430	9893400	8904060	7914720	6925380	6430710	10943430	10197400	9177660	8157920	7138180	6628310
	V	設備費 比率	%		100%	91%	82%	73%	64%	59%	100%	93%	84%	75%	65%	61%
	W	固定費	円／年	$(U-B \times A \times E) \times P$	1448500	1334676	1201208	1067741	934273	867539	1464880	1378356	1240520	1102685	964849	895931
	X	固定費 比率	%		100%	92%	83%	74%	64%	60%	100%	94%	85%	75%	66%	61%
電 力 費	Y	電力	kW	$N \times A \times 0. 001$	6. 78	9. 10	8. 19	7. 28	6. 37	5. 92	6. 78	9. 10	8. 19	7. 28	6. 37	5. 92
	Z	電力費	円／年	$Y \times J \times L$	482736	647920	583128	518336	453544	421148	482736	647920	583128	518336	453544	421148
	AA	基本料金	円／年	$M \times A \times 0. 001 \times K \times 12$	142646	185702	167132	148562	129992	120707	142646	185702	167132	148562	129992	120707
	AB	総電力費 比率	%		100%	133%	120%	107%	93%	87%	100%	133%	120%	107%	93%	87%
維 持 費	AC	年間ランプ交換数	本／年	$(J \times A \times B) / I$	10	7	6	5	5	4	10	7	6	5	5	4
	AD	交換ランプ費	円／年	$AC \times E$	157000	120000	108000	96000	84000	78000	160000	117333	105600	93867	82133	76267
	AE	ランプ交換人件費	円／年	$AC \times Q$	19000	26000	23400	20800	18200	16900	19000	26000	23400	20800	18200	16900
	AF	清掃費	円／年	$A \times R \times S$	111000	156000	140400	124800	109200	101400	111000	156000	140400	124800	109200	101400
	AG	修繕補修費	円／年	$(T-B \times E) \times A \times 0. 01$	103464	95334	85801	76267	66734	61967	104634	98454	88609	78763	68918	63995
	AH	維持費	円／年	$AD+AE+AF+AG$	390464	397334	357601	317867	278134	258267	394634	397787	358009	318230	278451	258562
	AI	維持費 比率	%		100%	102%	92%	81%	71%	66%	100%	101%	91%	81%	71%	66%
照 明 費	AJ	年間照明費	円／年	$W+Z+AA+AH$	2464347	2565632	2309069	2052506	1795943	1667661	2484897	2609766	2348789	2087813	1826836	1696348
	AK	照明費 比率	%		100%	104%	94%	83%	73%	68%	100%	105%	95%	84%	74%	68%

第9章 まとめ

9.1 視認性

視認性は、主観評価と光学測定との相関分析によって評価した。光学測定項目の中から「輝度差」「輝度対比」「総合均斉度」を活用して評価を行った。結果、以下のことを把握した。

(1) 輝度差

- ・第1車線から第3車線にかけて相関係数が高くなったが、全体に高い相関である
- ・輝度差と主観評価は、正（輝度差が大きくなれば評価も良くなる）の関数である
- ・輝度差弁別閾と平均路面輝度は、正（路面輝度が高くなれば輝度差弁別閾も高くなる）の関数である

(2) 輝度対比

- ・第1車線から第3車線ともに相関係数に大差はなく、全体にやや高い相関である
- ・輝度対比と主観評価は、正（輝度対比が大きくなれば評価も良くなる）の関数である
- ・輝度対比弁別閾と平均路面輝度は、負（路面輝度が高くなれば輝度対比弁別閾は低くなる）の関数である

(3) 総合均斉度

- ・第1車線から第3車線にかけて相関係数が低くなり、第1車線と第2車線はやや高い相関が得られたが第3車線は低い相関となった
- ・総合均斉度と主観評価は、正（総合均斉度が高くなれば評価も良くなる）の関数である
- ・総合均斉度と平均路面輝度は、路面輝度が高くなれば同じ評価を得るための総合均斉度の値は低くなる

輝度差（背景輝度－対象物輝度）と輝度対比（輝度差／路面輝度）の特性について比較すると次のようなことが言える。輝度差については、背景の路面輝度が高くなることによって、輝度差弁別域が増加し、高い輝度差が必要となる。一方、輝度対比については、背景の路面輝度が高くなることによって、輝度対比弁別閾は減少し、低い輝度対比で良いこととなる。よって、両者は相反する傾向にあると言える。

これらを整理すると次のことが言える。輝度差も輝度対比も値が大きくなれば視認性は向上する。しかし、背景の路面輝度が明るくなると、輝度差弁別閾と輝度対比弁別閾は相反する視認性の傾向を示すことになる。

一方、図－5・1(a)～(c)より、輝度差が小さくなれば視認性の評価は悪くなる傾向を示すのに対し、図－5・4(a)～(c)より、輝度対比は同じような値を示しながらも視認性の評価が悪くなっている。このため、輝度差と輝度対比は、設置間隔を広げることによって明るさ（路面輝度、背景輝度）が低下するとき、輝度差も同じように低下するが、輝度対比は必ずしも低下しないことを把握した。この結果から明るさの低下と輝度差は同じように低下するが、輝度対比は低下しないことを把握した。

このことから、背景輝度と対象物の輝度が同じ割合で増減しても、対象物と背景の輝度差が背景輝度の増

減に比例的に変化していると考えられる。言い換えれば、背景輝度の増加によって輝度差弁別閾が増加するよりも対象物と背景の輝度差の方が速やかに増加していることである。

一般に人の視感度は、背景輝度などの増加とともに網膜の感度が減少し、背景輝度が増加することによって輝度差も増加することとなる。例えば、夜間、対向車の前照灯による影響で運転者の眼の順応輝度が高くなるようなときは、視認が困難になることから、本研究結果の輝度差の評価と一致する。

一方、実際の眼のメカニズムは、先に述べたとおり眼の順応輝度（ここでは路面輝度）が高くなれば輝度差も増加することとなり、輝度差と同じ傾向であると考えられる。また、輝度差と輝度対比の相関係数で比較しても、輝度差の方が高い相関を示している。これらのことから、視認性は輝度差による評価で判断できると考えられる。

なお、総合均斉度の評価は、路面輝度と大きく関係していることが伺われ、本研究では第1もしくは第2車線位の明るさではかろうじて相関が得られるが、第3車線の明るさでは相関が得られないことから、ここでは評価の対象から削除した。なお、路面がある程度の明るさを有している場合は、この評価による方法も可能であると考えられる。

9.2 快適性

快適性は、主観評価と光学測定との相関分析によって評価した。光学測定項目の中から「車線軸均斉度」「最大輝度勾配」により評価した。結果、以下ことを把握した。

(1) 車線軸均斉度

車線軸均斉度は、各車線中心線上の最小輝度と最大輝度との比である。その車線軸均斉度と主観評価から、

- ・ 第1車線から第3車線にかけて相関係数が低くなったが、全体に高い相関である
- ・ 車線軸均斉度と主観評価は、正（車線軸均斉度が大きくなれば評価も良くなる）の関数である
- ・ 車線軸均斉度と平均路面輝度は、路面輝度が高くなれば同じ評価を得るための車線軸均斉度の値は低くなる

などが分かった。

(2) 最大輝度勾配

最大輝度勾配は、各車線の隣り合う輝度の差が最大の値と平均路面輝度との比である。その最大輝度勾配と主観評価から、

- ・ 第1車線から第3車線にかけて相関係数が低くなったが、全体に低い相関である
- ・ 最大輝度勾配と主観評価は、負（最大輝度勾配が大きくなれば評価は悪くなる）の関数である
- ・ 最大輝度勾配と平均路面輝度は、路面輝度が高くなれば同じ評価を得るための最大輝度勾配の値は高くなる

などが分かった。

車線軸均斉度と最大輝度勾配についての特性を比較すると、次のことが言える。路面輝度が高くなれば車線軸均斉度は低い値で良く、最大輝度勾配は高いが良い。快適性の評価は、路面の明るさの程度によって大きく左右され、明るい路面では多少ムラがあってもある程度の快適性を得られるが、暗い路面ではムラの少ない分布が必要で、ある程度の快適性を得られることになると考えられる。

また、車線軸均斉度と最大輝度勾配を比較すると、全ての評価項目で車線軸均斉度による評価の相関が高くなった。このことは、路面を見た評価方法に関係していると考えられる。評価方法は、運転者（被験者）が道路上を一様に見る際、視線は視距分（約75m）程度先を見ており、透視図に置き換えると非常に狭い範囲に限定される。

車線軸均斉度は、灯具間における各車線中央の最小輝度と最大輝度の比であり、これは、灯具の間隔で繰り返される明暗の最大輝度差の比と言える。また、最大輝度勾配は、隣り合う輝度差が最大になる部分であるから、その範囲は非常に狭い箇所となり、人間の視角では更に狭まることとなる。したがって、快適性を評価する方法は、実際の見え方や相関係数の大きさからも、車線軸均斉度による方法が適していると考えられる。

9.3 設置方法の提案

今回の実験結果をもとに設置方法の提案を行った。この提案は、視認性から求められる設置方法と快適性から求められる設置方法の両者を満足するもので検討した。

結果、従来の2車線を対象にした場合、設置間隔は両設置高さ（10m、15m）の4.0倍まで許容できる。また、今後増えるであろうと考えられる3車線を対象にした場合、高さ10mでは許容できず、高さ15mで設置間隔は高さの4.0倍まで許容できる可能性があることを見出した。これは、一部（第3車線の灯具中間部分）が見にくくなるが、灯具の配光を3車線で検討することにより対応できるものと考えられる。

9.4 今後の課題

9.4.1 配列

灯具の配列については、片側配列、千鳥配列、向き合わせ配列が考えられる。

今回の検討は、視認性や快適性に対する条件が最も悪くなると考えられる片側配列について行った。

今後、考えられるその他の配列についても検討を行い、今回検討した片側配列との違いを明確にし、各種道路構造に最も適応した配列方式を見出す必要があると考えられる。

9.4.2 不点時の対応

通常（現状）の道路照明は、不点時の対応まで考慮しておらず、設置高さと設置間隔の関係から道路照明を整備しているのが実際である。

しかしながら、設置高さを高くすることで、更に設置間隔を拡大できることから、灯具の設置間隔は現状の間隔より非常に大きくなる。ここで、問題になるのが灯具のランプ切れで、設置間隔が約60mの時、ランプが不点になった場合は120mの区間において十分な照明されないことになり、道路照明の役割として問題である。

そこで、考えられる対策として以下のものが考えられる。

- ① 2 灯式の灯具…照明ポール 1 基に付き、灯具を 2 灯式にしてランプを 2 本内蔵し、一本のランプが不点になったとしても、もう一本のランプで点灯させる。
- ② ランプ不点検出装置…ランプの不点検出装置を内蔵し通信制御により不点灯具を検出し、即座にランプ交換を行う。

これらは、ほんの一例に過ぎないが、今後設置方法を確立していくに当たり、これらの問題点を整理し、最良の対策を講じる必要があるものと考えられる。

9.4.3 漏れ光

道路照明の設置方法において、設置高さを高くする有効性は見出されたが、それに伴って、必要道路面以外の外部へ漏れる光が懸念される。道路照明を高位置に設置することは、当然必要道路面以外への漏れ光が多くなり、特に道路外が農地の場合、その漏れ光が作物に影響することが大いに考えられる。したがって、設置高さを高くした場合の対策として、なるべく後方に漏れ光が少なくなるように配光を検討することが必要であるとともに、必要に応じて灯具にルーバー等を設けて対策を講じる必要があると考えられる。

9.4.4 灯具の開発

本検討は、建設省で使用されている 2 種類の灯具について、その設置方法の違いによる特性を検討した。これらの灯具は、あくまでも 2 車線道路を対象に考えられており、当然それら灯具の有する配光性能も 2 車線道路を対象としている。しかしながら、設置高さを高くすることで、2 車線を対象にした場合は、更に設置間隔を拡大できるとともに、3 車線道路も対象に出来ることを見出した。

したがって、今後、3 車線道路を対象に考えた場合、設置高さを高くするとともにそれに応じた配光を検討し、視認性を確保できる灯具の開発が必要になると考えられる。

謝辞

本研究では、（社）建設電気技術協会の専門協会員の方々に多大な協力を戴いた。ここに厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 成定康平；「道路照明における路面輝度とその均斉度」、照明学会誌、Vol. 53、No. 2、昭和44年
- 2) 成定康平、井上猛；「自動車道路の照明に対する国際勧告」、照明学会誌、Vol. 62、No. 11、昭和53年
- 3) 成定康平、吉川孝次郎；「高速道路照明の所用条件(その1)」、照明学会誌、Vol. 56、No. 2、昭和47年
- 4) (社)日本道路協会；「道路照明施設設置基準・同解説」、昭和56年4月
- 5) 成定康平；「道路照明下の複雑な視野における視認」、照明学会誌、Vol. 19、No. 2、1995年
- 6) (社)照明学会；「横断歩道の照明基準を決定するための基礎実験ならびに実施方法の調査研究報告書」、昭和42年4月
- 7) (社)照明学会；「ライティングハンドブック」、昭和62年11月
- 8) 成定康平、井上猛；「道路照明施設のグレアと均せい度」、照明学会誌、Vol. 63、No. 2、昭和54年
- 9) (社)日本照明器具工業会；技術資料114-1996「照明経済計算方法」、1992年12月改正
- 10) (社)建設電気技術協会；「高機能道路照明に関する委員会報告書(その1)」、平成7年3月
- 11) (社)建設電気技術協会；「高機能道路照明に関する委員会報告書(その2)」、平成8年3月
- 12) (社)建設電気技術協会；「道路照明の高機能化に関する検討業務報告書」、平成9年3月

参 考 資 料

1. 実験プログラム

道路照明の実験と光学測定の実験データ収集は、下記のプログラムとデータ収集用紙により実施した。

実験プログラム

実験番号	高さ H	間隔 S	灯具	観測者位置	障害物位置	項 目
1－1	1 0 m	3.5H (35m)	KSC-4	A	a	見え方（手前側）
				B	b	見え方（向こう側）
				A	－	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ
A		a		見え方（手前側）		
B		b		見え方（向こう側）		
A		－		路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		
A		a		見え方（手前側）		
B		b		見え方（向こう側）		
A		－		路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		
2－1	1 5 m	3.5H (52.5m)		A	a	見え方（手前側）
				B	b	見え方（向こう側）
				A	－	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ
A		a		見え方（手前側）		
B		b		見え方（向こう側）		
A		－		路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		
2－2		4.5H (67.5m)		A	a	見え方（手前側）
				B	b	見え方（向こう側）
				A	－	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ
2－3	5.5H (82.5m)	A	a	見え方（手前側）		
		B	b	見え方（向こう側）		
		A	－	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		

3-1	10m	3.5H (35m)	KSN-3	A	a	見え方（手前側）
				B	b	見え方（向こう側）
				A	—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ
A		a		見え方（手前側）		
B		b		見え方（向こう側）		
A		—		路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		
A		a		見え方（手前側）		
B		b		見え方（向こう側）		
A		—		路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		
3-2	4.5H (45m)	A		a	見え方（手前側）	
		B		b	見え方（向こう側）	
		A		—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ	
3-3	5.5H (55m)	A		a	見え方（手前側）	
		B		b	見え方（向こう側）	
		A		—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ	
4-1	15m	3.5H (52.5m)		A	a	見え方（手前側）
				B	b	見え方（向こう側）
				A	—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ
A		a	見え方（手前側）			
B		b	見え方（向こう側）			
A		—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ			
4-2		4.5H (67.5m)	A	a	見え方（手前側）	
			B	b	見え方（向こう側）	
			A	—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ	
4-3	5.5H (82.5m)	A	a	見え方（手前側）		
		B	b	見え方（向こう側）		
		A	—	路面の明るさ 快適感 運転作業性 明るさのムラ		

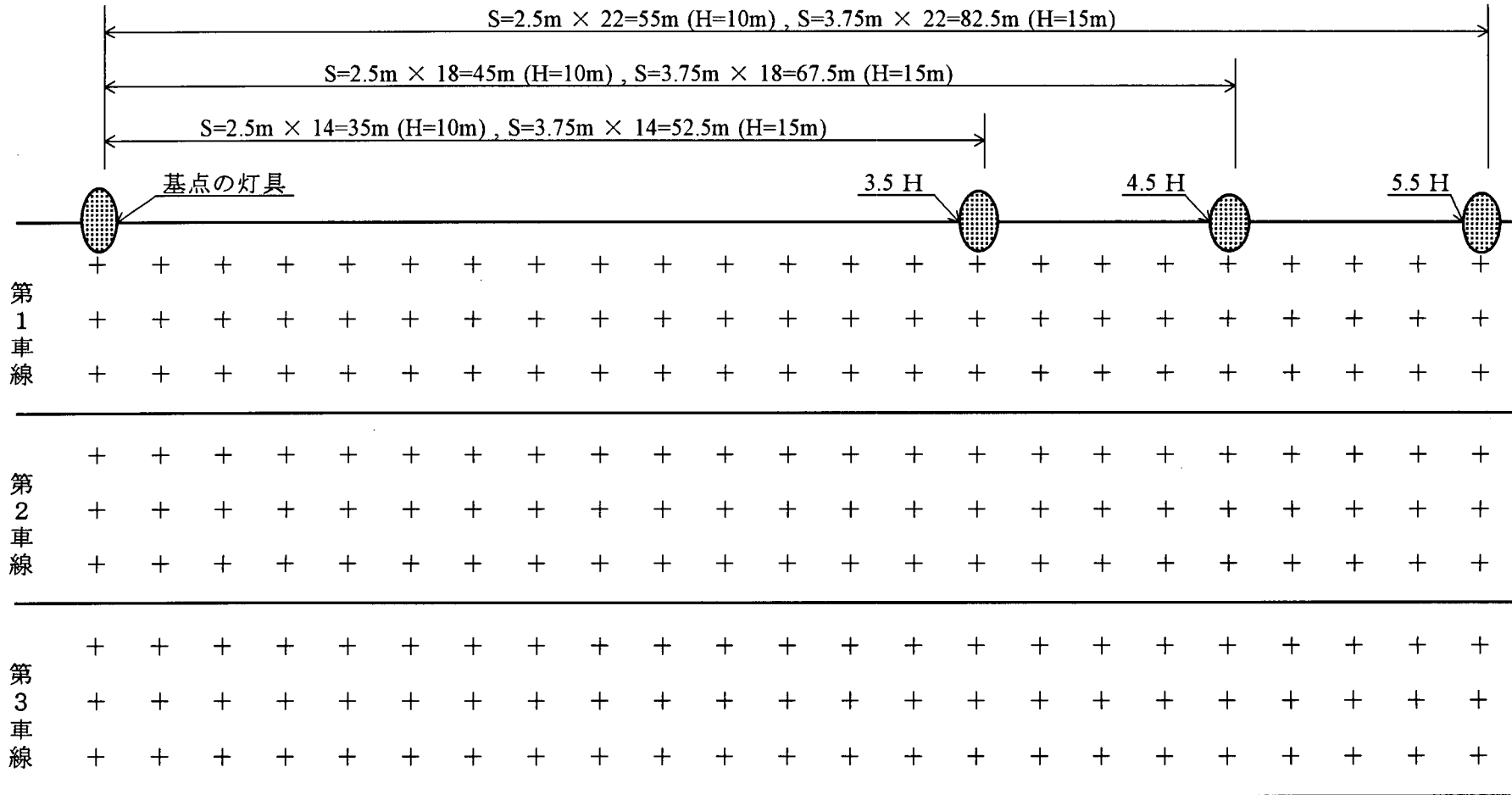
道路照明実験 データ集計用紙

実験番号	
------	--

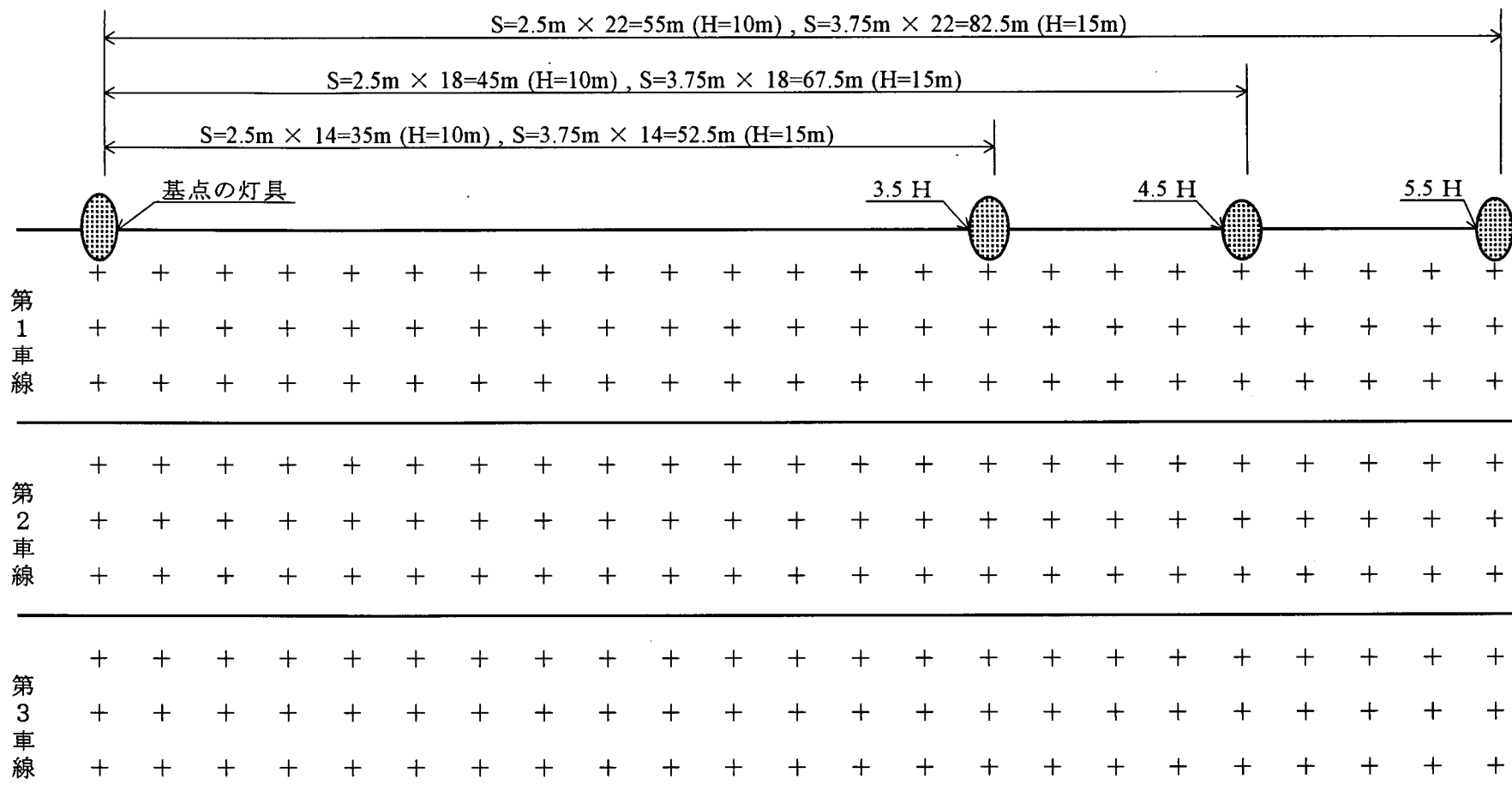
1. 平均路面輝度 (cd/m²)

第1車線	第2車線	第3車線

2. 部分路面輝度 (cd/m²)



3. 水平面照度 (Lx)



4. 障害物および背景輝度 (cd/m²)

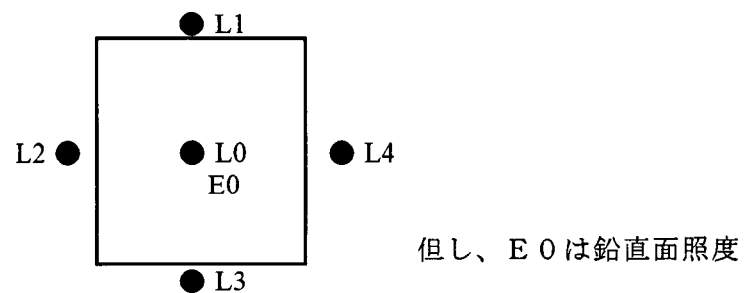


図 1 - 障害物の測定ポイント

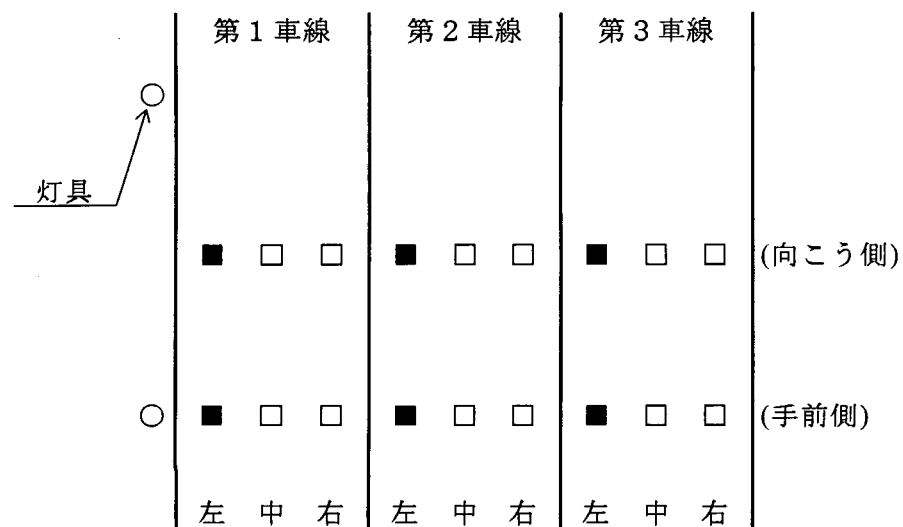


図 - 2 障害物配置図

車線		第 1 車線			第 2 車線			第 3 車線		
障害物位置		左	中	右	左	中	右	左	中	右
向 こ う 側	L 0									
	L 1									
	L 2									
	L 3									
	L 4									
	E 0									
手 前 側	L 0									
	L 1									
	L 2									
	L 3									
	L 4									
	E 0									

UNIT ; L 0 ~ L 4 → cd/m²
E 0 → Lx

2. 輝度差と輝度対比の光学測定結果

光学測定から求められる、輝度差と輝度対比の計算結果を、参考表－2・1～参考表－2・4に示す。

参考表-2・1 輝度差と輝度対比の光学測定結果 (KSC-4、H=10m)

1-1 KSC-4 H=10m S=35m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.27	0.49	0.39	0.79	0.60	1.20	0.19	0.35	0.26	0.59	0.34	0.84	0.15	0.28	0.28	0.40	0.33	0.54
背景輝度	L1	1.98	1.94	2.01	1.89	1.72	1.68	1.50	1.39	0.86	1.16	0.95	0.94	0.56	0.64	0.45	0.55	0.53	0.56
	L2	2.21	1.82	2.25	1.86	1.79	1.56	1.29	1.00	1.04	1.01	0.94	0.95	0.69	0.71	0.51	0.51	0.42	0.39
	L3	2.44	1.73	2.22	1.70	2.01	1.54	1.42	1.02	1.14	0.84	0.97	0.73	0.66	0.52	0.49	0.41	0.45	0.40
	L4	2.28	1.83	1.98	1.44	2.00	1.39	1.20	1.18	0.98	0.83	0.83	0.79	0.53	0.53	0.44	0.45	0.55	0.52
	Lr	2.23	1.83	2.12	1.72	1.88	1.54	1.35	1.15	1.01	0.96	0.92	0.85	0.61	0.60	0.47	0.48	0.49	0.47
障害物照度	E0	9.30	12.90	8.60	12.80	8.20	12.10	6.70	10.60	5.40	9.40	4.80	8.20	4.70	6.70	4.00	5.60	3.50	5.40
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	12.1	26.8	18.4	45.9	31.9	77.8	14.0	30.5	25.9	61.5	36.9	98.5	24.6	46.7	59.3	83.3	67.7	115.5
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	87.9	73.2	81.6	54.1	68.1	22.2	86.0	69.5	74.1	38.5	63.1	1.5	75.4	53.3	40.7	16.7	32.3	-15.5
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	2.0	1.3	1.7	0.9	1.3	0.3	1.2	0.8	0.7	0.4	0.6	0.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	-0.1

1-2 KSC-4 H=10m S=45m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.20	0.30	0.28	0.44	0.37	0.71	0.14	0.31	0.16	0.41	0.24	0.56	0.09	0.21	0.19	0.27	0.18	0.38
背景輝度	L1	1.39	1.84	1.27	1.77	1.24	1.77	0.79	1.37	0.53	0.91	0.55	0.88	0.34	0.52	0.33	0.42	0.46	0.45
	L2	1.43	1.51	1.89	2.03	1.50	1.54	0.90	1.12	0.92	1.03	0.69	1.04	0.59	0.50	0.46	0.40	0.34	0.34
	L3	2.08	0.78	2.02	0.77	1.82	0.74	1.25	0.56	0.98	0.47	0.79	0.42	0.61	0.33	0.45	0.31	0.41	0.25
	L4	1.97	1.69	1.80	1.17	1.85	1.42	1.03	0.75	0.88	0.71	0.68	0.60	0.47	0.39	0.39	0.34	0.42	0.53
	Lr	1.72	1.46	1.75	1.44	1.60	1.37	0.99	0.95	0.83	0.78	0.68	0.74	0.50	0.44	0.41	0.37	0.41	0.39
障害物照度	E0	7.10	7.10	6.60	7.10	6.20	6.90	5.50	6.50	5.10	6.00	4.20	5.30	3.10	4.60	2.50	4.00	2.80	3.60
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	11.6	20.6	16.0	30.7	23.1	51.9	14.1	32.6	19.3	52.6	35.4	76.2	17.9	48.3	46.6	73.5	44.2	96.8
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	88.4	79.4	84.0	69.3	76.9	48.1	85.9	67.4	80.7	47.4	64.6	23.8	82.1	51.7	53.4	26.5	55.8	3.2
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.5	1.2	1.5	1.0	1.2	0.7	0.9	0.6	0.7	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0

1-3 KSC-4 H=10m S=55m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.14	0.20	0.21	0.28	0.29	0.45	0.14	0.17	0.17	0.27	0.17	0.36	0.07	0.15	0.09	0.19	0.13	0.28
背景輝度	L1	0.95	1.63	0.93	1.47	0.75	1.30	0.58	1.20	0.46	0.84	0.35	0.72	0.24	0.46	0.25	0.42	0.24	0.33
	L2	1.79	0.73	1.33	0.82	0.97	0.76	0.92	0.58	0.72	0.50	0.67	0.49	0.43	0.32	0.39	0.33	0.29	0.22
	L3	1.98	0.46	1.58	0.44	1.56	0.38	0.97	0.31	0.76	0.30	0.65	0.27	0.42	0.23	0.40	0.19	0.34	0.17
	L4	1.43	0.69	1.51	0.61	1.39	0.53	1.08	0.49	0.74	0.34	0.62	0.35	0.44	0.25	0.36	0.24	0.34	0.19
	Lr	1.54	0.88	1.34	0.84	1.17	0.74	0.89	0.65	0.67	0.50	0.57	0.46	0.38	0.32	0.35	0.30	0.30	0.23
障害物照度	E0	7.70	4.50	7.30	4.50	7.80	4.30	5.60	4.10	4.30	3.80	4.00	3.50	3.80	3.10	2.20	2.80	1.90	2.60
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	9.1	22.8	15.7	33.5	24.8	60.6	15.8	26.4	25.4	54.5	29.7	78.7	18.3	47.6	25.7	64.4	43.0	123.1
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	90.9	77.2	84.3	66.5	75.2	39.4	84.2	73.6	74.6	45.5	70.3	21.3	81.7	52.4	74.3	35.6	57.0	-23.1
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.4	0.7	1.1	0.6	0.9	0.3	0.7	0.5	0.5	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	-0.1

参考表-2・2 輝度差と輝度対比の光学測定結果 (K S C-4、H=15m)

2-1 K S C-4 H=15m S=52.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.22	0.54	0.40	0.77	0.47	1.20	0.20	0.45	0.30	0.66	0.48	1.11	0.16	0.35	0.28	0.56	0.33	0.80
背景輝度	L1	2.08	2.42	1.71	2.37	1.62	1.95	1.31	1.54	1.19	1.39	1.19	1.27	0.84	0.86	0.75	0.86	0.71	0.81
	L2	1.77	1.87	1.77	1.95	1.61	1.88	1.51	1.51	1.29	1.25	1.33	1.34	1.15	0.94	0.93	0.77	0.80	0.64
	L3	1.89	1.66	1.65	1.61	1.70	1.52	1.58	1.17	1.39	1.02	1.33	1.01	1.13	0.74	0.93	0.66	0.84	0.62
	L4	1.72	1.96	1.60	1.88	1.85	1.56	1.45	1.27	1.26	1.13	1.20	1.05	0.96	0.76	0.84	0.64	0.88	0.62
	Lr	1.87	1.98	1.68	1.95	1.70	1.73	1.46	1.37	1.28	1.20	1.26	1.17	1.02	0.83	0.86	0.73	0.81	0.67
障害物照度	E0	7.80	12.50	8.00	12.70	6.20	12.40	7.10	11.60	5.90	11.10	5.50	10.80	5.20	9.40	4.50	8.40	3.50	7.90
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	11.8	27.3	23.8	39.4	27.7	69.5	13.7	32.8	23.4	55.1	38.0	95.1	15.7	42.4	32.5	76.5	40.9	119.0
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	88.2	72.7	76.2	60.6	72.3	30.5	86.3	67.2	76.6	44.9	62.0	4.9	84.3	57.6	67.5	23.5	59.1	-19.0
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	0.5	1.3	0.9	1.0	0.5	0.8	0.1	0.9	0.5	0.6	0.2	0.5	-0.1

2-2 K S C-4 H=15m S=67.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.17	0.30	0.23	0.44	0.39	0.65	0.14	0.30	0.23	0.41	0.29	0.62	0.11	0.22	0.15	0.32	0.23	0.48
背景輝度	L1	1.38	2.07	1.20	1.98	1.27	1.93	1.00	1.44	0.94	1.23	0.91	1.25	0.67	0.85	0.59	0.77	0.64	0.86
	L2	1.68	1.11	1.63	1.17	1.46	1.25	1.43	1.18	1.20	0.77	1.18	1.05	1.09	0.69	0.82	0.58	0.69	0.51
	L3	1.79	0.82	1.49	0.87	1.63	0.86	1.44	0.61	1.35	0.56	1.22	0.53	1.04	0.42	0.83	0.38	0.77	0.36
	L4	1.62	1.21	1.43	1.01	1.47	0.99	1.33	0.74	1.14	0.69	1.08	0.66	0.91	0.54	0.76	0.49	0.71	0.52
	Lr	1.62	1.30	1.44	1.26	1.46	1.26	1.30	0.99	1.16	0.81	1.10	0.87	0.93	0.63	0.75	0.56	0.70	0.56
障害物照度	E0	5.60	6.80	4.90	6.70	5.40	6.40	4.00	6.50	4.40	5.90	3.60	5.80	2.70	5.30	2.60	4.90	2.70	4.60
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	10.5	23.0	16.0	35.0	26.8	51.7	10.8	30.2	19.9	50.5	26.4	71.1	11.9	35.2	20.0	57.7	32.7	85.3
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	89.5	77.0	84.0	65.0	73.2	48.3	89.2	69.8	80.1	49.5	73.6	28.9	88.1	64.8	80.0	42.3	67.3	14.7
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.4	1.0	1.2	0.8	1.1	0.6	1.2	0.7	0.9	0.4	0.8	0.3	0.8	0.4	0.6	0.2	0.5	0.1

2-3 K S C-4 H=15m S=82.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.17	0.23	0.24	0.27	0.35	0.43	0.12	0.19	0.21	0.27	0.31	0.43	0.11	0.17	0.14	0.14	0.21	0.21
背景輝度	L1	1.29	1.47	0.94	1.21	1.19	1.36	0.87	1.26	0.86	1.21	0.66	0.92	0.55	0.57	0.43	0.56	0.46	0.44
	L2	1.69	0.66	1.51	0.66	1.39	0.60	1.33	0.58	1.11	0.54	1.09	0.53	0.97	0.39	0.77	0.38	0.65	0.32
	L3	1.67	0.51	1.52	0.50	1.54	0.46	1.40	0.38	1.26	0.35	1.19	0.35	1.03	0.28	0.78	0.26	0.69	0.24
	L4	1.56	0.67	1.36	0.64	1.39	0.67	1.26	0.48	1.10	0.45	1.01	0.43	0.84	0.33	0.72	0.27	0.71	0.57
	Lr	1.55	0.83	1.33	0.75	1.38	0.77	1.22	0.68	1.08	0.64	0.99	0.56	0.85	0.39	0.68	0.37	0.63	0.39
障害物照度	E0	5.60	4.20	4.80	4.20	4.60	4.20	4.30	4.00	5.30	4.00	4.90	3.90	3.40	3.70	3.00	3.50	3.20	3.30
輝度比 (%)	$\varepsilon=L0/Lr$	11.0	27.8	18.0	35.9	25.4	55.7	9.9	28.1	19.4	42.4	31.4	77.1	13.0	43.3	20.7	38.1	33.5	53.5
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	89.0	72.2	82.0	64.1	74.6	44.3	90.1	71.9	80.6	57.6	68.6	22.9	87.0	56.7	79.3	61.9	66.5	46.5
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.4	0.6	1.1	0.5	1.0	0.3	1.1	0.5	0.9	0.4	0.7	0.1	0.7	0.2	0.5	0.2	0.4	0.2

参考表-2・3 輝度差と輝度対比の光学測定結果 (KSN-3、H=10m)

3-1 KSN-3 H=10m S=35m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.27	0.92	0.41	1.63	0.69	2.53	0.22	0.77	0.31	1.33	0.41	1.57	0.17	0.43	0.20	0.62	0.33	0.76
背景輝度	L1	3.60	2.95	3.25	2.86	3.30	2.75	2.75	2.38	1.75	1.80	1.37	1.51	0.68	0.90	0.61	0.71	0.85	0.71
	L2	3.38	3.21	3.45	3.44	3.32	3.21	2.03	2.31	1.78	1.77	1.30	1.44	0.85	0.85	0.77	0.65	0.63	0.55
	L3	3.19	3.21	3.09	3.44	2.93	3.21	2.33	2.31	1.93	1.77	1.32	1.37	0.99	0.88	0.82	0.73	0.76	0.63
	L4	3.36	2.99	3.15	2.84	2.82	2.81	1.84	2.21	1.47	1.68	1.08	1.23	0.78	0.74	0.61	0.61	0.87	0.61
	Lr	3.38	3.09	3.24	3.15	3.09	3.00	2.24	2.30	1.73	1.76	1.27	1.39	0.83	0.84	0.70	0.68	0.78	0.63
障害物照度	E0	8.1	26.6	8.1	26.5	7.2	25.6	6.4	22.4	5.4	19.9	4.7	16.8	3.7	12.4	3.1	10.2	3.6	8.5
輝度比 (%)	$\varepsilon = L0/Lr$	8.0	29.8	12.7	51.8	22.3	84.5	9.8	33.4	17.9	75.8	32.3	113.2	20.6	51.0	28.5	91.9	42.4	121.6
輝度対比 (%)	$C = (Lr - L0)/Lr$	92.0	70.2	87.3	48.2	77.7	15.5	90.2	66.6	82.1	24.2	67.7	-13.2	79.4	49.0	71.5	8.1	57.6	-21.6
輝度差 (cd/m ²)	$\Delta L = Lr - L0$	3.1	2.2	2.8	1.5	2.4	0.5	2.0	1.5	1.4	0.4	0.9	-0.2	0.7	0.4	0.5	0.1	0.4	-0.1

3-2 KSN-3 H=10m S=45m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.18	0.71	0.31	1.85	0.44	2.37	0.15	0.64	0.22	0.82	0.26	1.17	0.11	0.32	0.12	0.50	0.22	0.56
背景輝度	L1	2.37	2.61	2.42	2.45	2.19	2.39	1.52	2.04	1.17	1.51	1.08	1.19	0.56	0.68	0.51	0.52	0.50	0.56
	L2	2.64	3.20	2.59	2.32	2.41	2.67	1.69	1.87	1.45	1.30	1.05	1.61	0.62	0.55	0.56	0.55	0.52	0.40
	L3	3.11	1.84	2.85	1.85	2.76	1.74	2.10	1.30	1.75	1.01	1.16	0.85	0.96	0.42	0.67	0.44	0.63	0.38
	L4	2.71	2.26	2.58	3.10	2.25	2.75	1.63	1.64	1.18	1.28	0.92	1.06	0.66	0.56	0.50	0.44	0.64	0.78
	Lr	2.71	2.48	2.61	2.43	2.40	2.39	1.74	1.71	1.39	1.28	1.05	1.18	0.70	0.55	0.56	0.49	0.57	0.53
障害物照度	E0	5.30	15.60	6.60	16.20	6.20	15.70	5.80	14.80	4.60	12.90	4.10	11.70	3.40	8.80	2.10	7.50	2.80	6.30
輝度比 (%)	$\varepsilon = L0/Lr$	6.6	28.7	11.9	76.1	18.3	99.3	8.6	37.4	15.9	64.3	24.7	99.4	15.7	57.9	21.4	102.6	38.4	105.7
輝度対比 (%)	$C = (Lr - L0)/Lr$	93.4	71.3	88.1	23.9	81.7	0.7	91.4	62.6	84.1	35.7	75.3	0.6	84.3	42.1	78.6	-2.6	61.6	-5.7
輝度差 (cd/m ²)	$\Delta L = Lr - L0$	2.5	1.8	2.3	0.6	2.0	0.0	1.6	1.1	1.2	0.5	0.8	0.0	0.6	0.2	0.4	0.0	0.4	0.0

3-3 KSN-3 H=10m S=55m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.15	0.34	0.25	0.57	0.35	0.84	0.12	0.37	0.16	0.45	0.27	0.67	0.07	0.25	0.09	0.30	0.15	0.41
背景輝度	L1	1.58	2.53	1.31	2.55	1.26	2.35	1.04	1.98	0.82	1.38	0.67	1.08	0.50	0.50	0.43	0.40	0.56	0.61
	L2	2.54	1.81	2.36	1.93	2.15	1.82	1.54	1.44	1.23	1.35	0.77	0.88	0.54	0.45	0.62	0.39	0.49	0.32
	L3	2.90	0.98	2.79	1.06	2.68	0.99	2.02	0.91	1.66	0.74	1.18	0.58	0.90	0.39	0.69	0.31	0.60	0.29
	L4	2.50	1.74	2.26	1.78	1.99	1.50	1.33	1.10	1.13	0.95	0.78	0.70	0.69	0.41	0.46	0.31	0.65	0.64
	Lr	2.38	1.77	2.18	1.83	2.02	1.67	1.48	1.36	1.21	1.11	0.85	0.81	0.66	0.44	0.55	0.35	0.58	0.47
障害物照度	E0	5.20	7.80	6.90	8.10	6.60	8.10	4.60	7.90	4.00	6.70	3.50	7.30	2.50	5.40	1.70	4.50	2.20	3.80
輝度比 (%)	$\varepsilon = L0/Lr$	6.3	19.3	11.5	31.1	17.3	50.5	8.1	27.3	13.2	40.7	31.8	82.7	10.6	57.1	16.4	85.1	26.1	88.2
輝度対比 (%)	$C = (Lr - L0)/Lr$	93.7	80.7	88.5	68.9	82.7	49.5	91.9	72.7	86.8	59.3	68.2	17.3	89.4	42.9	83.6	14.9	73.9	11.8
輝度差 (cd/m ²)	$\Delta L = Lr - L0$	2.2	1.4	1.9	1.3	1.7	0.8	1.4	1.0	1.1	0.7	0.6	0.1	0.6	0.2	0.5	0.1	0.4	0.1

参考表-2・4 輝度差と輝度対比の光学測定結果 (KSN-3、H=15m)

4-1 KSN-3 H=15m S=52.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.20	0.81	0.33	1.30	0.50	1.93	0.19	0.77	0.31	1.07	0.45	1.56	0.17	0.52	0.24	0.82	0.35	1.04
背景輝度	L1	3.24	2.95	3.22	2.94	2.91	2.71	2.49	2.19	2.01	1.94	1.60	1.53	1.15	0.95	0.87	0.87	1.04	0.86
	L2	2.08	2.79	2.05	2.85	1.95	3.07	1.78	2.31	1.70	2.08	1.44	1.61	1.13	1.27	1.13	0.97	0.98	0.84
	L3	2.04	2.72	1.80	2.82	2.06	2.78	1.94	2.09	1.79	1.89	1.59	1.57	1.36	1.30	1.06	1.03	1.03	0.96
	L4	1.99	2.76	1.94	2.63	1.97	2.66	1.87	1.96	1.62	1.79	1.36	1.50	1.22	1.12	1.01	0.93	1.36	0.84
	Lr	2.34	2.81	2.25	2.81	2.22	2.81	2.02	2.14	1.78	1.93	1.50	1.55	1.22	1.16	1.02	0.95	1.10	0.88
障害物照度	E0	6.30	19.70	5.40	19.20	5.90	19.30	6.00	18.40	6.00	17.60	5.70	16.30	4.70	14.90	4.50	13.20	4.10	11.70
輝度比 (%)	$\epsilon=L0/Lr$	8.6	28.9	14.7	46.3	22.5	68.8	9.4	36.0	17.4	55.6	30.1	100.5	14.0	44.8	23.6	86.3	31.7	118.9
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	91.4	71.1	85.3	53.7	77.5	31.2	90.6	64.0	82.6	44.4	69.9	-0.5	86.0	55.2	76.4	13.7	68.3	-18.9
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	2.1	2.0	1.9	1.5	1.7	0.9	1.8	1.4	1.5	0.9	1.0	0.0	1.0	0.6	0.8	0.1	0.8	-0.2

4-2 KSN-3 H=15m S=67.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.14	0.51	0.20	0.78	0.33	1.21	0.14	0.41	0.19	0.70	0.44	1.03	0.11	0.32	0.20	0.57	0.26	0.76
背景輝度	L1	1.97	2.68	2.17	2.81	1.72	2.31	1.56	1.96	1.48	1.65	1.36	1.37	0.87	0.88	0.73	0.81	0.63	0.81
	L2	1.55	2.09	1.61	2.15	1.53	2.36	1.53	1.35	1.38	1.43	1.30	1.24	1.28	0.84	0.92	0.81	0.75	0.66
	L3	1.80	1.62	1.70	1.61	1.81	1.66	1.81	1.13	1.57	1.14	1.20	0.96	1.22	0.77	0.91	0.67	0.91	0.57
	L4	1.61	1.85	1.57	1.94	1.62	2.27	1.53	1.53	1.36	1.30	1.16	1.05	0.96	0.85	0.80	0.71	0.69	0.60
	Lr	1.73	2.06	1.76	2.13	1.67	2.15	1.61	1.49	1.45	1.38	1.26	1.16	1.08	0.84	0.84	0.75	0.75	0.66
障害物照度	E0	4.90	11.20	4.90	11.10	4.30	11.40	5.40	11.20	4.40	11.00	5.40	10.30	3.90	9.50	4.20	8.60	3.50	7.90
輝度比 (%)	$\epsilon=L0/Lr$	8.1	24.8	11.3	36.7	19.8	56.3	8.7	27.5	13.1	50.7	35.1	89.2	10.2	38.3	23.8	76.0	34.9	115.2
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	91.9	75.2	88.7	63.3	80.2	43.7	91.3	72.5	86.9	49.3	64.9	10.8	89.8	61.7	76.2	24.0	65.1	-15.2
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.6	1.6	1.6	1.3	1.3	0.9	1.5	1.1	1.3	0.7	0.8	0.1	1.0	0.5	0.6	0.2	0.5	-0.1

4-3 KSN-3 H=15m S=82.5m

		第1車線						第2車線						第3車線					
		左		中		右		左		中		右		左		中		右	
		直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間	直下	中間
障害物輝度	L0	0.14	0.24	0.17	0.37	0.37	0.67	0.13	0.24	0.26	0.41	0.41	0.59	0.10	0.25	0.19	0.35	0.27	0.46
背景輝度	L1	1.54	2.01	1.46	1.99	1.25	2.16	1.27	1.79	1.14	1.53	1.09	1.02	0.54	0.69	0.61	0.63	0.77	0.60
	L2	1.57	1.22	1.44	1.46	1.46	1.44	1.50	1.15	1.33	1.04	1.16	0.80	0.95	0.52	0.87	0.51	0.59	0.41
	L3	1.62	0.95	1.55	0.92	1.76	0.96	1.70	0.72	1.60	0.71	1.37	0.58	1.17	0.46	0.82	0.44	0.83	0.39
	L4	1.48	1.33	1.43	1.33	1.49	1.24	1.50	0.90	1.24	0.79	1.17	0.65	1.03	0.49	0.77	0.44	0.93	0.36
	Lr	1.55	1.38	1.47	1.43	1.49	1.45	1.49	1.14	1.33	1.02	1.20	0.76	0.92	0.54	0.77	0.51	0.78	0.44
障害物照度	E0	5.10	5.70	4.30	5.90	5.20	5.90	5.00	5.90	5.70	5.80	5.30	5.70	3.50	5.40	3.40	4.90	3.30	4.60
輝度比 (%)	$\epsilon=L0/Lr$	9.0	17.4	11.6	26.0	24.8	46.2	8.7	21.1	19.6	40.3	34.2	77.4	10.8	46.3	24.8	69.3	34.6	104.5
輝度対比 (%)	$C=(Lr-L0)/Lr$	91.0	82.6	88.4	74.0	75.2	53.8	91.3	78.9	80.4	59.7	65.8	22.6	89.2	53.7	75.2	30.7	65.4	-4.5
輝度差 (cd/	$\angle L=Lr-L0$	1.4	1.1	1.3	1.1	1.1	0.8	1.4	0.9	1.1	0.6	0.8	0.2	0.8	0.3	0.6	0.2	0.5	0.0

3. 設置高さと間隔による視認性評価

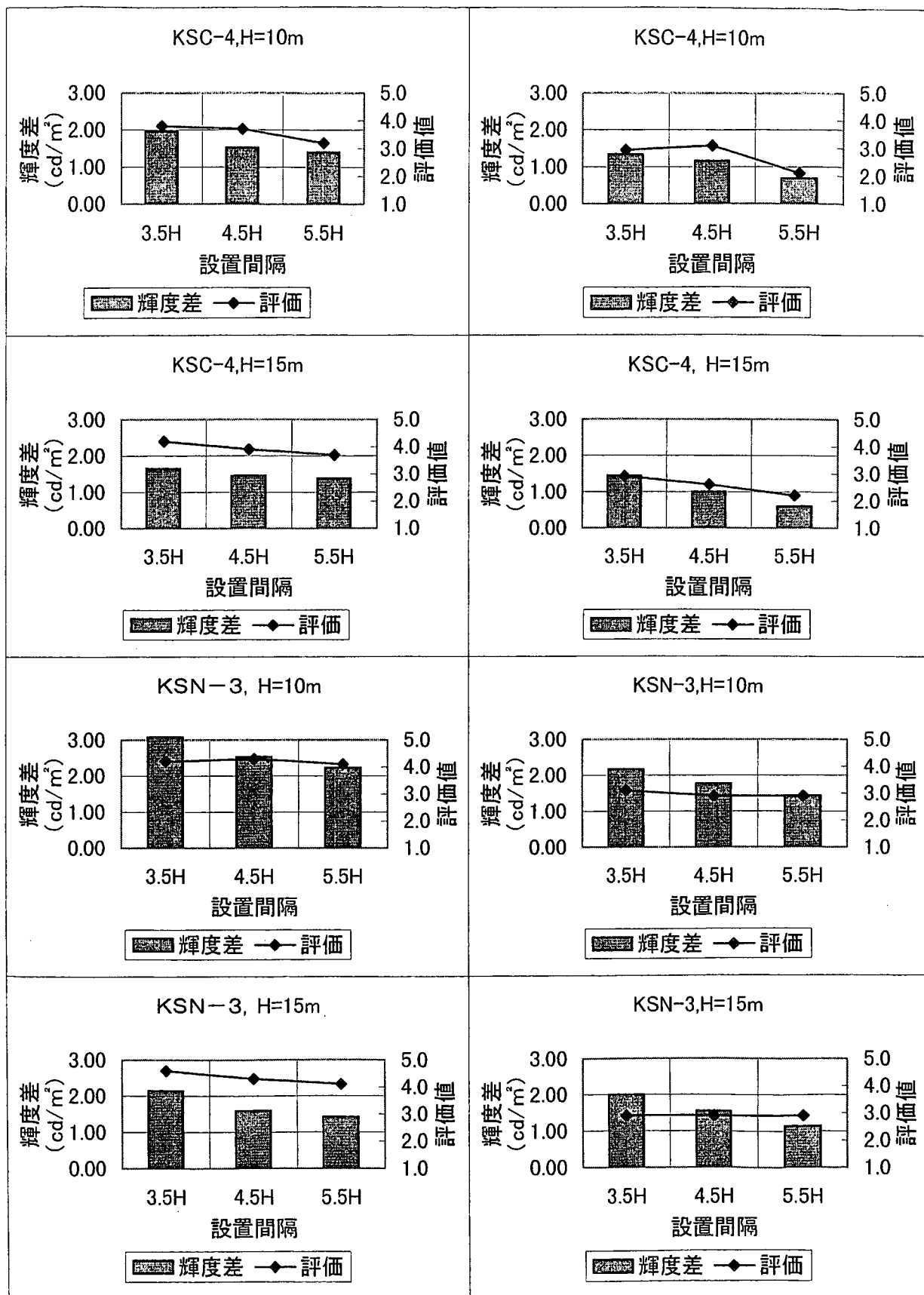
3.1 輝度差

道路照明の設置高さと間隔の変化による輝度差と視認性評価の関係を、参考図－3・1～参考図－3・9に示す。

3.2 輝度対比

道路照明の設置高さと間隔の変化による輝度対比と視認性評価の関係を、参考図－3・10～参考図－3・18に示す。

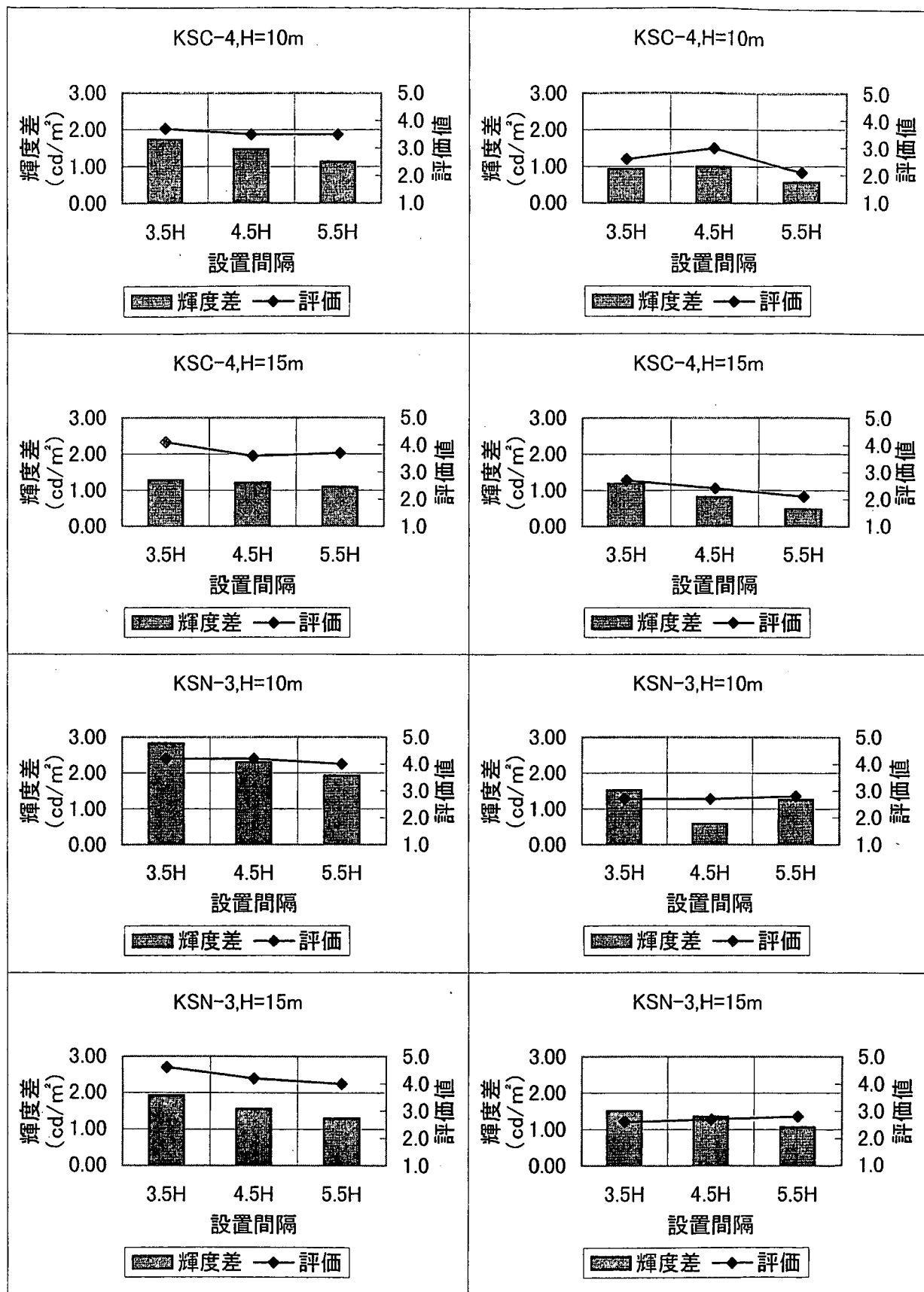
3.3 道路照明の設置高さと間隔の変化による平均路面輝度・総合均斉度と視認性評価の関係を、参考図－3・19～参考図－3・27に示す。



灯具直下

灯具中間

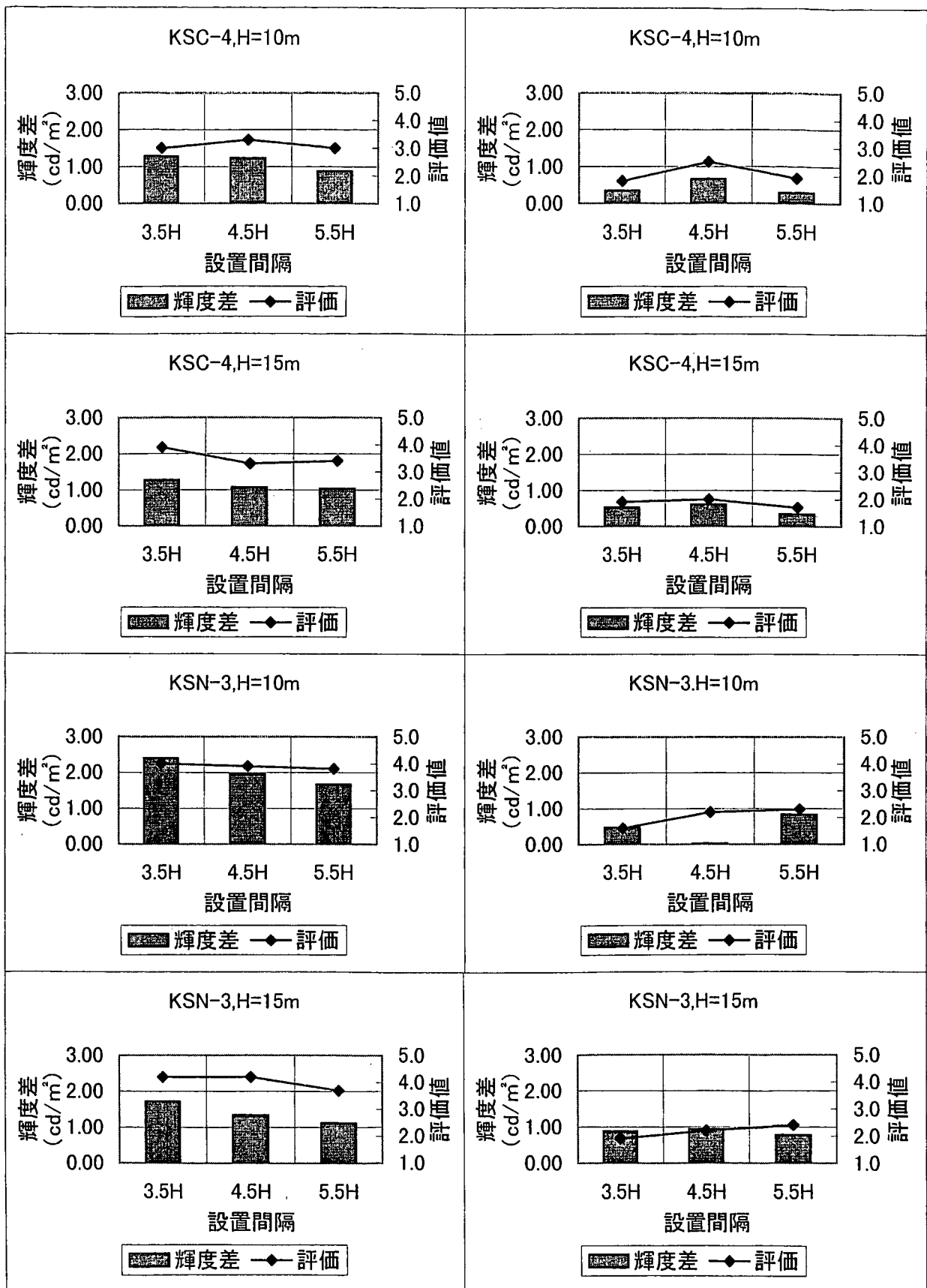
参考図-3・1 輝度差と評価 (第1車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

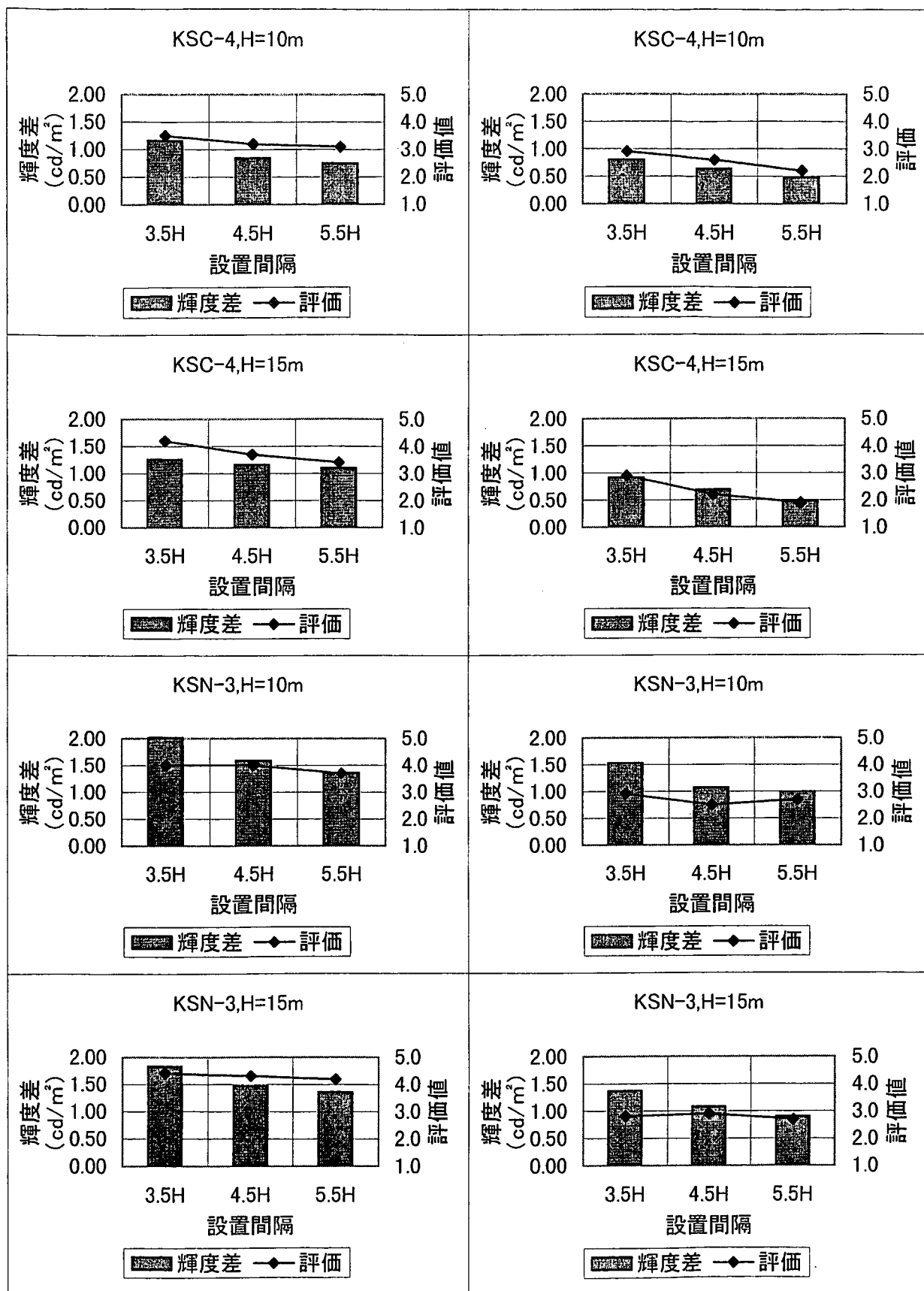
参考図-3・2 輝度差と評価 (第1車線、反射率20%)



灯具直下

灯具中間

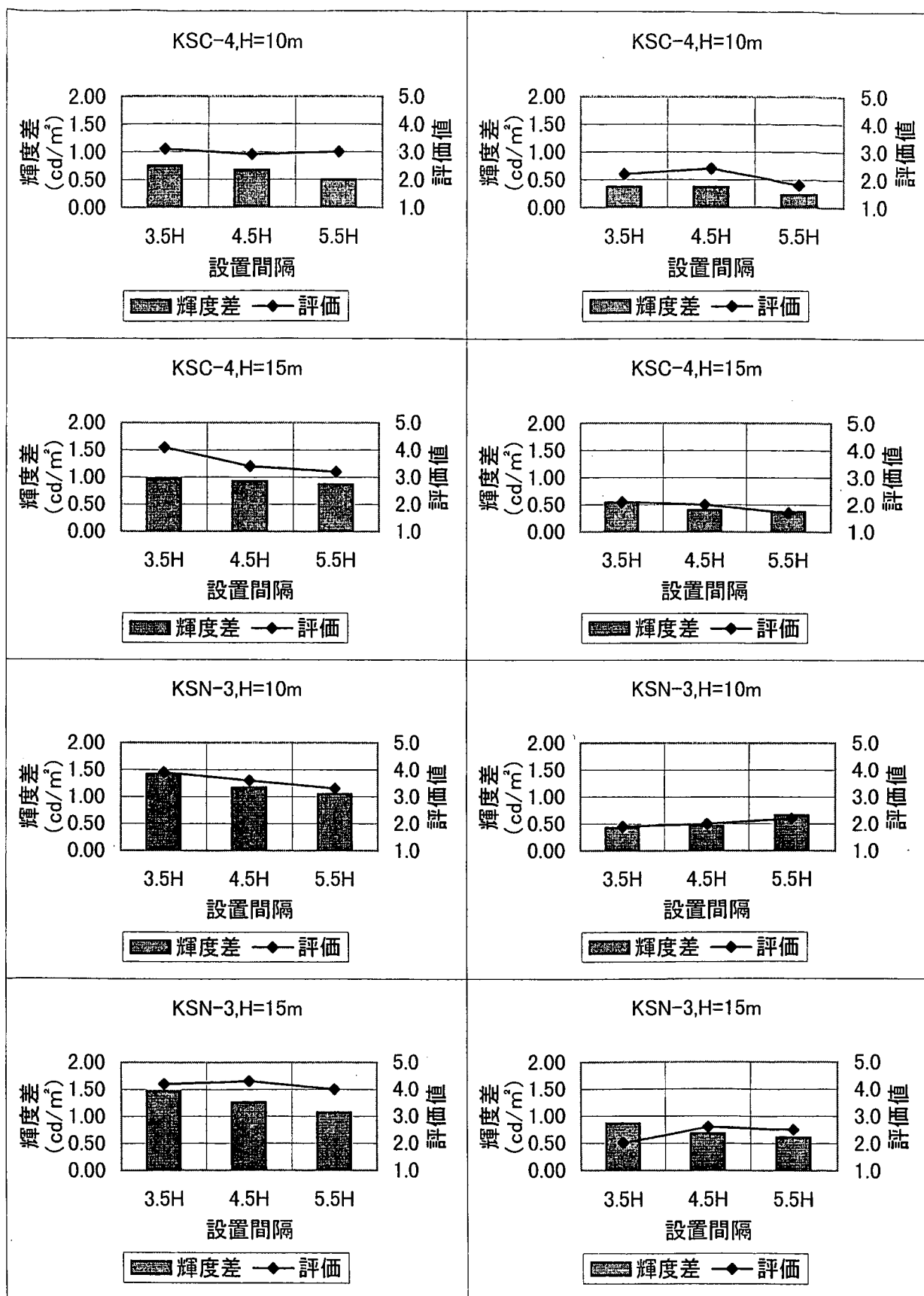
参考図-3・3 輝度差と評価 (第1車線、反射率30%)



灯具直下

灯具中間

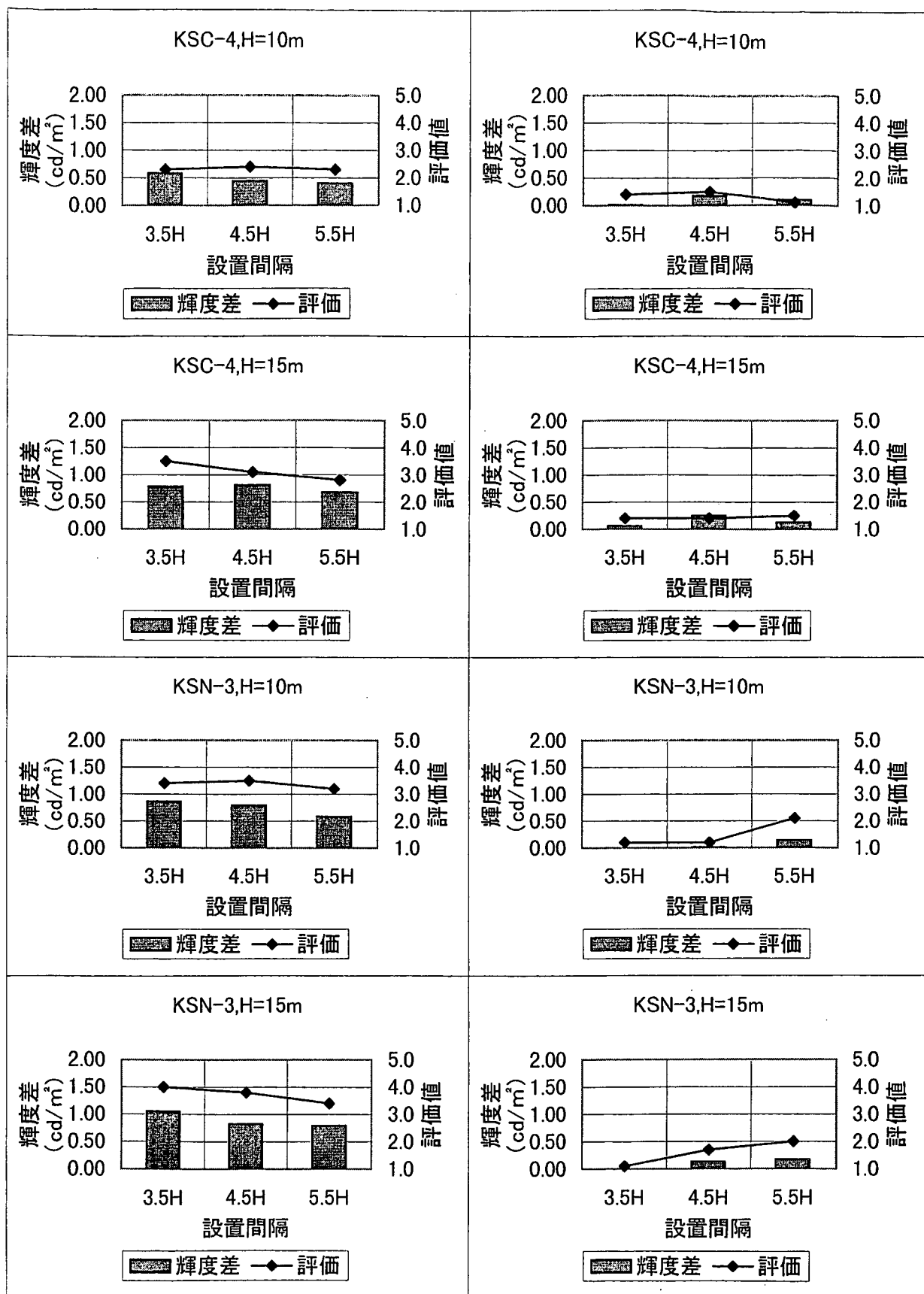
参考図-3・4 輝度差と評価 (第2車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

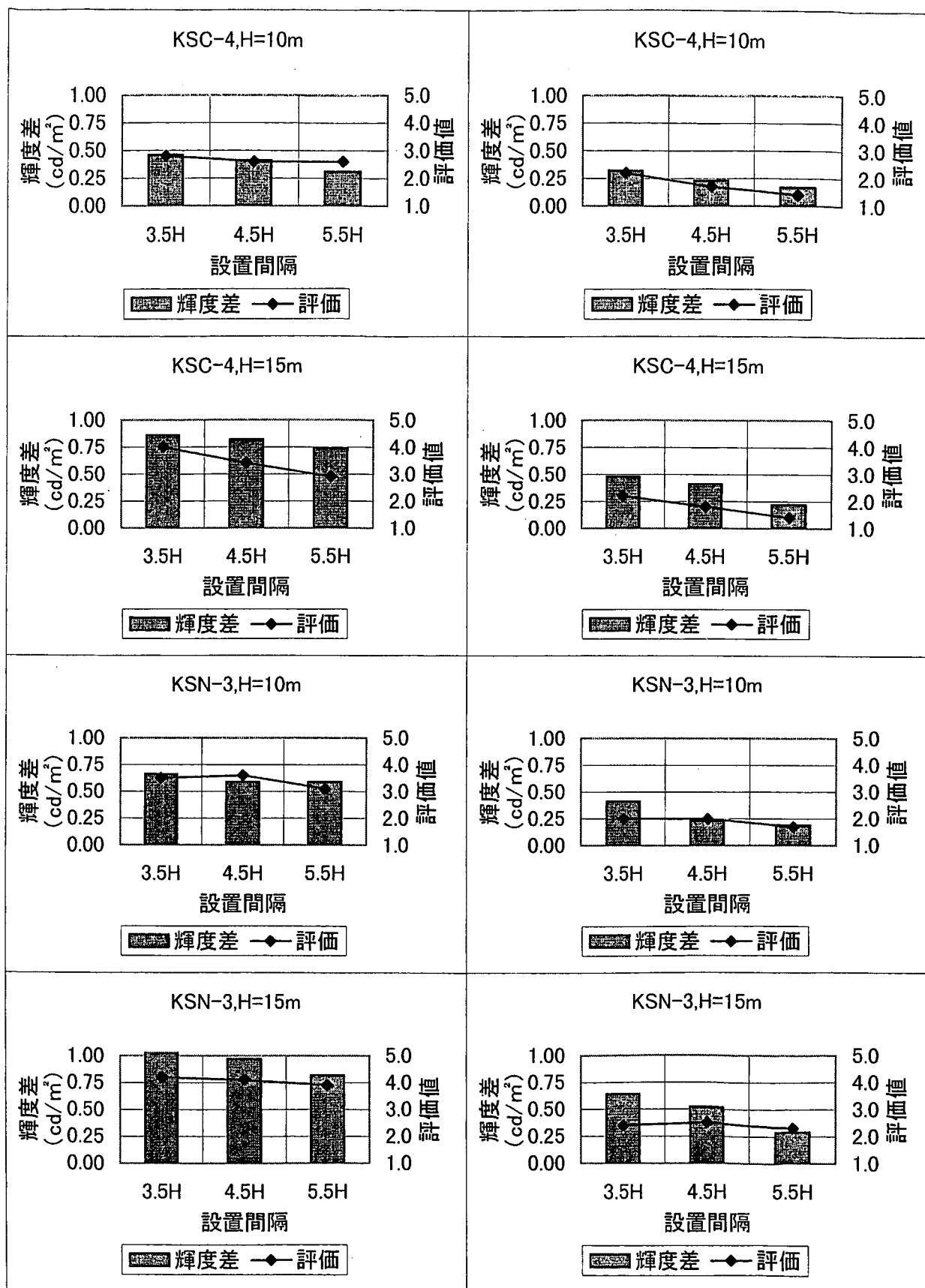
参考図-3・5 輝度差と評価 (第2車線、反射率20%)



灯具直下

灯具中間

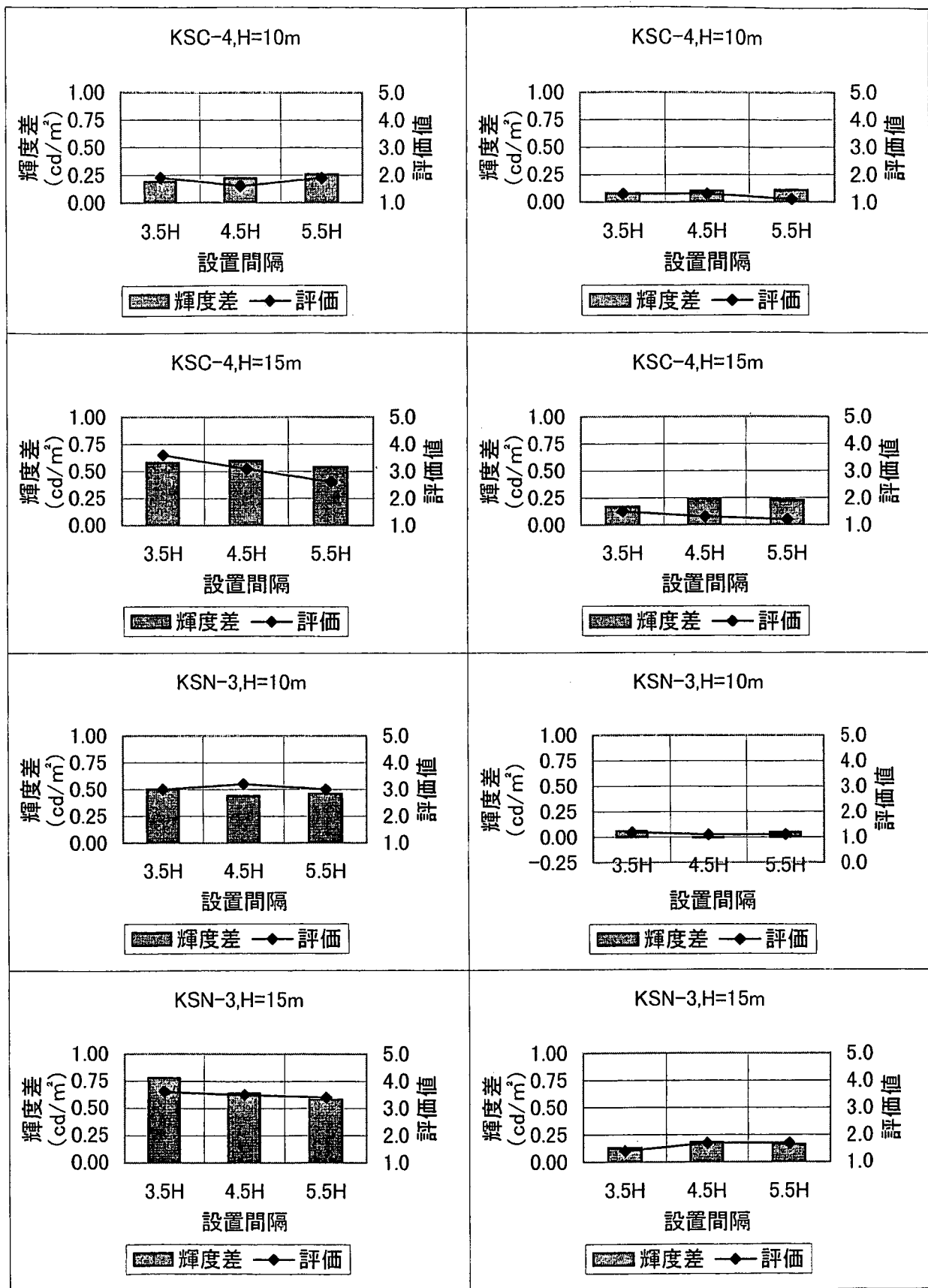
参考図-3・6 輝度差と評価 (第2車線、反射率30%)



灯具直下

灯具中間

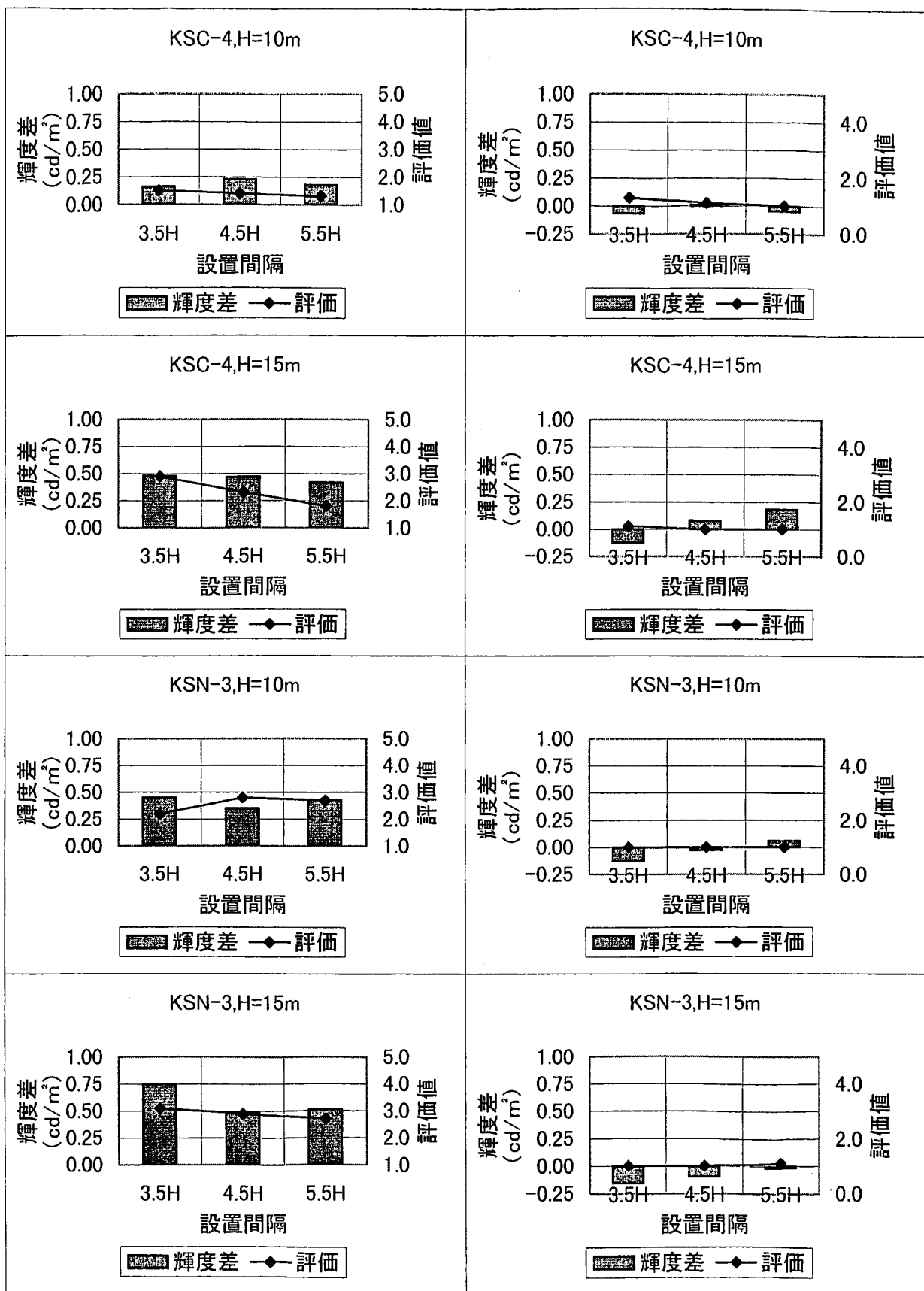
参考図-3・7 輝度差と評価 (第3車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

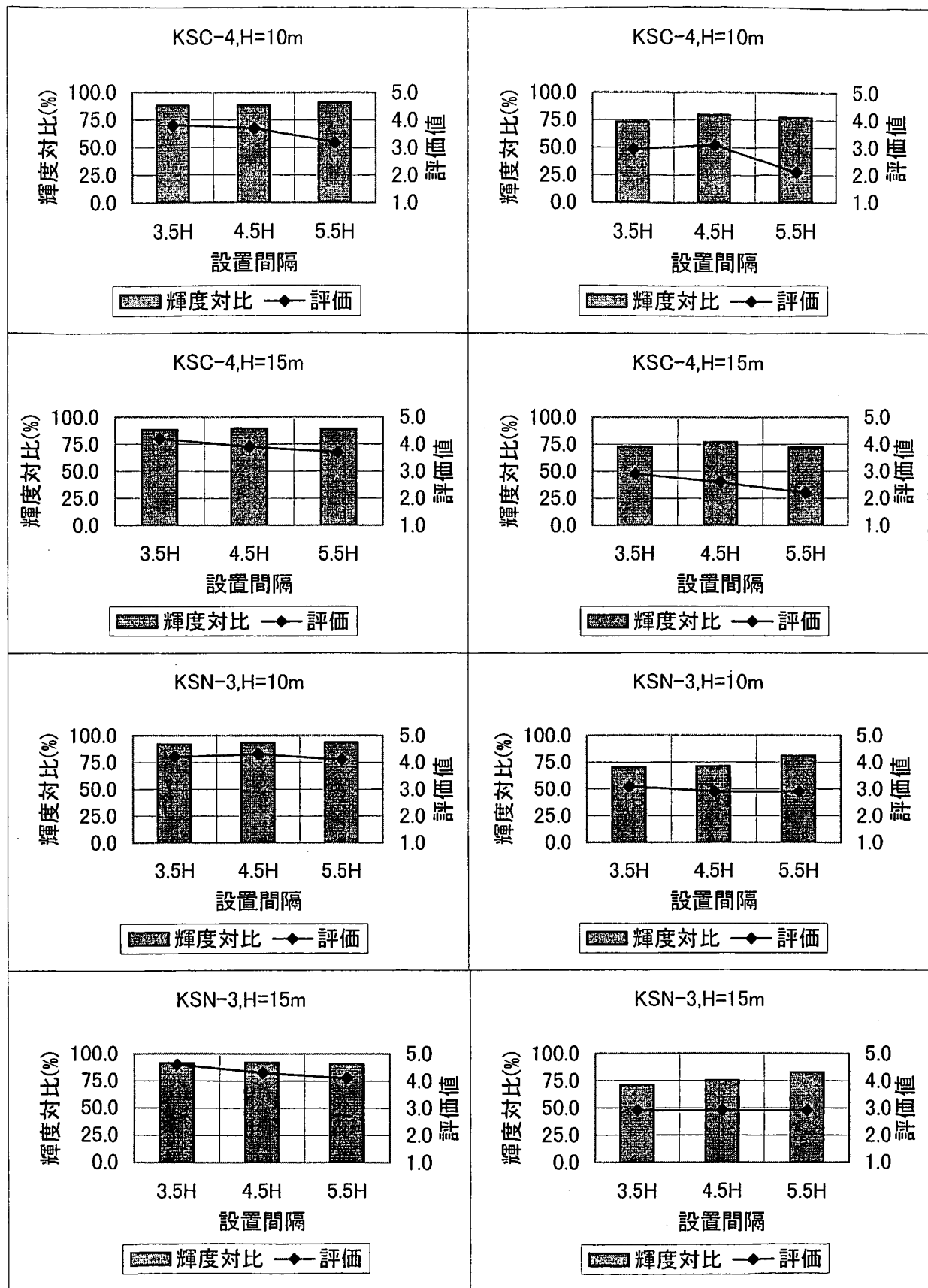
参考図-3・8 輝度差と評価 (第3車線、反射率20%)



灯具直下

灯具中間

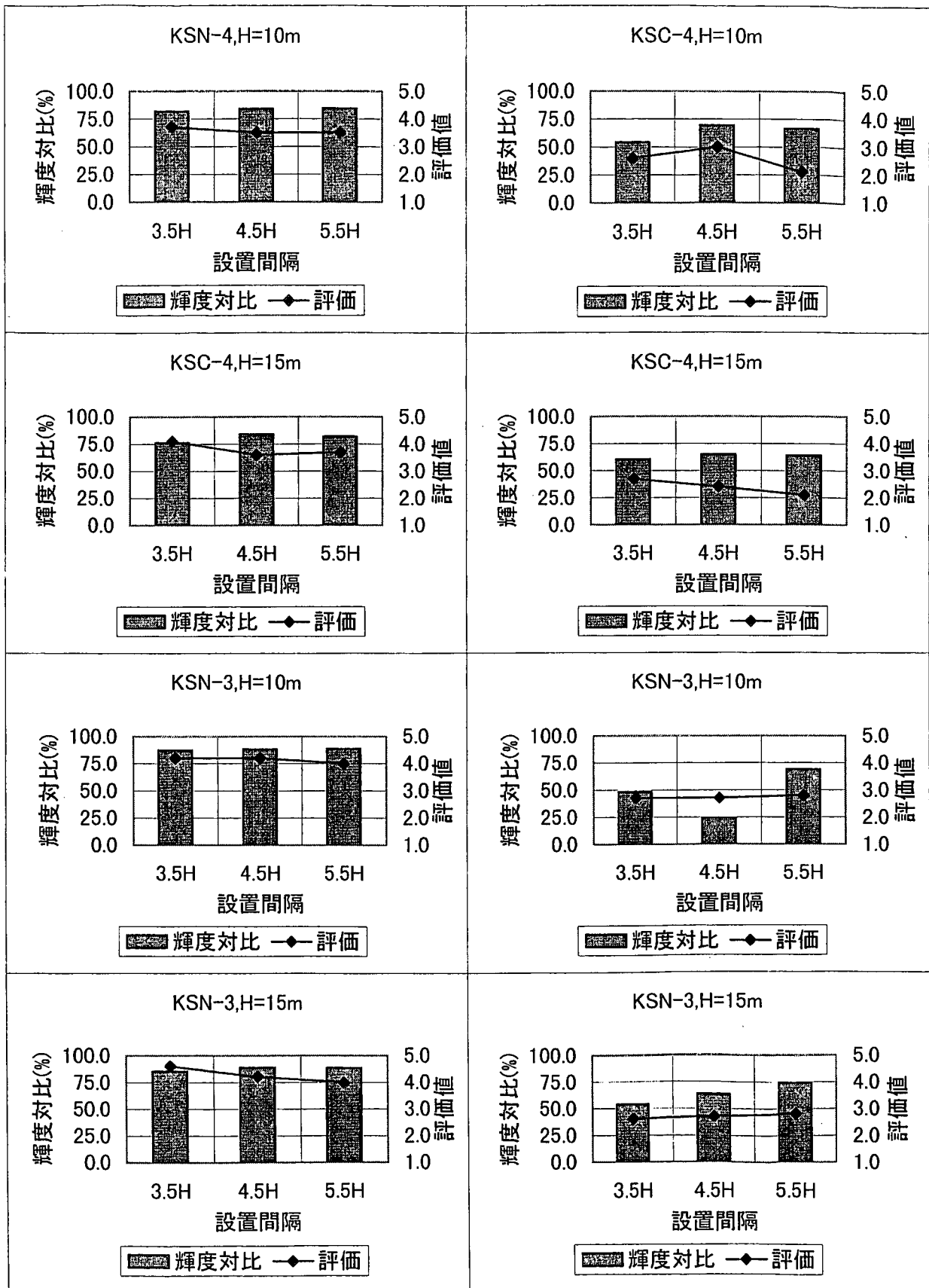
参考図 - 3・9 輝度差と評価 (第3車線、反射率 30 %)



灯具直下

灯具中間

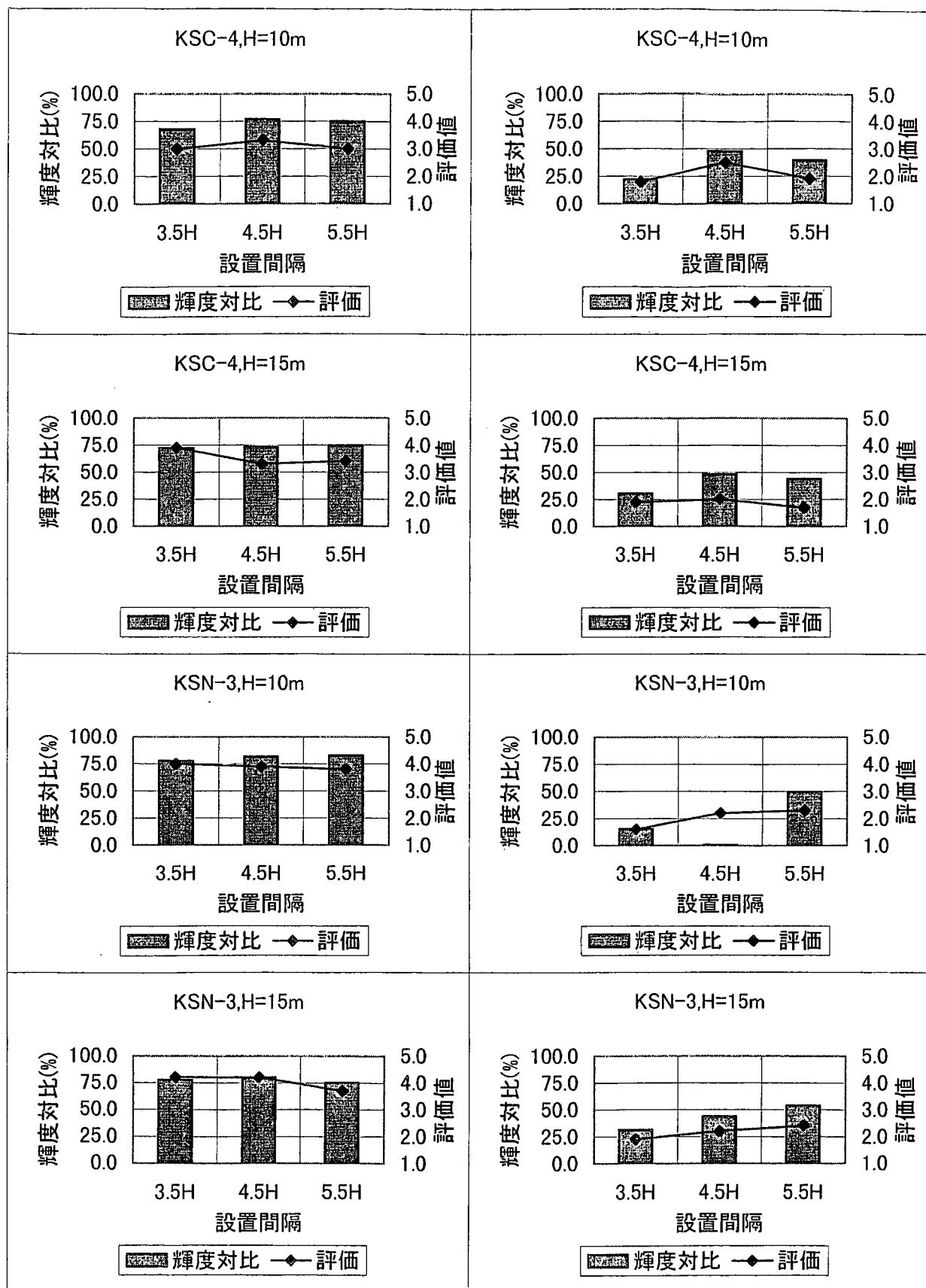
参考図-3・10 輝度対比と評価 (第1車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

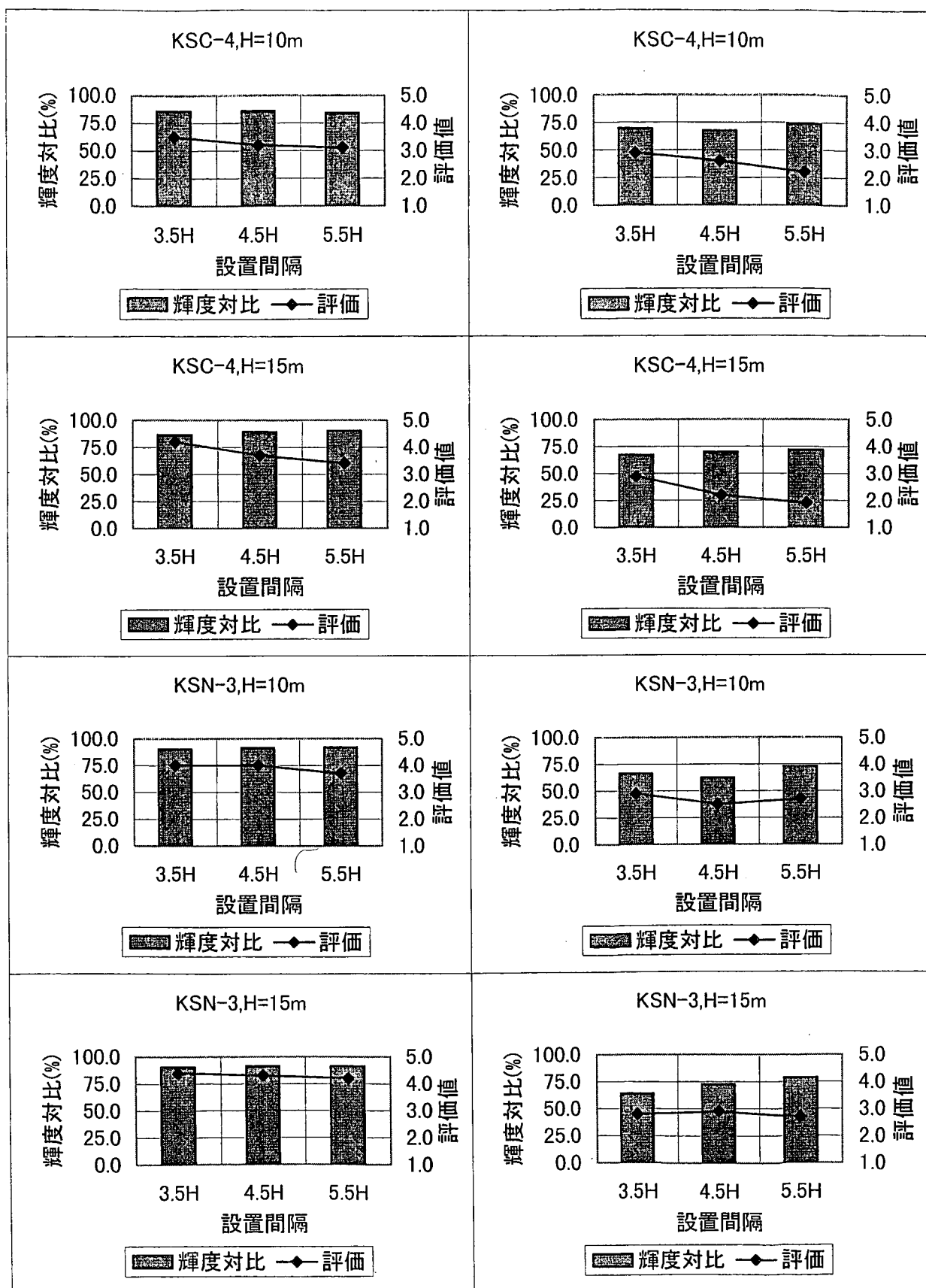
参考図-3・11 輝度対比と評価 (第1車線、反射率20%)



灯具直下

灯具中間

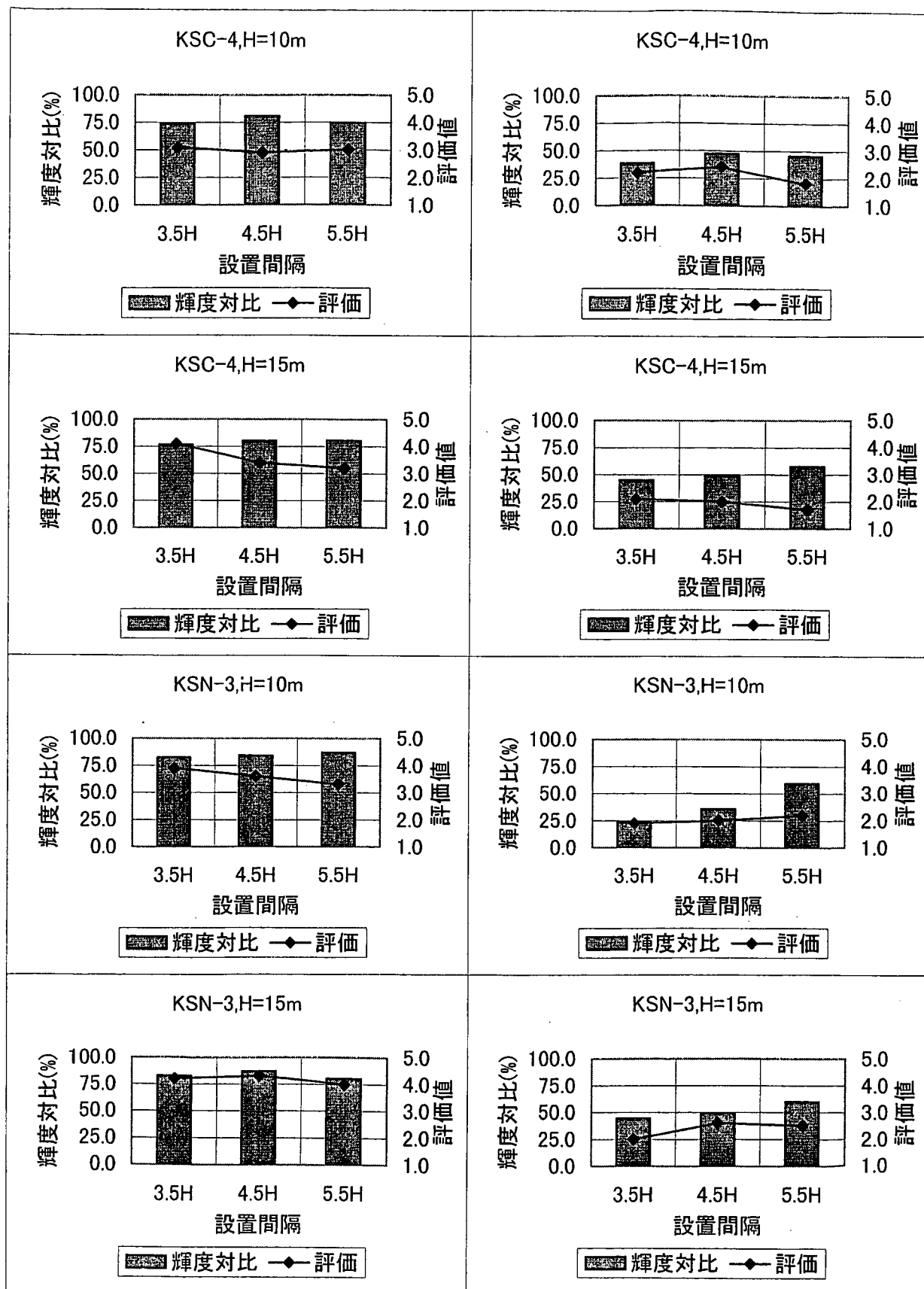
参考図-3・12 輝度対比と評価 (第1車線、反射率30%)



灯具直下

灯具中間

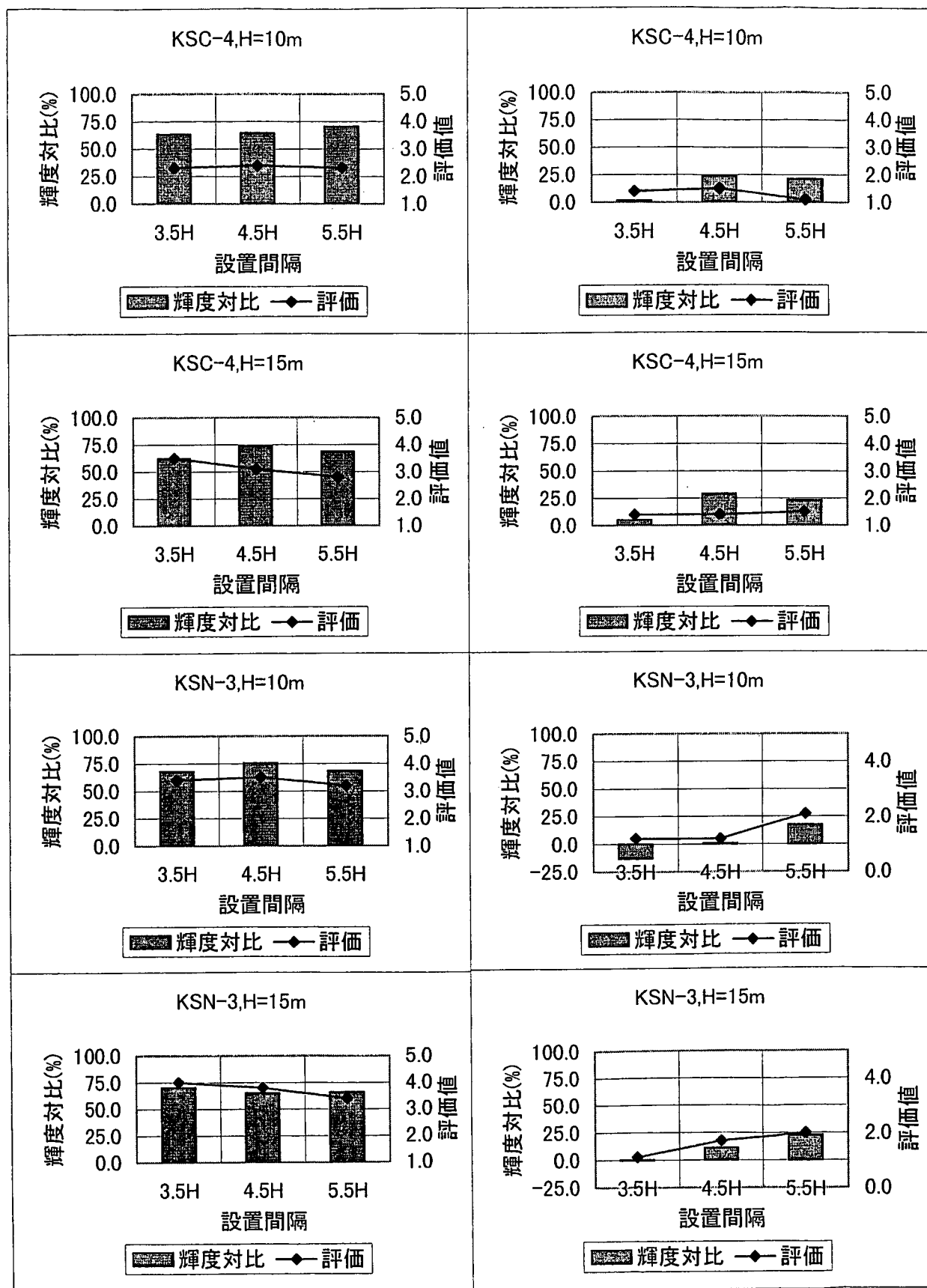
参考図-3・13 輝度対比と評価 (第2車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

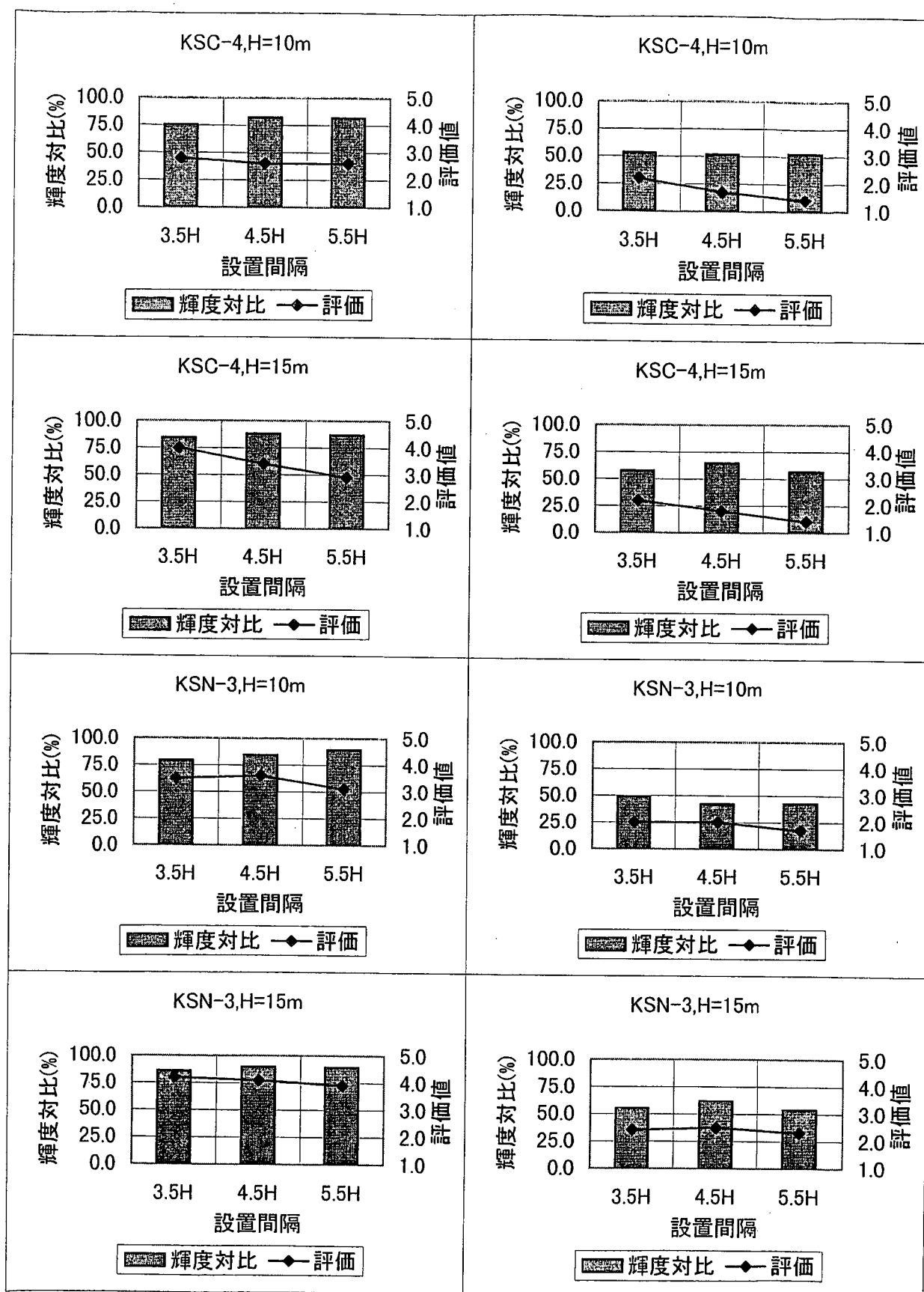
参考図 - 3・14 輝度対比と評価 (第2車線、反射率20%)

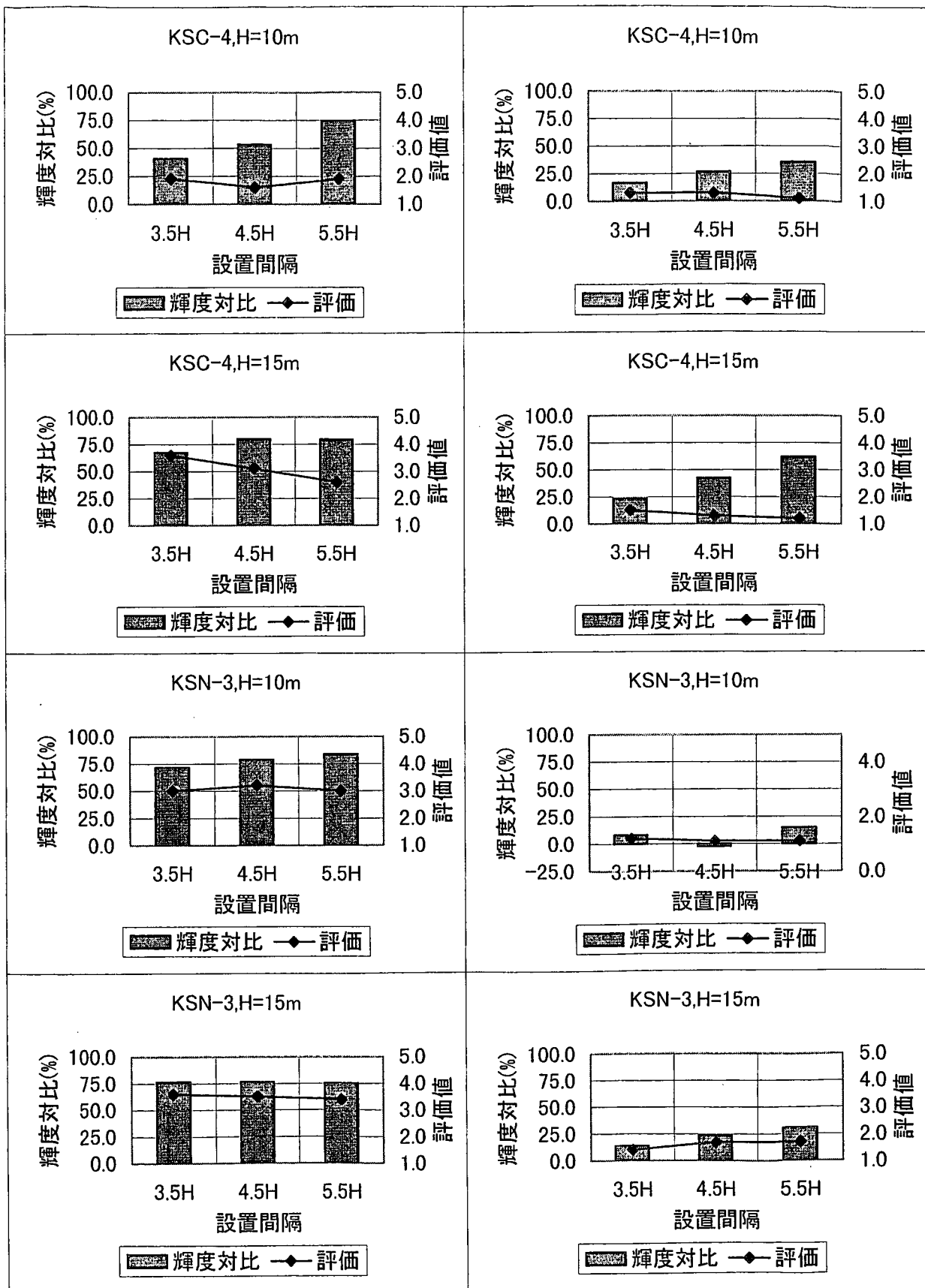


灯具直下

灯具中間

参考図-3・15 輝度対比と評価 (第2車線、反射率30%)

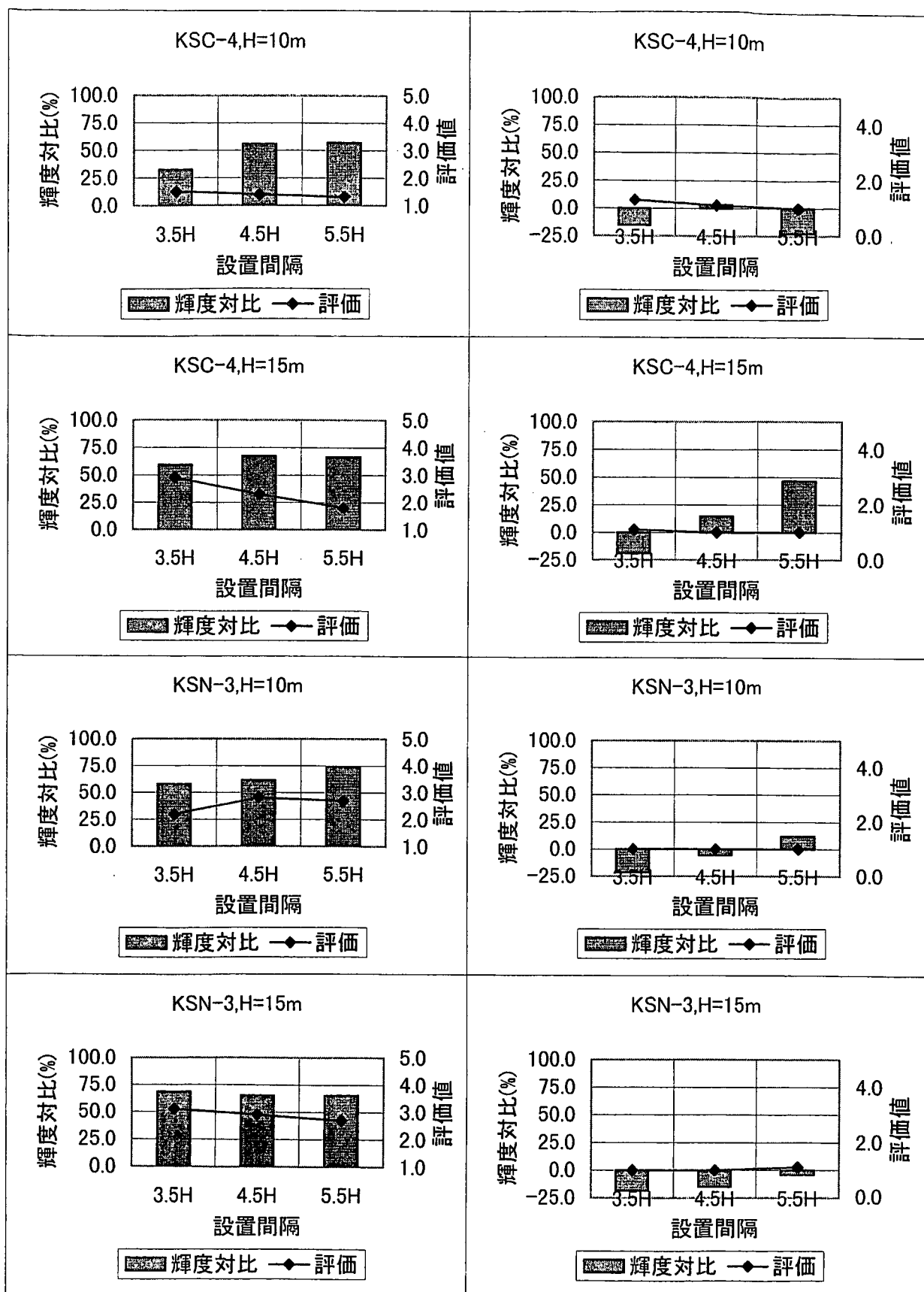




灯具直下

灯具中間

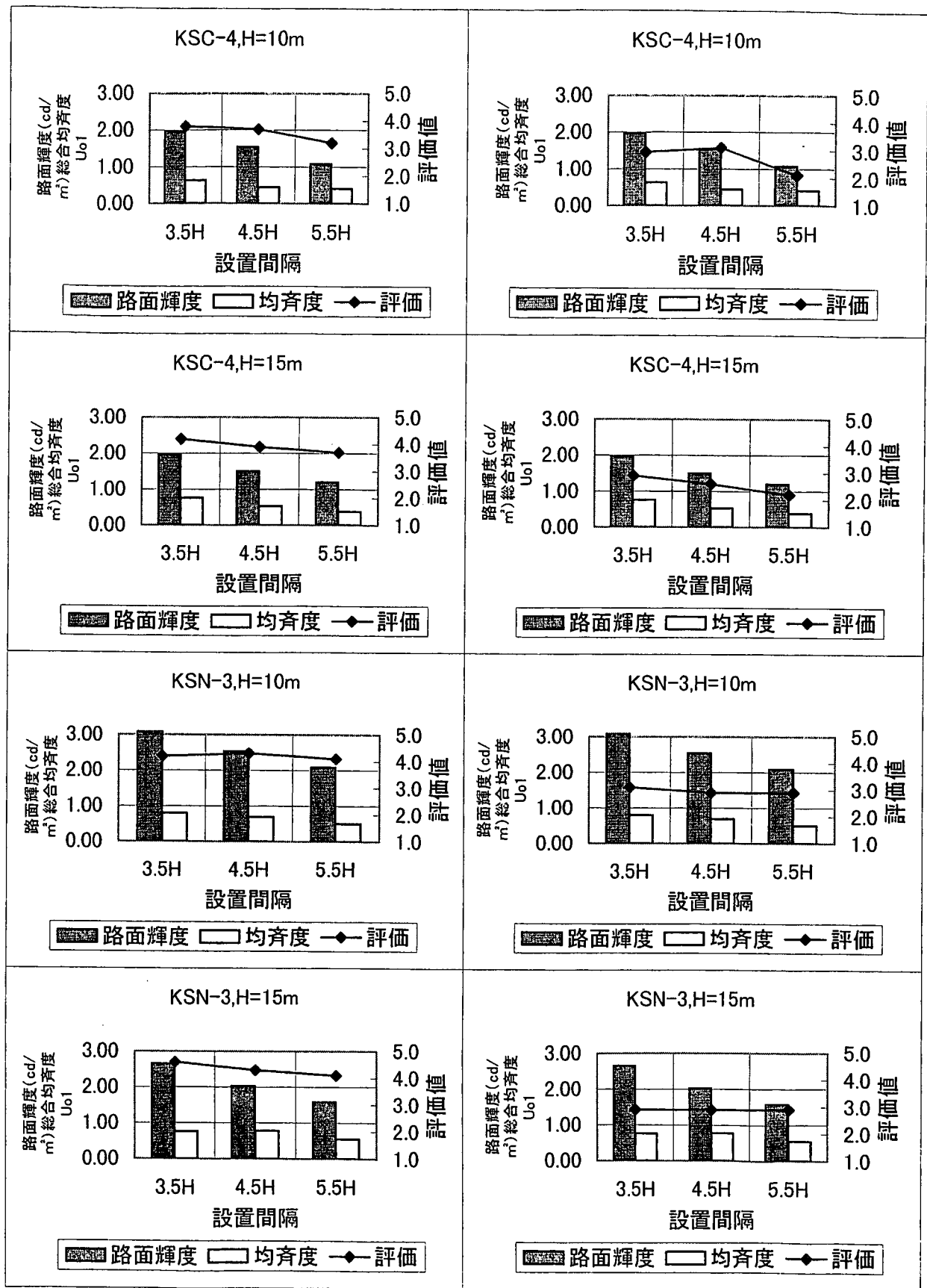
参考図-3・17 輝度対比と評価 (第3車線、反射率20%)



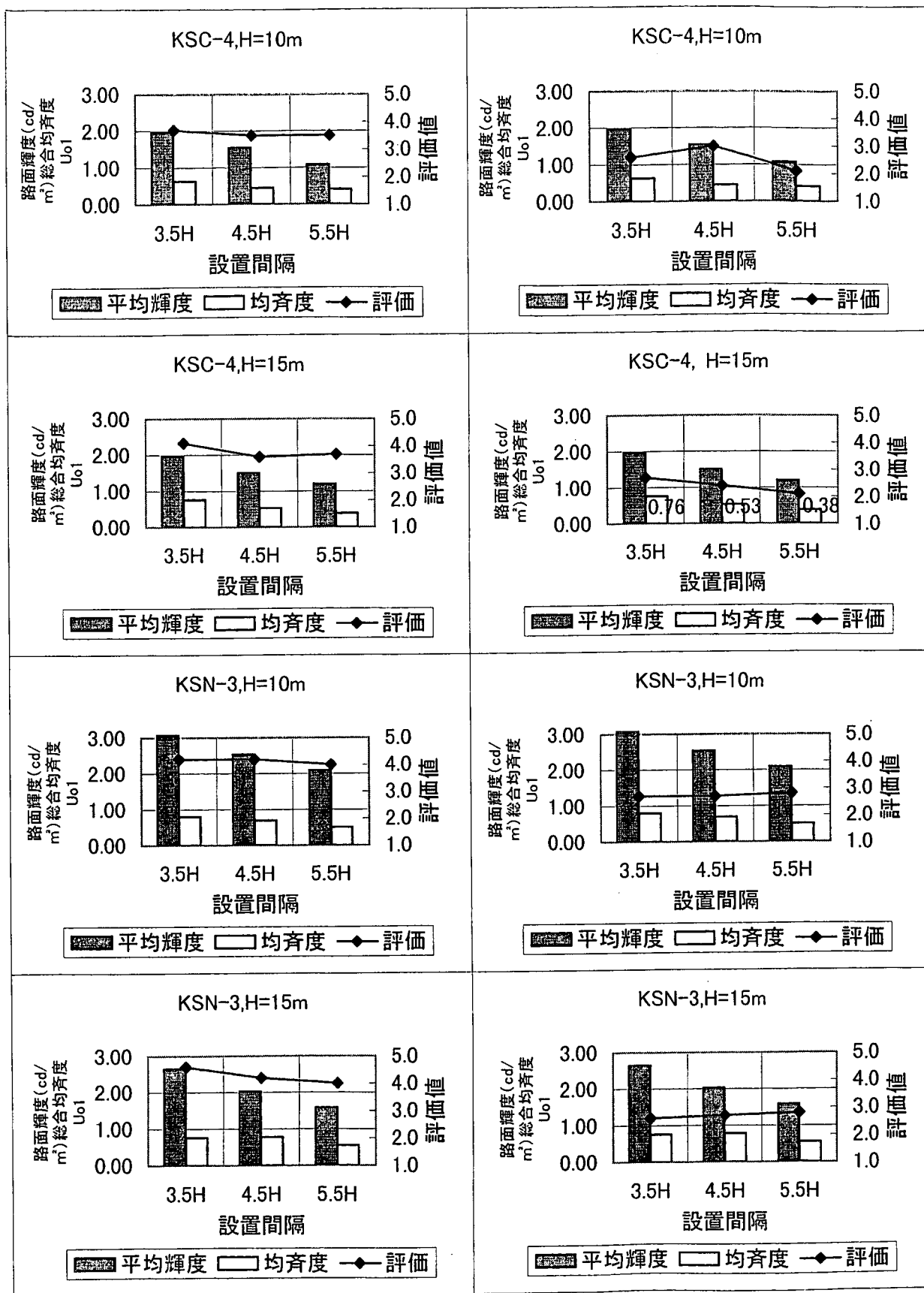
灯具直下

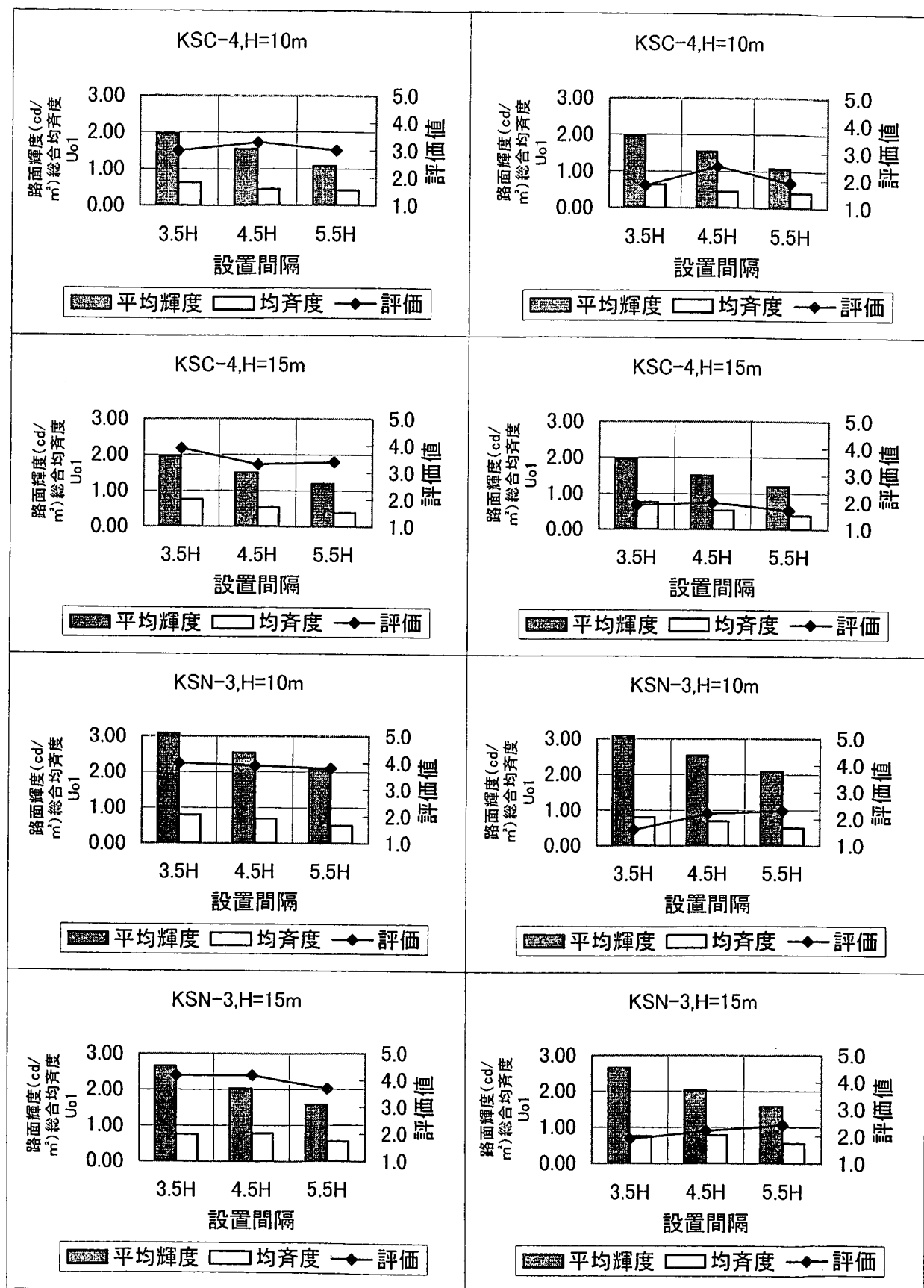
灯具中間

参考図-3・18 輝度対比と評価 (第3車線、反射率30%)

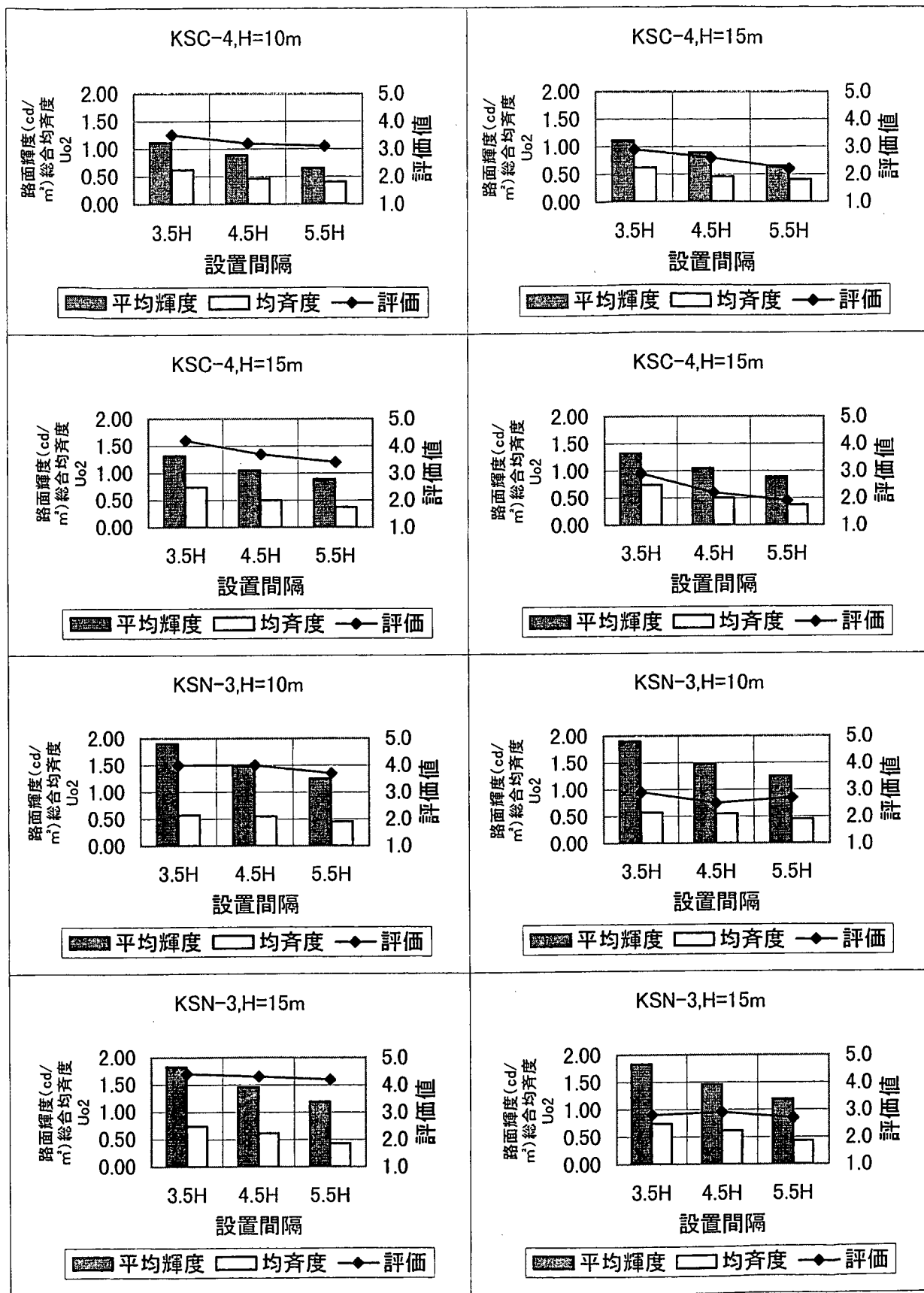


参考図-3・19 路面輝度・総合均斉度と評価 (第1車線、反射率10%)





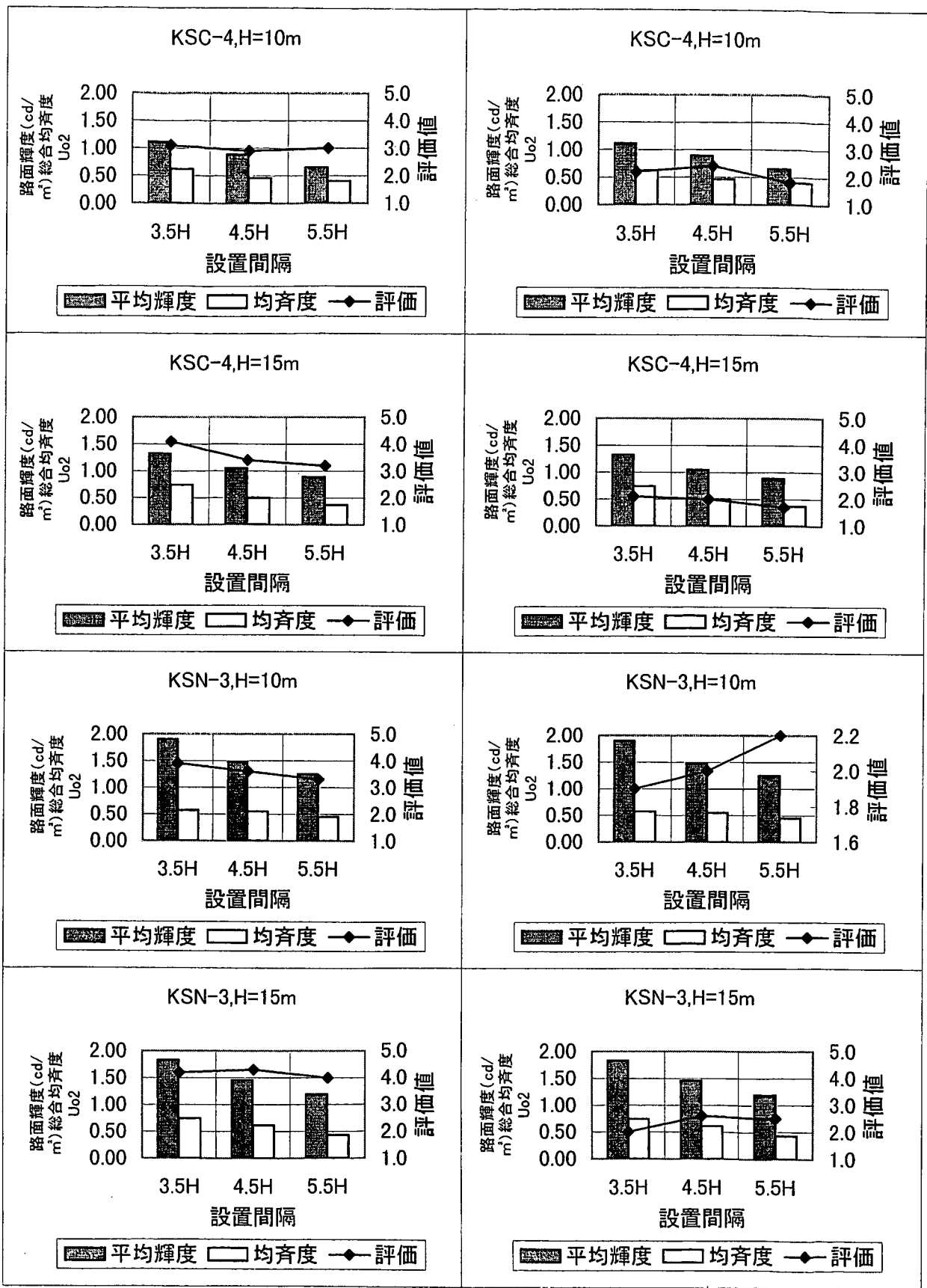
参考図-3・21 路面輝度・総合均斉度と評価 (第1車線、反射率30%)



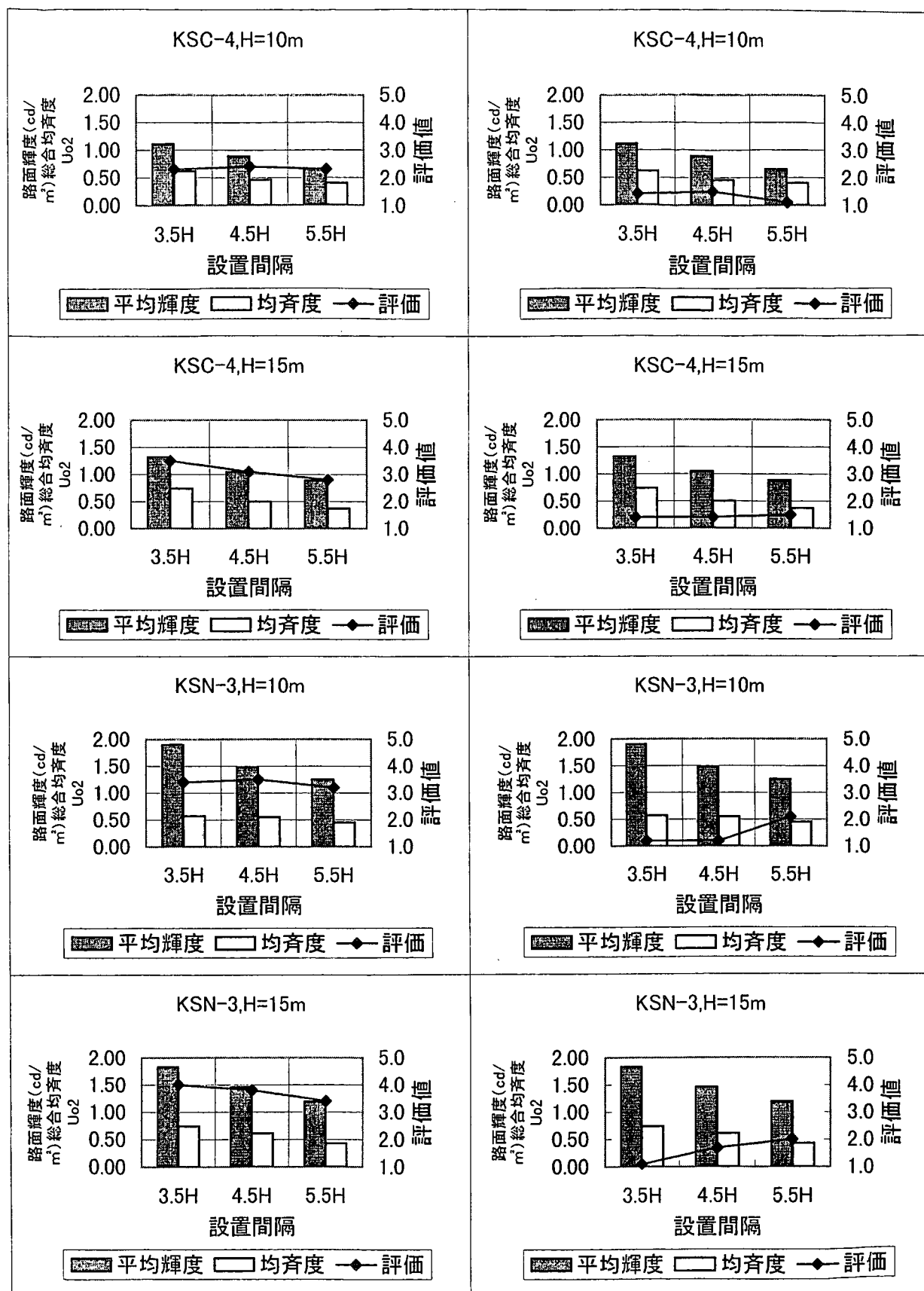
灯具直下

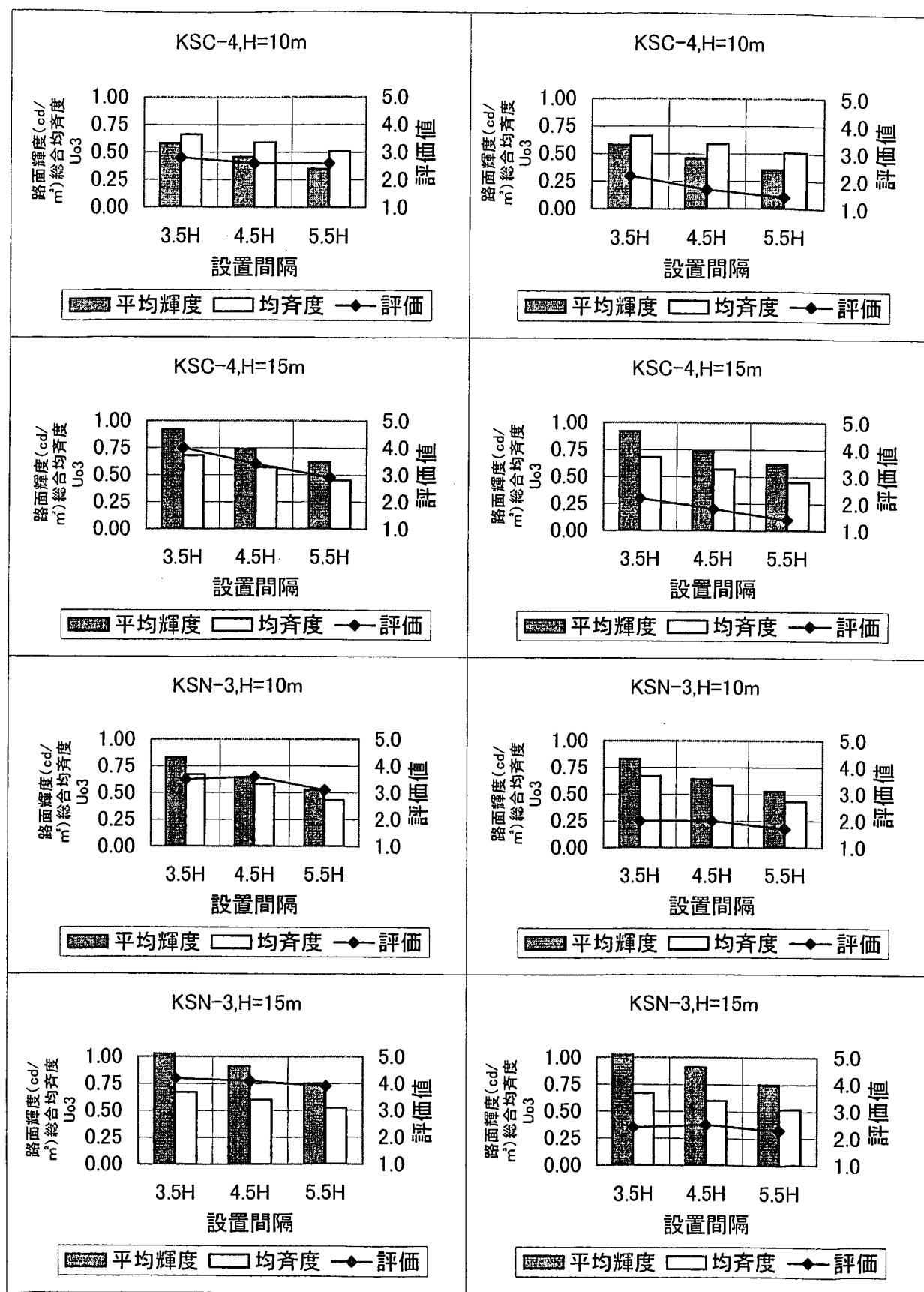
灯具中間

参考図-3・22 路面輝度・総合均斉度と評価 (第2車線、反射率10%)



参考図-3・23 路面輝度・総合均斉度と評価 (第2車線、反射率20%)

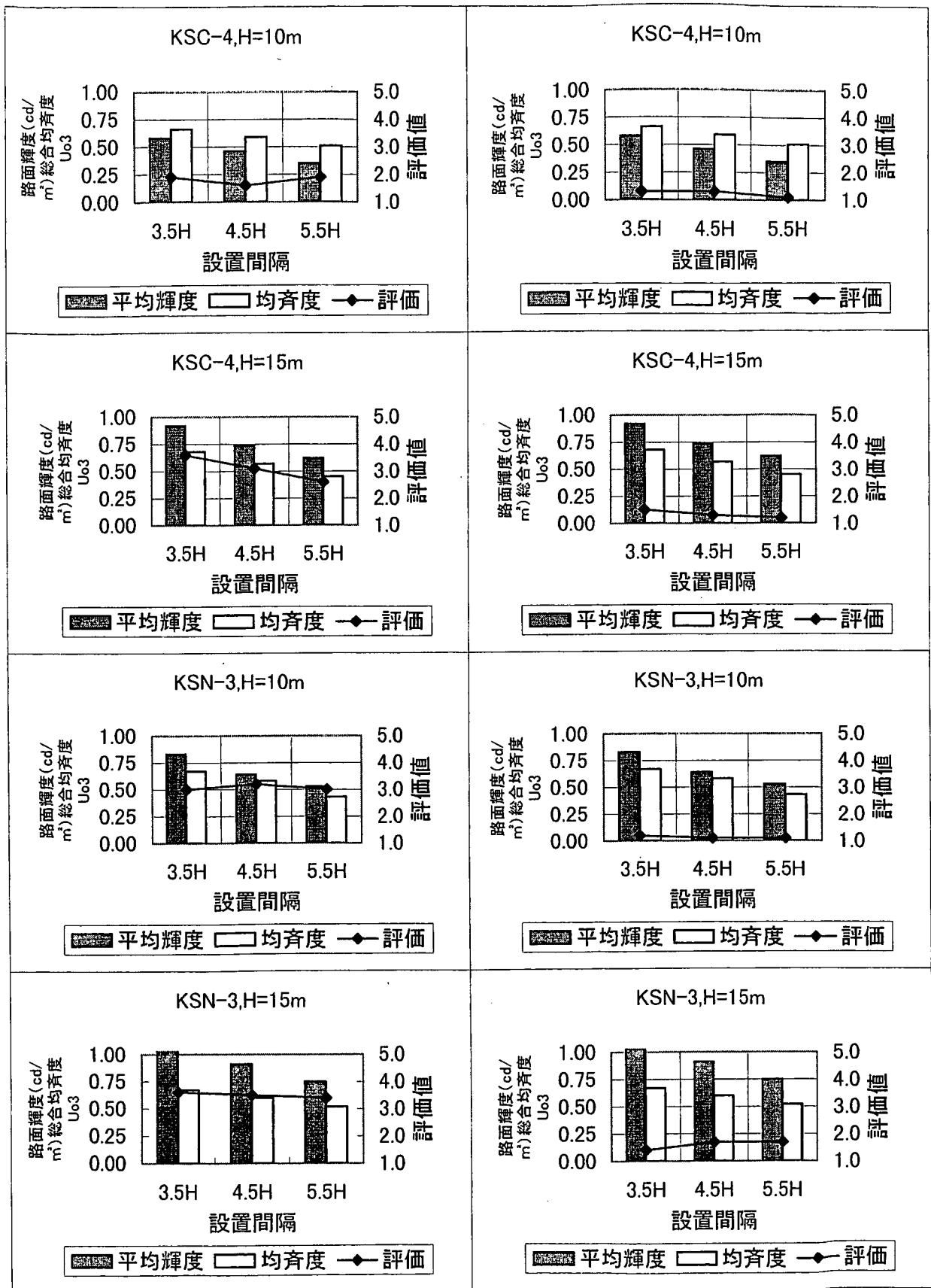




灯具直下

灯具中間

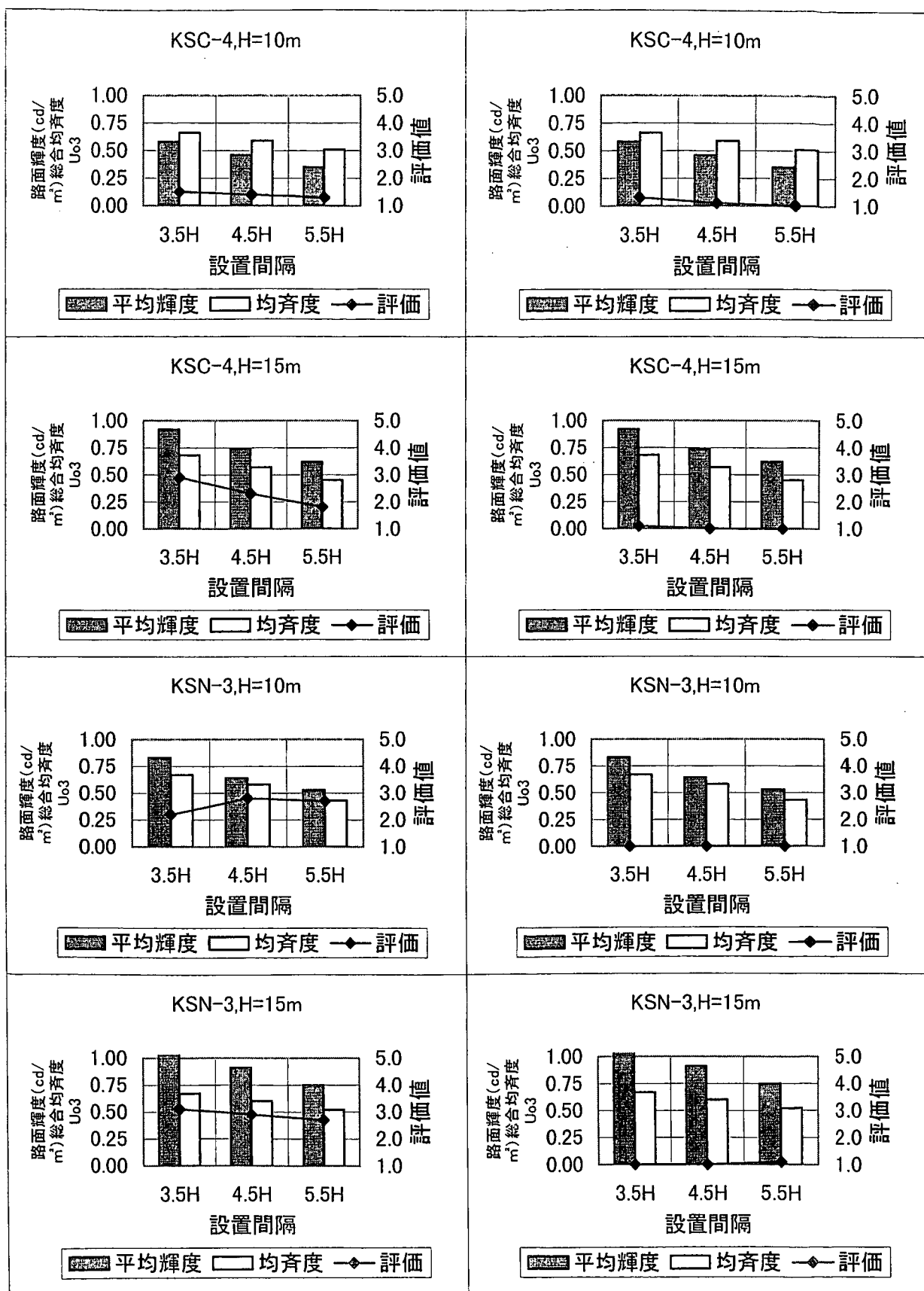
参考図-3・25 路面輝度・総合均斉度と評価 (第3車線、反射率10%)



灯具直下

灯具中間

参考図 - 3・26 路面輝度・総合均斉度と評価 (第3車線、反射率20%)



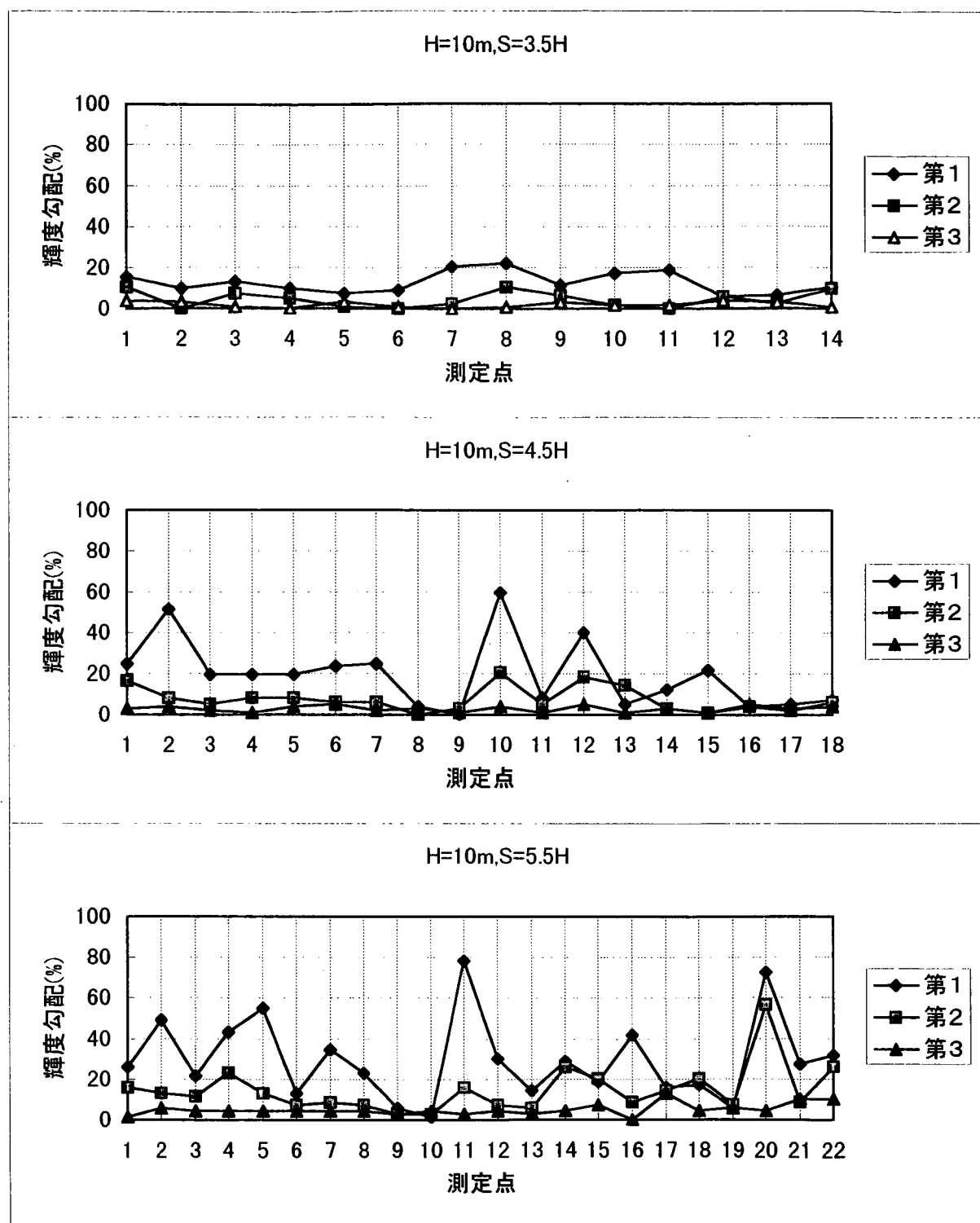
灯具直下

灯具中間

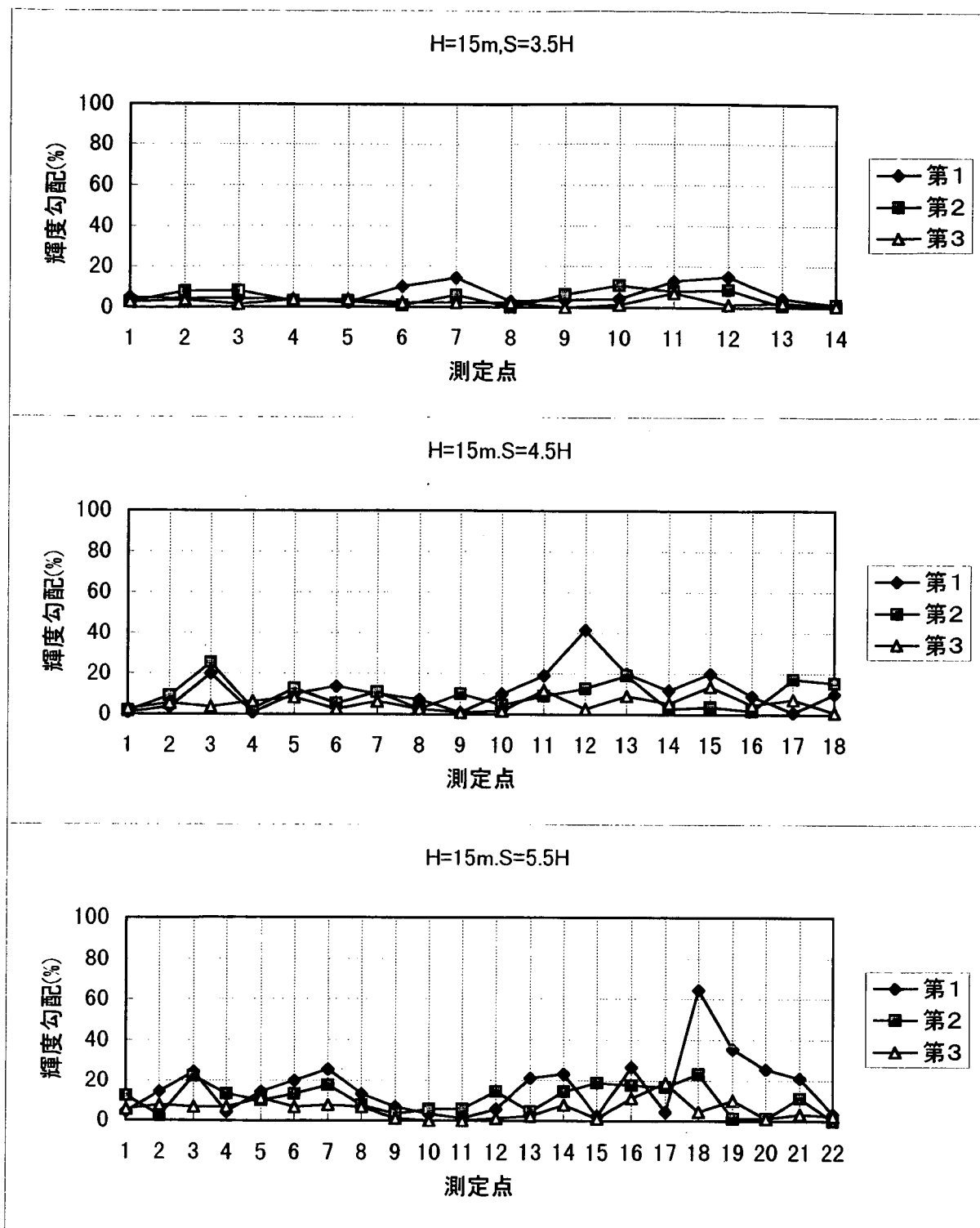
参考図-3・27 路面輝度・総合均斉度と評価 (第3車線、反射率30%)

4. 輝度勾配の変化

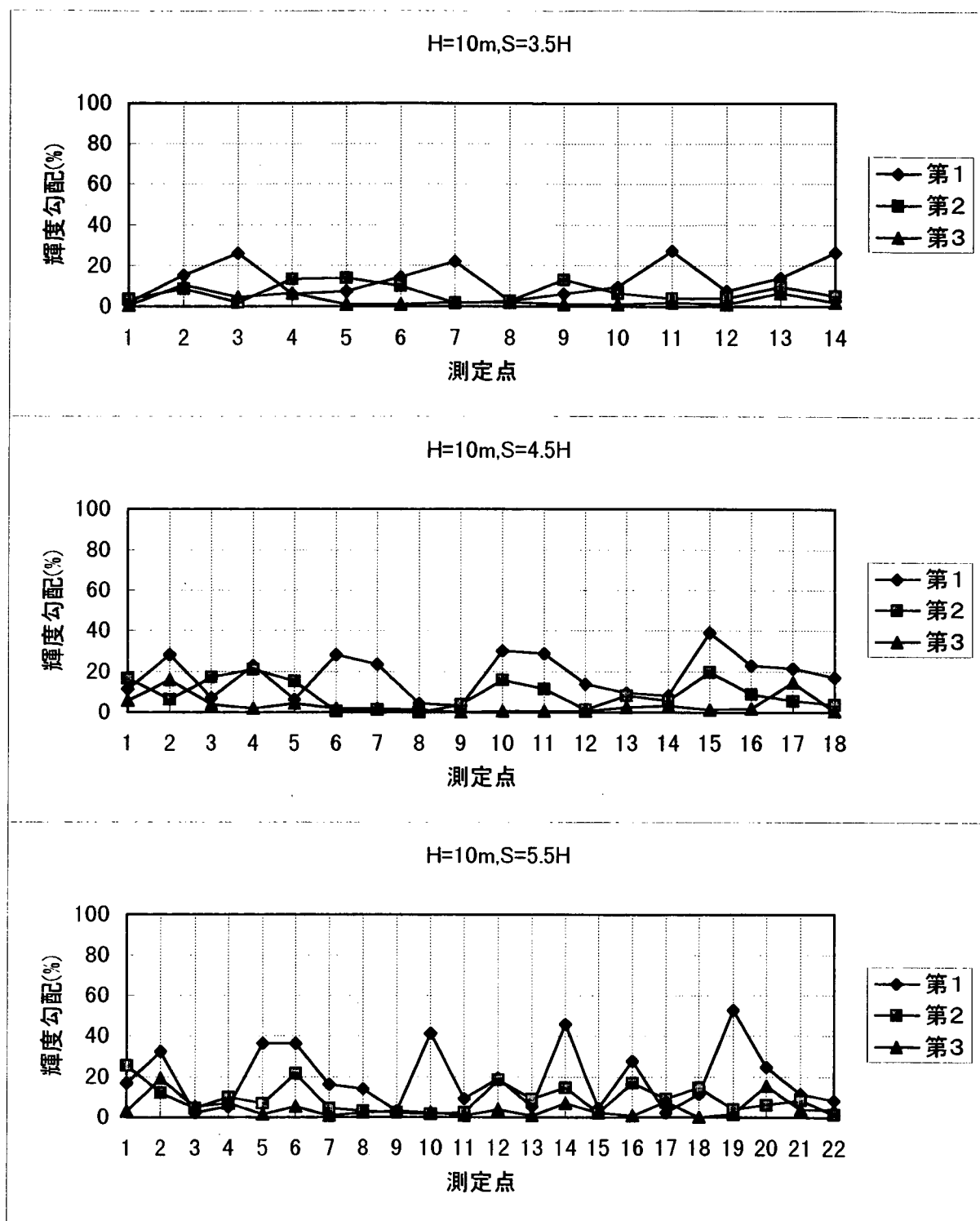
光学測定結果より求められる、輝度勾配の変化を表したものを、参考図－4・1～参考図－4・4に示す。



参考図－４・１ 輝度勾配の変化 (KSC-4、 $H=10m$)



参考図－４・２ 輝度勾配の変化 (KSC-4、H=15m)



参考図-4・3 輝度勾配の変化 (K S N-3、H=10m)



3.5H



4.5H

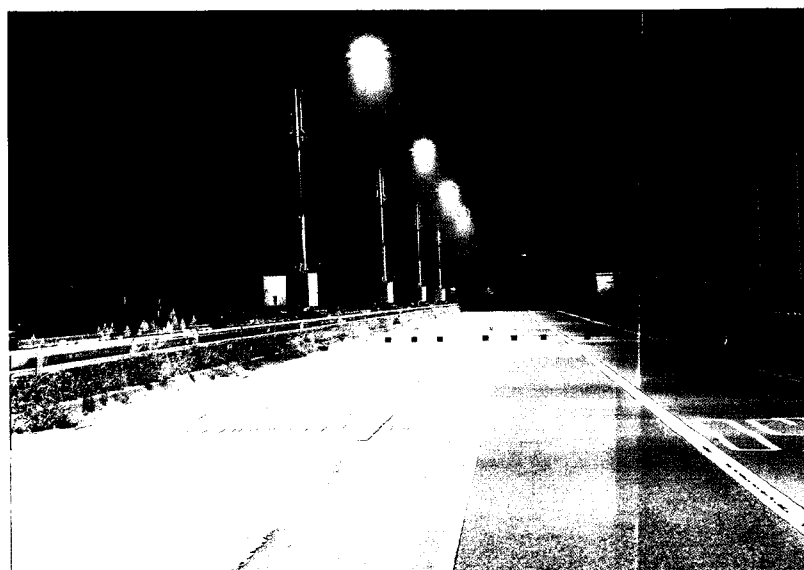


5.5H

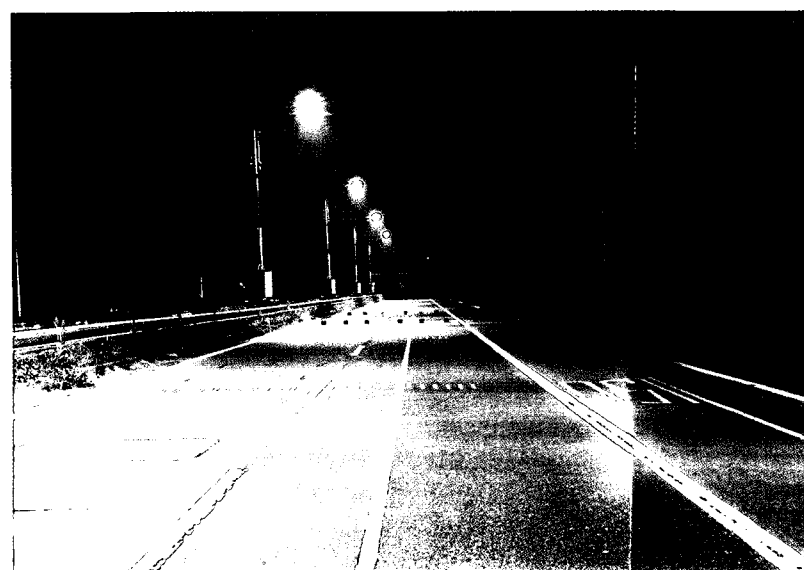
写真-5・1 設置高さ $H=10\text{ m}$ 、第1車線より (KSN-3)



3.5H



4.5H



5.5H

写真-5・2 設置高さ $H=10$ m、第2車線より (KSN-3)



3.5H

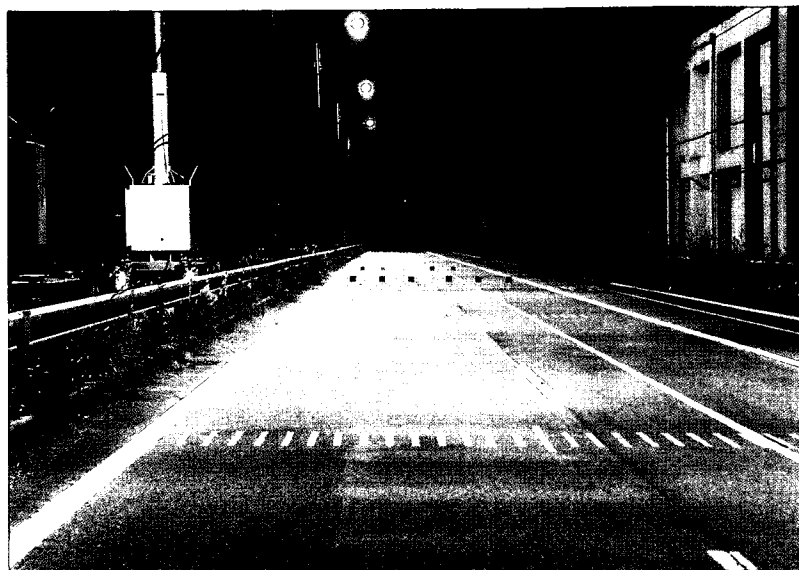


4.5H

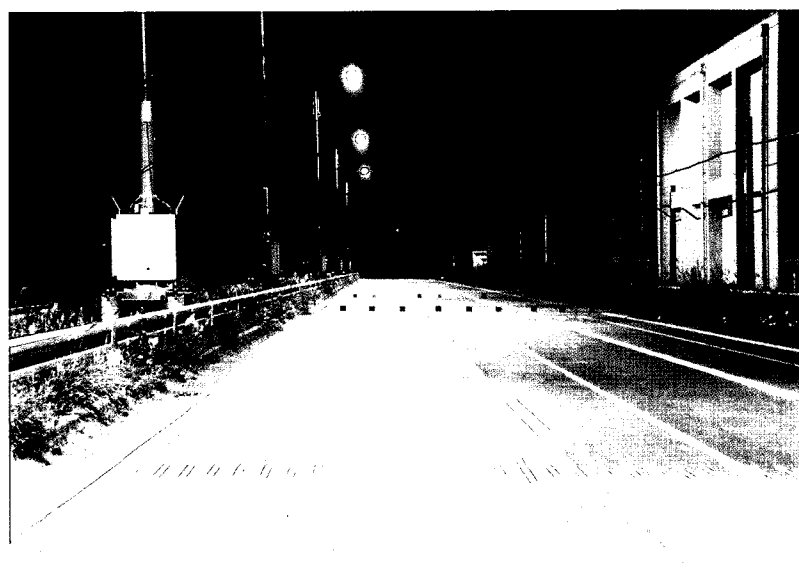


5.5H

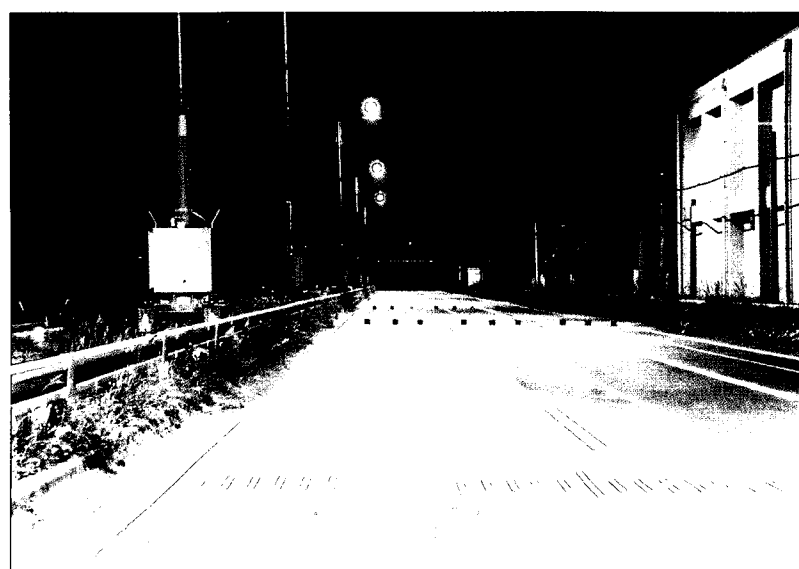
写真-5・3 設置高さ $H = 10$ m、第3車線より (KSN-3)



3.5H

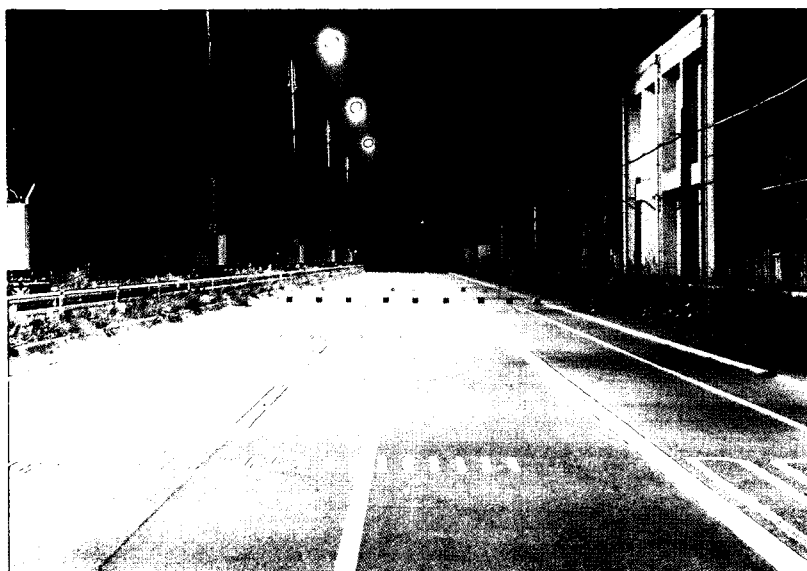


4.5H

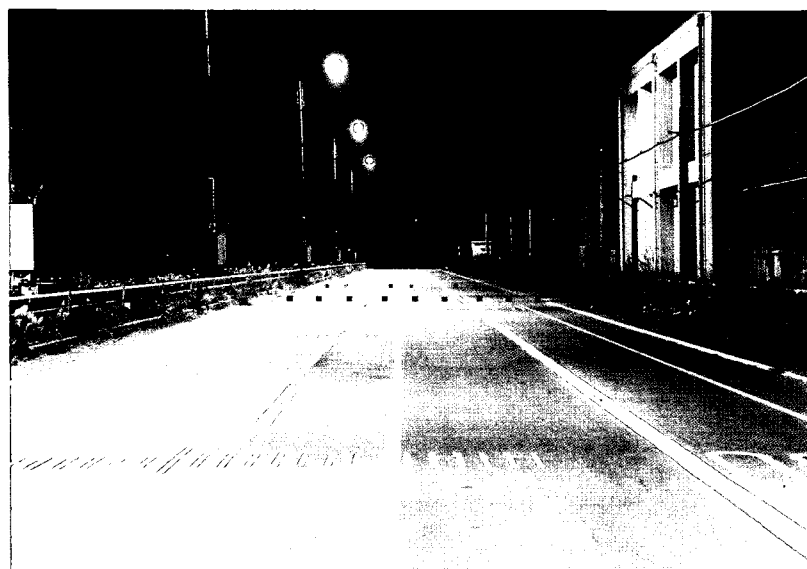


5.5H

写真-5・4 設置高さ $H=15$ m、第1車線より (KSN-3)



3.5H



4.5H

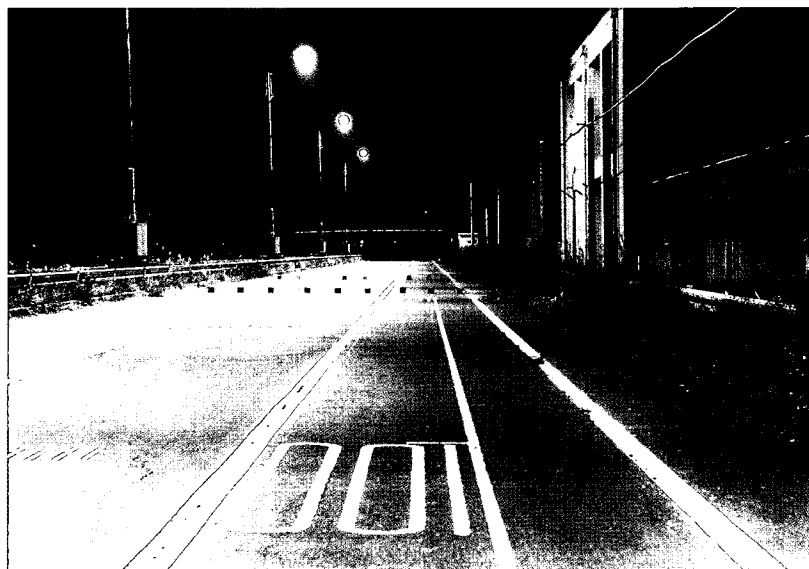


5.5H

写真-5・5 設置高さH = 15 m、第2車線より (KSN-3)



3.5H



4.5H



5.5H

写真-5・6 設置高さ $H = 15$ m、第3車線より (KSN-3)