

マイクロフィルム用資料

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第3668号

土木研究所資料

高機能道路照明に関する検討

平成11年9月

建設省土木研究所
道路部交通安全研究室

Copyright © (1999) 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。

高機能道路照明に関する検討

道路部 交通安全研究室

要 旨

一般に、道路を安全に走行するには、道路上の障害物、停止・走行している車輛、歩行者、道路及びその境界等を確認することが可能になるような道路環境を確保することが必要である。特に、ドライバーの前方視野の視認性を確保することは、道路照明に求められる大きな機能として挙げられ、路面輝度の確保、均斉度の確保、グレアの低減、視線誘導効果の4項目は道路照明を設置する上で重要な課題である。道路を安全かつ快適に走行するための道路環境を確保するには、上記の4項目を考慮しながら、既存の技術・基準にとられない新たな技術開発を行う必要がある。

建設省では、平成5年度から道路技術の開発・導入・普及の一層の促進を図ることを目的とした「道路技術5箇年計画」を策定した。この中で、道路照明に関しても、夜間の事故防止、省エネルギーの観点から「高機能インテリジェント道路照明」がテーマとして取り上げられた。

本研究は、道路技術5箇年計画の一テーマである「高機能インテリジェント道路照明」についての研究成果を取りまとめたものである。

キーワード：道路照明、歩行者用照明、横断歩道照明、交差点照明

はじめに

一般に道路を安全に走行するには、道路上の障害物、停止・走行している車輛、歩行者、道路及びその境界等を確認することが可能になるような道路環境を確保することが重要である。

特にドライバーの前方視野の視認性を確保することは、道路照明に求められる大きな機能として挙げられ、以下の4つの項目は、道路照明の設置を検討する上で重要な課題である。

- (1) 路面輝度の確保
- (2) 均斉度の確保
- (3) グレアの低減
- (4) 視線誘導効果

道路を安全かつ快適に走行するための道路環境を確保するには、上記の4つを考慮に入れながら、既存の技術・基準にとらわれない新たな技術開発を行う必要がある。

建設省では、平成5年度から道路技術の開発・導入・普及の一層の促進を図ることを目的とした「道路技術5箇年計画」を策定している。この中には、ゆとり、美しさ、人に優しい道路空間を形成する技術として約70にわたる道路に関するテーマが含まれており、道路照明に関しても、夜間事故の防止、省エネルギーの観点から「高機能インテリジェント道路照明」がテーマとして取り上げられた。

本報告書は、道路技術5箇年計画のテーマである「高機能インテリジェント道路照明」の研究成果である。研究体制は建設省関東地方建設局東京国道工事事務所、建設省北陸地方建設局、建設省土木研究所及び(社)建設電気技術協会を中心とし、同協会内に学識経験者及び専門技術者からなる「高機能道路照明に関する委員会(委員長、成定康平 中京大学教授)」を設置し、平成6年度より調査研究を行ってきた。

委員会構成員及びワーキングメンバーを表-1に示す。

本報告書は、研究の総括ととりまとめを行った土木研究所において再整理したものである。

委員名簿

表－１

() は前任者

高機能道路照明に関する委員会			
委員長	成定 康平	中京大学教授	
委員	藤田 一郎	同志社大学助教授	
	麻生 勤	日本自動車研究所第二研究部主任研究員	
	荒井 弘志	照明学会専門会員	
	坂本 正悦	照明学会専門会員	
	山本 公夫	(財) 電力中央研究所経済社会システムグループ主幹	
	森重 卓雄	建設省建設経済局電気通信室建設専門官	(高橋善太郎)
	石井 一生	建設省道路局企画課長補佐	(木谷 信之)
	増田 博行	建設省道路局有料道路課長補佐	(吉崎 収)
	濱田 俊一	建設省土木研究所道路部交通安全研究室長	(瀬尾 卓也)
	富岡 正弘	関東地方建設局道路部道路計画課第二課長	(横山 嘉大)
	高山 一郎	関東地方建設局河川部電気通信課長	(松井 等)
	出戸端久登志	北陸地方建設局道路部道路管理課長	(室 稔)
	平城 正隆	北陸地方建設局河川部電気通信課長	(高山 一郎)
	小谷 充宏	日本道路公団交通技術課長代理	(大石 嗣雄)
	善田 健一	日本道路公団施設企画課長代理	(小久保幸年)
	古賀 清隆	首都高速道路公団保全施設部電気通信課長補佐	(宮川 勝海)
事務局	一宮 邦夫	社団法人建設電気技術協会専務理事	(浅見 真一)
	内田 和夫	社団法人建設電気技術協会	(堀 重信)
	大橋 利彦	〃	
	松本 泰幸	〃	
	吉田 博	〃	
高機能道路照明に関するワーキンググループ			
座 長	濱田 俊一	建設省土木研究所道路部交通安全研究室長	(瀬尾 卓也)
	西川 昌宏	建設省道路局企画課構造基準第一係長	(福田 昌宏)
			(中野 稔治)
	石倉 丈士	建設省土木研究所道路部交通安全研究室	
	竹之内光彦	建設省土木研究所道路部交通安全研究室	
	増田 公彬	関東地方建設局東京国道工事事務所電気通信課長	(高山 一郎)
	伊賀 俊夫	関東地方建設局大宮国道工事事務所電気通信課長	
	上田 邦夫	関東地方建設局宇都宮工事事務所工務課長	(溝井 貞夫)
	吉川 藤雄	日本道路公団交通技術部交通技術課	(畔田 雅治)
	相馬 隆治	日本道路公団施設部施設建設課	
	田口 裕数	首都高速道路公団保全施設部電気通信課	(相川 耕治)
事務局	清水 満	社団法人建設電気技術協会	(池田 浩巳)
	内田 和夫	〃	
	大橋 利彦	〃	
	嶋谷 雅俊	〃	
	松本 泰幸	〃	
	吉田 博	〃	

歩行者用道路照明に関するワーキンググループ

座 長 事務局	藤田 一郎	同志社大学助教授	
	有馬 幸治	東京都第三建事務所補修課施設維持係主任	
	坂本 正悦	照明学会専門会員	
	山本 公夫	(財)電力中央研究所経済社会システムグループ主幹	
	濱田 俊一	建設省土木研究所道路部交通安全研究室長	(瀬尾 卓也)
	石倉 丈士	建設省土木研究所道路部交通安全研究室	
	竹之内光彦	建設省土木研究所道路部交通安全研究室	
	平城 正隆	北陸地方建設局河川部電気通信課長	(高山 一郎)
	清水 満	社団法人建設電気技術協会	(内田 和夫)
	江湖 俊介	//	
	白尾 和久	//	
	松本 泰幸	//	
	吉田 博	//	

道路照明システムに関するワーキンググループ

座 長 事務局	石倉 丈士	建設省土木研究所道路部交通安全研究室	
	黒澤 紀雄	関東地方建設局東京国道工事事務所交通対策課	
	増田 公彬	関東地方建設局東京国道工事事務所電気通信課	
	伊賀 俊夫	関東地方建設局大宮国道工事事務所電気通信課	
	嵯峨根義行	関東地方建設局横浜国道工事事務所電気通信課長	
	水野 秀幸	東京国道工事事務所電気通信課電気通信係長	
	清水 満	社団法人建設電気技術協会	
	内田 和夫	//	
	大橋 利彦	//	
	大橋 秀治	//	
	若林 義道	//	

注) 役職名は、本研究の最終年度である平成9年度の役職を記載した。

目 次

はじめに

委員名簿

第1章 総論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の流れ	1
第2章 道路特性を考慮した照明特性	3
2.1 まえがき	3
2.2 各国の基準・規格の比較	3
2.2.1 道路分類	4
2.2.2 基準で取り上げている要因	4
2.2.3 要因により設定される照明の数値	6
2.3 照明特性に関する調査	7
2.3.1 平均路面輝度	7
2.3.2 総合均斉度	7
2.3.3 車線軸均斉度	8
2.4 照明と道路特性	8
2.5 路面輝度の区分け	10
2.6 道路分類と照明特性の提案	10
2.6.1 道路分類	10
2.6.2 照明特性	11
2.6.3 要因と適用方法	12
2.6.4 道路分類と要因の組み合わせ例	13
2.7 比較検討	14
2.8 まとめ	15
第3章 高位置設置の道路照明	17
3.1 まえがき	17
3.2 高位置設置の道路照明に関する検討	17
3.2.1 道路照明を高位置に設置する効果	17

3.2.2 試作照明器具による実験	18
3.2.3 コンピュータグラフィックス (CG) による実験	27
3.2.4 スライド画面と実フィールドにおける実験	30
3.2.5 各実験のまとめ	35
3.2.6 高位置設置の道路照明の利点	39
3.3 道路構造と照明器具設置位置に関する検討	39
3.3.1 照明器具の設置位置	39
3.3.2 海外規格の調査	41
3.3.3 路面輝度分布の比較検討	42
3.3.4 誘導効果の検討	46
3.4 高位置設置の道路照明の経済性に関する検討	48
3.4.1 ポール高さによる設備費・維持の検討	48
3.4.2 高位置設置の道路照明が保有すべき経済性	49
3.5 高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性に関する検討	51
3.5.1 経済性を考慮した照明特性と光学特性	51
3.6 一般国道への応用に関する検討	51
3.6.1 一般国道の概要	52
3.6.2 一般国道への適用検討	55
3.7 高位置設置の道路照明の実用化試験	58
3.7.1 実用化試験の概要	58
3.7.2 試験用機材の性能とその構造	60
3.7.3 照明器具の性能試験結果	64
3.8 まとめ	66
第4章 低位置設置の道路照明	69
4.1 まえがき	69
4.2 低位置設置の照明の分類	69
4.2.1 設置事例	69
4.2.2 分類	69
4.2.3 配光と設置場所および設置高さの関係	70
4.3 実態調査	71
4.3.1 調査方法	71
4.3.2 関西国際空港連絡橋 (高欄照明)	72
4.3.3 名古屋高速道路 (パイプ照明)	73
4.3.4 考察	75

4.4 まとめ	76
第5章 高視認性舗装と路面の反射特性測定方法	79
5.1 まえがき	79
5.2 高反射率舗装の調査検討	79
5.2.1 高反射率舗装の種類と特徴	79
5.2.2 高反射率舗装の問題点	80
5.3 路面の反射特性測定方法の調査検討	80
5.3.1 路面の輝度と路面の反射特性	80
5.3.2 路面の輝度係数の測定例	82
5.3.3 路面の反射特性係数の測定	84
5.4 まとめ	85
5.4.1 高視認性舗装	85
5.4.2 路面の反射特性測定方法	85
第6章 歩行者用照明	87
6.1 まえがき	87
6.2 歩行者用照明に関する検討	87
6.2.1 歩行者用照明の実態調査	88
6.2.2 歩行者空間の豊かさ	88
6.2.3 歩行者空間の安心感	89
6.2.4 実空間での印象評価	91
6.2.5 現行基準（指針）の調査	94
6.2.6 安心感と光学測定値の関係	96
6.3 横断歩道照明に関する検討	97
6.3.1 横断歩道照明に関する既存技術の調査	98
6.3.2 横断歩道照明の実態	101
6.3.3 運転者から見た望ましい見え方の実験	103
6.3.4 望ましい横断歩道照明の検討	106
6.4 交差点照明に関する検討	107
6.4.1 基準等の調査	107
6.4.2 交差点と事故	108
6.4.3 交差点の実態調査	111
6.4.4 交差点照明の設置方法	114
6.5 まとめ	117

第7章 総括 121

参考文献 123

第1章 総論

1.1 研究の背景

夜間、道路を安全に走行するには、道路上の障害物、停止・走行している車輛、歩行者、道路及びその境界等を確認することが可能となるような道路環境を確保することが重要である。特に夜間におけるドライバーの前方視野の視認性を確保する上で、道路照明の役割は大きい。

近年、社会経済活動の24時間化、夜間の交通量の増加、走行速度の上昇に伴って夜間の交通事故が大きな社会的問題となっており、夜間における走行環境の整備が従前にも増して重要となり、道路照明の仕様の再点検、新たな技術開発などが求められている。

1.2 研究の流れ

本研究を始めるにあたって、平成5年度に「高機能インテリジェント道路照明」プロジェクトの基本となる研究の位置づけについて検討を行った。その結果「設置高さや間隔を考慮した道路照明の検討と開発」、「夜間の視認性を考慮した舗装路面」、「歩行者用照明の設置方法」を研究対象とした。次に平成6年度にはこれら研究対象を検討することの意義について、学識経験者、道路管理者、道路照明関連メーカー担当者等にアンケート調査を行い、これらの対象が研究に値することを確認した。以上から、高機能道路照明として表-1・1に示す3課題を、新たな道路照明として提案できる可能性があるので取り上げることとした。また、図-1・1に五箇年にわたる研究の流れ（研究フロー）を示す。

表-1・1 研究課題

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| (1) 設置高さや間隔を考慮した道路照明の検討と開発 | (設置高さを考慮した道路照明) |
| 第2章：道路特性を考慮した照明特性 | |
| 第3章：高位置設置の道路照明 | |
| 第4章：低位置設置の道路照明 | |
| (2) 夜間の視認性を考慮した舗装 | (発光体舗装) |
| 第5章：高視認性舗装と路面の反射特性測定方法 | |
| (3) 歩行者用照明の設置方法 | (歩行者用照明) |
| 第6章：歩行者用照明 | |

主要研究テーマ（ ）内は略称 章立ては本編に対応

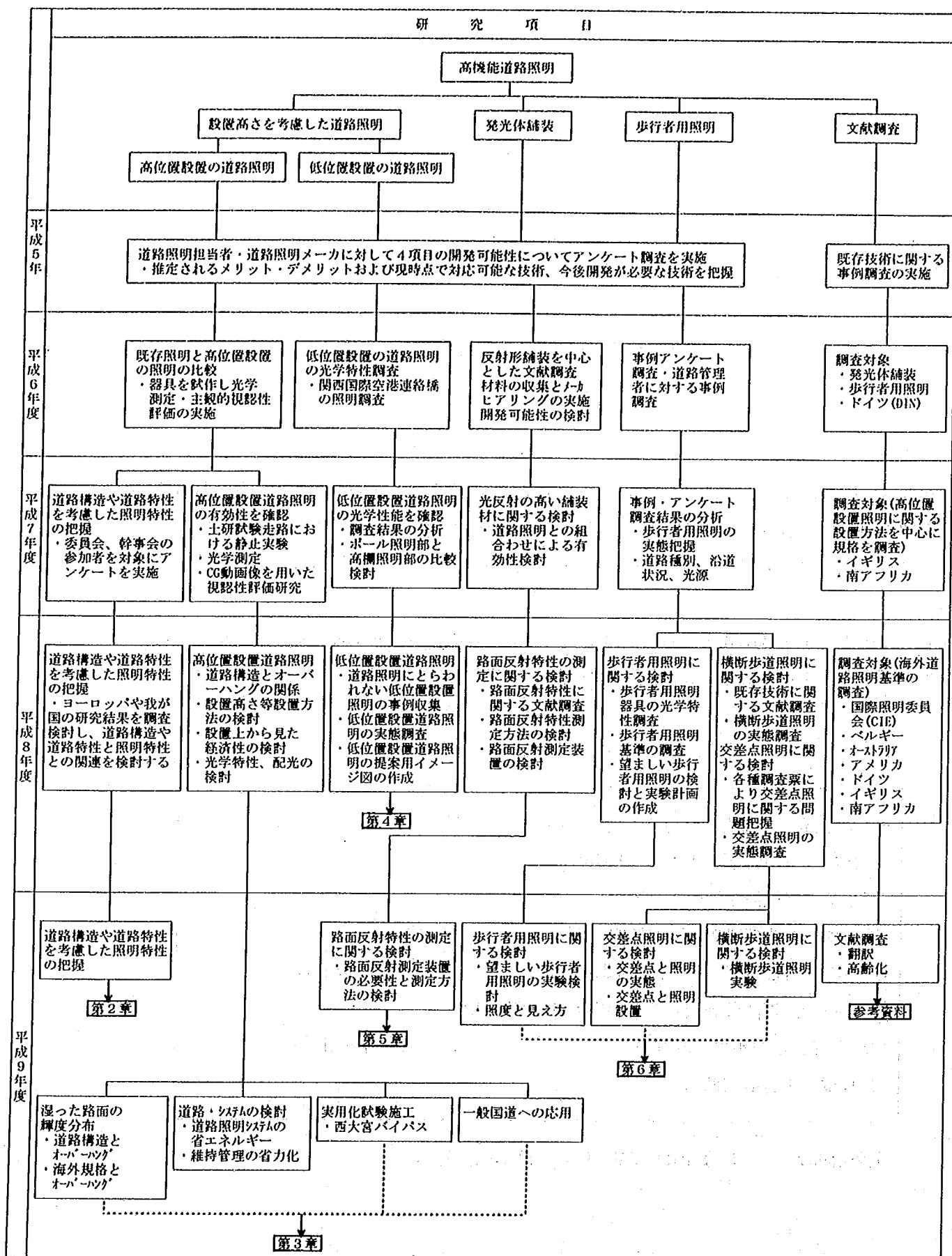


図-1・1 研究のフロー

第2章 道路特性を考慮した照明特性

2.1 まえがき

道路照明施設に要求される機能は、道路特性によって変わる。例えば、道路照明施設の規模に最も影響する路面の明るさについては、道路照明施設設置基準によれば、道路分類と外部条件によって標準の値が定められている。道路分類としては、高速自動車国道等、一般国道等の主要幹線道路、及び幹線・補助幹線道路の3種類に分類されている。

本章では、上記を踏まえ、各道路特性に応じた照明特性を明らかにすることを目標とし、各国の基準や文献等によって検討した。

本テーマを検討するに当たり、道路特性と照明特性の関係について事前に道路管理者および道路照明技術者に対し、経験的に見た道路照明に対する意見を聴取し、以下を把握した。

- ①「高速・自動車専用道」、「60km/h以上の一般道路」では、現状の輝度レベルよりも高くする必要性を感じていること
- ②「100～140km/hの高速・自動車専用道」、「60km/h以上の一般道路」では、現状よりも良好な路面輝度均斉度の必要性を感じ、「30～40km/h程度の一般道路」では、幹線道路に比べて路面輝度、均斉度の重要性が低いと感じていること
- ③車線数によって照明の程度が変わるものではないと感じていること

これらを踏まえ、道路特性と照明特性とを結びつける場合の考え方を整理した。なお、この検討は、基準の作成を目的としたものではなく、基準を作成する場合に検討すべき道筋や考え方について、一つの案を示したものである。

2.2 各国の基準・規格の比較

道路分類や照明特性に影響を及ぼしていると思われる要因調査及び数値化された照明特性の比較を行った海外基準は次のものである。

- | | |
|-------------|-------------------------------------|
| (1) 日本 | 道路照明施設設置基準及びJIS Z 9111-1988 道路照明基準 |
| (2) 国際照明委員会 | 国際勧告 CIE 115-1995 「自動車と歩行者のための道路照明」 |
| (3) ベルギー | NBNL 18-001-1980 「公道の照明の実施基準」 |
| (4) ドイツ | DIN 5044-1981 「自動車道路照明」 |
| (5) イギリス | BS 5489 「高速道路、交通路の照明に関する実施基準」 |

なお、上記以外、アメリカ (ASNI/IES RP-8-1983) およびオーストラリア (AS 1158.1-1983) の基準・規格についても一部で取り上げ比較した。

2.2.1 道路分類

表－2・1は、道路分類について道路照明施設設置基準と海外規格とを比較したものである。

今回、比較を行った国々の道路分類と道路照明施設設置基準とを比較すると、道路構造にまで踏み込んで分類している箇所など、一部に相違している点もあるが、多くは一致している。

表－2・1 各国基準に使用された道路分類の比較

	各 国 の 照 明 基 準					
	設置基準	J I S	C I E	ドイツ	ベルギー	イギリス
道 路 分 類	高速自動車国道等 都市間高速道路 都市高速道路 一般自動車道路	高 速 道 路 自動車専用道路	高 速 道 路 (motorways) 自動車専用道路 (express roads)	アウトバーン (autobahnen)	郊外の高速道路 及び接続道路 (autoroute et acces de rase campagne) 郊外の都市間道路 (route interurbaine de rase campagne)	高 速 道 路 (motorways) 自動車専用道路 (express roads)
	一般国道等 主要幹線道路	重要な都市部 ・地方部の 一般道路	往復分離道路で 高速の道路 (high speed roads, dual carriageways roads)	自動車道 (kraftfahr - straßen)	都市幹線道路と街 路 (route de penetra tion d'une agglomera tion importante) 都市環状道路 (contournecept ou boulevard circulaire)	往復分離道路で 高速の道路 (high speed roads, dual carriageways roads)
	一般国道等 幹線道路	市街地・商店内 の道路 官庁街 に通じる道路	重要都市幹線道路 (important urban traffic routes) 放射道路 (radial roads) 地方連絡道路 (local distributor roads)	一般道 (straßen)	都市内補助街路 (rue seconda de agglomeration)	重要都市幹線道路 (important urban traffic routes) 放射道路 (radial roads) 地方連絡道路 (local distributor roads)
	一般国道等 補助幹線道路	住宅地域と市街地 ・商店街・官庁街 を結ぶ道路	重要性の低い幹線道路 (connecting less impor tant roads) 地方連絡道路 (district distributor roads) 住宅地の主要アクセス道路 (residential major access roads)	地方道 (ortsstraßen)	郊外の補助道路 (route secondaire de rase campagne)	重要性の低い幹線 道路 (connecting less important roads) 地方連絡道路 (district distributor roads) 住宅地の主要アクセス 道路 (residential major access roads)

2.2.2 基準で取り上げている要因

照明特性に関係する要因を大別し、基準・規格との関連を示したものが表－2・2である。

表－2・2によると、照明特性（特に路面輝度）に係わる要因には「設計速度」、「交通量」、「道路形態」、「交通の管理」、「周辺環境」がある。「設計速度」は、全ての国で共通な要因とされ、「交通

量」、「道路形態」、「周辺環境」は国によって特長ある内容に細分化されている。

表－２・２ 各国の基準と要因の関係

基準／要因	設計速度	交通量	道路形態	交通の管理	周辺環境
設置基準	○	○	○	—	○
J I S	○	○	○	—	○
C I E	○	○	○	○	—
ドイツ	○	○	○	—	○
ベルギー	○	○	—	—	○
イギリス	○	—	○	—	○

表－２・３は、その詳細を示したもので、それによると「道路形態」では「レイアウト」、「駐車帯」を、「周辺環境」では「沿道の建物の存在」を取り上げている国がある。

表－２・３ 詳細要因と基準との関係

基準／要因	交通量	道路形態	周辺環境
設置基準	日交通量	分離帯・流出入制限 利用者の分離	沿道の光環境
J I S	夜間交通量	分離帯・流出入制限 利用者の分離	沿道の光環境
C I E	時間不明 多中小	分離帯・流出入制限 利用者分離・レイアウト	規定なし
ドイツ	夜間/1時間/双方向	分離帯・流出入制限 利用者分離・駐車帯	沿道の建物の存在
ベルギー	1時間/双方向 歩行者交通量	規定なし	沿道の建物の存在
イギリス	規定なし	分離帯・流出入制限 利用者分離	沿道の建物の存在

(1) 駐車帯の存在

ドイツでは照明特性を変化させる要因に「駐車帯の存在」を取り上げ、一般国道および地方道で駐車帯の有無により路面輝度を変化させている。道路端に停車または駐車している車輛の存在による事故発生の可能性を考えたもので、歩行者の安全性の確保と駐停車車輛への追突事故の防止のために取り上げたものと考えられる。

(2) 道路レイアウト

国際照明委員会の道路照明に関する国際勧告では、高速道路でこの要因を取り上げている。高速道路は、流出入が完全に制御され、道路に出入りする箇所では複雑な分合流が行われる。このような場所では、車線数や道路構造の変化などのため視環境も複雑になり、走行の危険度も一般部より高くなる。そのため、前方道路の線形の変化、分合流の状況等が良く視認できるようにする必要があり、道路レイアウトを加えたものと言うことができる。

(3) 沿道の建物の存在

ドイツ、ベルギーおよびイギリスでは、沿道の建物の存在を取り上げている。これを要因として取り上

げている理由は、

①建物が存在することにより、道路環境が明るくなる

②建物が存在することは歩行者が多く、危険が発生しやすい

などの考え方があるように思われる。

「交通の管理」は、国際照明委員会の勧告で取り上げられており、交通信号機、道路標識、レーンマーク、道路情報提供装置や車両監視装置等の交通管理施設の充実度を評価したもので、これらの充実により交通流の整理や制御を行い、道路交通の円滑化と安全性の向上を図り、照明レベルの低減につなげようとしたものと考えられる。設計速度の向上や交通量の増加等を考慮した場合には、経済性からは無視できない要因である。

2.2.3 要因により設定される照明の数値

2.2.2項の要因により、路面輝度、均斉度（総合、及び車線軸）の値は、表-2・4のように設定される。

表-2・4 照明特性値の変化

国名	平均路面輝度			総合均斉度		車線軸均斉度	
	路面輝度(cd/m ²)	段階数	備考	値	段階数	値	段階数
J I S	2.0、1.0、0.5	3段階	係数2.0 等比	0.4	1段階	0.7、0.5	2段階
設置基準	2.0、1.0、0.7、0.5	4段階		—	—	—	—
イギリス	2.0、1.5、1.0、0.5	4段階	0.5おき 等差	0.4	1段階	0.7、0.5	2段階
アメリカ	2.0、1.0、0.9、0.8 0.6、0.4	6段階		0.33、0.29 0.25	3段階	—	—
オーストラリア	2.0、1.0	2段階	1.0おき 等比	0.33	1段階	0.5	1段階
ドイツ	2.0、1.5、1.0、0.5 0.3	5段階		0.4、0.3	2段階	0.7、0.6 0.5、0.4	4段階
ベルギー	4.0、2.5、2.0、1.5 0.6	5段階		0.4、0.3	2段階	0.7、0.6 0.5	3段階
C I E	2.0、1.5、1.0、0.75 0.5	5段階	係数1.5 ほぼ等比	0.4	1段階	0.7、0.5	2段階

平均路面輝度は、0.3～4.0cd/m²の間の値が使用され、この間を2～6段階に分けて道路分類に割り付けている。

総合均斉度は、1ないし2段階に分けている国が多く、例外的にアメリカでは0.25、0.29、0.33の3段階としている。

車線軸均斉度は、0.7～0.4の間を2～4段階に分けて設定している。

2.3 照明特性に関する調査

従来の研究結果を紹介し、道路分類との関係を検討する。

2.3.1 平均路面輝度

ヨーロッパにおける平均路面輝度の検討は以下のとおり行われている。

①実際の道路照明施設における障害物の輝度と背景路面との輝度対比の調査、およびその結果と運転者の輝度差弁別閾との関係把握 (C. Dunbar 1938 及び De Boer 1958)

②路面輝度と視認距離との関係を求める見え方実験 (De Boer 他 1959)

③道路での路面輝度と車幅灯および前照灯の点灯状況調査 (De Boer 1958)

これらの結果を総合的に判断して、平均路面輝度 2.0cd/m^2 を選定している。この輝度値は、CIEの国際勧告(1965)をはじめ、オランダ(1959)、アメリカ(1963)、ベルギー(1964)、フランス(1965)、ドイツ(1968)などの道路照明規格、勧告に採用され、今日における国際的な標準値となった。

我が国でも、同様の検討が行われている。

①については、1967年に成定が実験し、Dunbar 及び De Boer の実験結果とよく一致した結果となった。

②については、1995年に土木研究所が実験し、「見える」の評価を得るためには、平均路面輝度は約 2.0cd/m^2 必要なこと、また「かろうじて見える」の評価を得るためには視測距離が長い程高い路面輝度が必要となり、視測距離 160m (設計速度 100km/h の視距)の場合には平均路面輝度 0.5cd/m^2 以上、視測距離 210m (設計速度 120km/h の視距)の場合には平均路面輝度 1.0cd/m^2 以上が必要であることなどを報告している。

③については、1991年に野口、成定らが調査し、CIE勧告の基礎となっている調査結果の約2倍の路面輝度が必要であるが、我が国の道路交通法等の実状を勘案すると中央分離帯に十分な遮光帯の設けられている高規格の道路に対して約 1.5cd/m^2 、また高速道路に対しては約 2.5cd/m^2 の平均路面輝度を道路分類ごとに推奨している。

これらの結果から平均路面輝度は、道路の設計速度及び運転者の明るさに対する認識をもとに選択されている。

2.3.2 総合均斉度

総合均斉度は、障害物の視認性(見え方)と関係が深い。一般に、輝度均斉度が低い場合には、障害物の視認の難易は障害物の寸法、障害物の背景輝度が低い部分の面積および輝度の値により影響を受ける。これに関する研究は1941年から行われ、視認すべき種々の輝度対比の値に対して、平均路面輝度の対数値と総合均斉度の対数値との間にはほぼ直線関係が成立し、近似的に式(2・1)の関係式が成り立つことが明らかにされた。

$$L_r = K / U_o^2 \quad \dots \dots \dots \text{式}(2 \cdot 1)$$

但し、 L_r : 平均路面輝度 (cd/m^2)

U_o : 総合均斉度

K : $U_o = 1$ の場合に必要平均路面輝度 (cd/m^2)

障害物を視認するためには、

①総合均斉度を高くして、平均路面輝度を低い値とする方法

②総合均斉度を低くして、平均路面輝度を高い値にする方法

の2種類が考えられる。道路照明施設設置基準では、電力費と設備費とのバランスを考えると、総合均斉度 $U_0=0.4$ とすることが適切であるとされ、国際照明委員会の国際勧告でもこの値を推奨している。

2.3.3 車線軸均斉度

車線軸均斉度についてCGを利用したシミュレーション実験や実フィールドでの快適性評価実験を静止時に行った(第3章参照)。この結果によると、灯具の設置間隔と高さとの比が大きい程、車線軸均斉度が低くても同じ快適性評価が得られること、また快適性評価は平均路面輝度と関係し平均路面輝度が高い場合には車線軸均斉度が低くても高い快適性評価を得ることができることがわかった。(図-2・1参照)

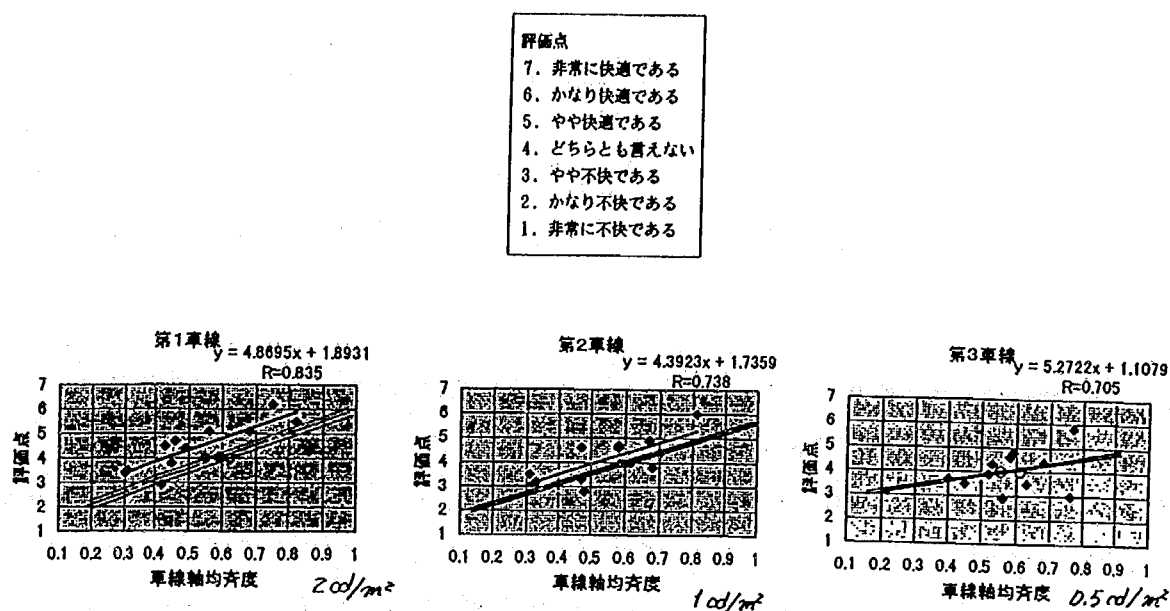


図-2・1 車線軸均斉度と快適性評価(静止実験)

2.4 照明と道路特性

道路照明の照明特性に寄与する道路特性としては、2.2でも述べたように、

①設計速度

②交通量(日交通量、夜間交通量、夜間/1時間/車線、1時間/双方向、歩行者交通量)

③道路形態(分離帯の有無、流出入制限の有無、利用者分離状況、駐車帯の有無、レイアウトの複雑性)

④周辺環境(沿道の光環境、沿道建物の存在)

⑤交通の管理

等がある。

①設計速度は、速度に対応した視距と障害物の視認性と関連し、基本となる路面輝度を決定する要因である。

その他の要因は、交通安全やその効果を考慮し、基本となる路面輝度をさらに増加させるために使用されている。以下、これらの要因とその考え方を整理した。

- ②交通量には、日交通量、夜間交通量、車線当りの夜間の時間交通量など取扱対象が色々とある。しかし、照明施設を設置する目的が夜間の交通安全の維持にあることから言えば、夜間の交通量または車線当りの夜間の時間交通量を採用することが望ましく、交通量の多い道路ほど平均路面輝度は高くなる。
- ③道路形態としては、分離帯の有無、流出入制限の有無、利用者と車または車同士の分離状況、駐車帯の有無、レイアウトの複雑性が取り上げられる。これらは、交通流の円滑性維持を基本とし、交通流を妨げる状況が発生しやすいほど交通の安全性をそこなう可能性が高くなるため、より高い路面輝度を必要とすることを考慮するようになっている。
- ④周辺環境には、沿道の光環境と沿道の建物の存在とが含まれている。前者は運転者の目の順応輝度を考え、順応輝度が高くなる環境では路面輝度を高くする必要があることを意味し、後者は光環境と同時に歩行者の存在の可能性や交通流を乱す可能性のある道路への車の進入を考慮しているように思われる。したがって、本項目は、運転者に生理的影響を与える光環境と、交通流を乱す原因となる事項に分けて取り扱うことが望ましく、影響を考える場合には高い値とする必要がある。
- ⑤交通の管理は、交通の流れを整理、制御し、交通流を円滑にすることで安全性の向上を図り、路面輝度の低減を意図したものである。この要因は、設計速度が非常に高くなった場合、特に重要になる事項と思われる。すなわち、照明特性を視距を基本として設定した場合、設計速度が高くなると路面輝度が非常に高い値となることが予想される。一方、運転者の注視範囲は、従来から前方60mから160mの範囲と言われてきた。視距がこの範囲に収まっていた80km/h程度まではあまり問題にならなかったが、これを超える視距となる設計速度では課題が残る。このような時でも、交通信号機や道路標識等により前方の道路状況を知ることによって運転に余裕を持つことが可能となり、交通の円滑化や安全につながるため、特に視距が160mを超える可能性の高い高速道路において考慮すべき項目である。

これら要因の取扱方法としては、次の2つの方法が考えられる。一つは、分類された道路に対して全ての要因を等しく適用する方法である。もう一つは、分類された道路に対して適用する要因を選択する方法である。しかし、全ての要因を全ての道路分類に対して等しく適用することには疑問がある。例えば、自動車専用道路は、道路形態上、進入地点が制限され道路構造も異なる。よって、これらを考えた場合、適用する要因は、道路の管理状況（道路分類）により変化させた方が合理的であると思われる。

次に、基準とする路面輝度の設定に要因を利用する方法を考える。視認性や交通安全を妨げる方向に作用すると思われる要因では路面輝度を増加するようにし、反対にその要因が整備されると交通安全が確保される要因については路面輝度を減少させるようにできればよい。これらを考慮し、要因と加減点との関係を整理すると、表-2・5に示すようになる。

表-2・5 要因と重み付け加点

要因項目		重み付けの方法	重み付けの加点
交通流		夜間交通量により変動	多=+1、中=0、少=-1
道路形態（管理）		道路の利用方法による	車専用=-1、歩車道併設=+1
道路構造（歩車分離）		歩道と車道の関係	歩車区分=0、歩車混交=+1
光環境	対向車によるグレア	分離帯の遮光状況	遮光施設有り=0、同・無し=+1
	道路周辺の光状況	運転者の順応状況	明るい=+1、暗い=0
交通の管理		信号、標識等の充実度	充実=-1

2.5 路面輝度の区分け

道路照明の各基準から、照明特性、特に路面輝度に関する輝度区分をみると2～6段階となり、そのうち5段階に分かれているものが最も多い。平均路面輝度の分類を行う場合、その差が感覚的に感じられる値とすることが必要になる。視認（知覚）できる最小の差（明るさの弁別閾と呼ぶ）は、ウェーバー-フェヒナーの法則により式（2・2）で表される。

$$\Delta L / L = (\text{一定}) \quad \dots \dots \dots \text{式 (2・2)}$$

但し、 ΔL ：弁別閾にあたる刺激増加量

L：標準刺激量

$\Delta L / L$ の比は、一般的には2倍程度として知られているが、標準刺激値（L）が0～3cd/m²の範囲では、比は1.5～1.8の範囲にあるとされている。これは、1.5倍の輝度比がある場合、その差を見分けることができることを示している。海外規格等を参考にすると、輝度比が1.5倍程度となるように路面輝度を設定することが望ましい。すなわち、最低路面輝度を0.3cd/m²とすれば平均路面輝度の段階は次のようになる。

0.3、0.45、0.68、1.02、1.53、2.29、3.44

これを整理し直すと、0.3、0.5、0.7、1.0、1.5、2.0、3.0、4.0 となる。

2.6 道路分類と照明特性の提案

前項までの検討を踏まえ、我が国の道路分類に適用した場合を検討する。

2.6.1 道路分類

ここでは道路照明施設設置基準（昭和56年）に従うものとし、一般国道等の分類と道路法上の道路の種類との対応を、表-2・6に示す。

表－２・６ 道路分類と道路法上の道路との関係

道 路 分 類	一般国道	都道府県道		市町村道
		主要地方道	一般 都道府県道	幹線的な 市町村道
主 要 幹 線 道 路	◎	◎	○	
幹 線 道 路	○	◎	◎	○
補 助 幹 線 道 路		○	◎	◎

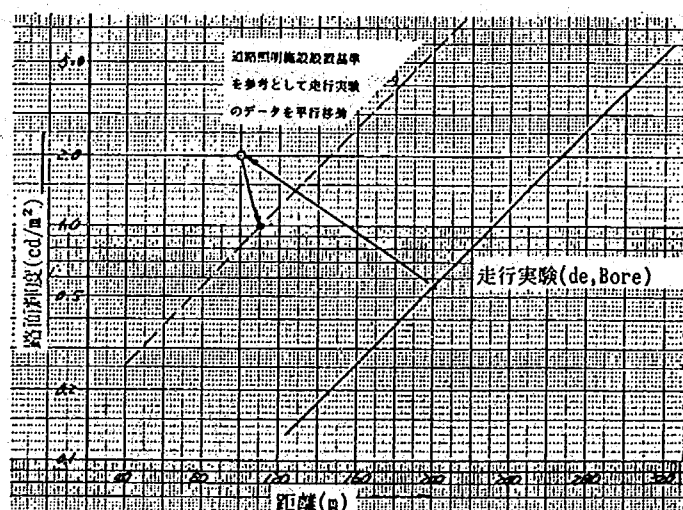
注意) ◎は主たる対応を示す。

2.6.2 照明特性

(1) 平均路面輝度

車の運転者にとって車の速度が速くなるにしたがって相対的な路面の流れが速くなる。そのため、運転者は流れの生ずるところを長い間注視することが生理的に困難となり、眼は自然に流れのないところを長い間注視することになる。このため、走行速度が高くなるほど、遠方を注視すると考えられる。また、走行速度が高くなると視力が低下するとされること、さらに明るい程遠方の物が見やすくなることも経験（過去の調査）から分かっている。このことから、速度が高い程、遠方の視覚情報を必要とし、速度に比例してより高い路面輝度が必要になると考えられる。

そこで、海外における実験データと現在の道路照明施設設置基準を組み合わせ、設計速度と平均路面輝度との関係を求め、これにより設計速度毎に関係を求める。図－２・２は、視距と平均路面輝度との関係を示したものである。



設計速度	40km/h、視距	40m	⇒平均路面輝度	0.3cd/m ²
	60km/h、視距	75m	⇒平均路面輝度	0.5cd/m ²
	80km/h、視距	110m	⇒平均路面輝度	1.0cd/m ²
	100km/h、視距	160m	⇒平均路面輝度	2.5cd/m ²

図－２・２ 視距と平均路面輝度

設計速度40km/hの平均路面輝度は0.3cd/m²となったが、平均路面輝度が0.5cd/m²を下回ると、路面が暗くなり過ぎ障害物が見えないときにそれが存在しないのか見えないのかを区別するための情報が得られなくなるとの報告もあることから、平均路面輝度の最低値は0.5cd/m²とする必要がある。

また、100km/hを超える設計速度については、図－2・2によると2.5cd/m²以上の値となるが、国内や海外の現状を考慮すると、基準輝度は1.0cd/m²および2.0cd/m²に変更することが望ましい。

(2) 均斉度

走行の安全性を考慮すると、総合均斉度は、 $U_0=0.4$ とする。また、走行時の快適性に関する車線軸均斉度は、走行距離、平均路面輝度を考慮して設定する必要がある。表－2・7に、平均路面輝度および均斉度との関係を示す。

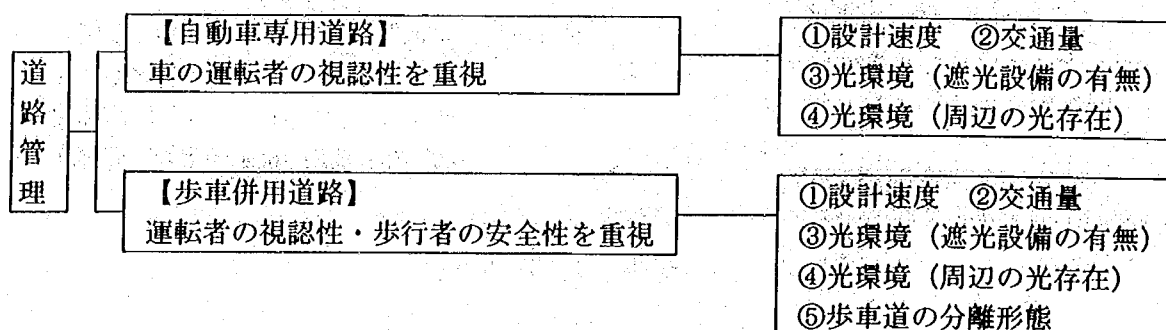
表－2・7 車線軸均斉度の選択基準

道 路 分 類		設計速度 (km/h)	基準路面輝 度 (cd/m ²)	走行距離	均 斉 度	
					総合 : U_0	車線軸 : U_1
高速自動車国道等		120	2.0	長い	0.4	0.7
		100	1.0			
		80以上	1.0			
一 般 国 道等	主要幹線道路	80	1.0	長い		0.6
		60	0.5	長い		0.5
	幹線道路	60	0.5	やや長い		0.5
	補助幹線道路	40～50	0.5	短い		0.4

2.6.3 要因と適用方法

平均路面輝度に影響を与える要因は、①設計速度、②交通量、③道路形態、④道路構造、⑤光環境、⑥交通の管理があるが、ここでは交通の管理を除く要因を適用し、図－2・3に示す要因構造が成り立つと仮定する。また、表－2・8は、設計速度を除く各要因毎に加点をまとめたものである。

道路分類毎に、表－2・8を当てはめ、加点を求め、加点1点毎に基準輝度から1段階高い輝度になるものとして路面輝度を求める。その例を示すと、加点が2点、基準輝度が1.0cd/m²の場合には、2段階高い輝度となるため、2.0cd/m²を選択することになる。



図－2・3 路面輝度に影響を与える要因の構造

表-2・8 要因の加減

道路管理 専用・非専用の区別	交通量	光環境 周辺の光	遮光施設	歩車道の分離状況
自動車専用 → -1				適用しない
歩車併用道路 → 0	多 → +1	無し → 0	無し → +1	歩道車道を遮断 (歩道+植樹帯等) → 0
	中 → 0	有り → +1	有り → 0	歩道車道の区別有り (マウントアップ歩道) → +1
	少 → -1			歩道車道の区別無し → +2

2.6.4 道路分類と要因の組み合わせ例

道路分類で高速自動車国道等に分類された道路と、一般国道等に分類された道路とを対象にして、要因と照明特性との関係を求めた結果を、表-2・9、表-2・10に示す。

表-2・9 高速自動車国道等での要因と照明特性例

道路分類	速 度 (km/h)	道路管理	交 通 量	光 環 境 周辺の光	遮 光	加 点	路面輝度 (cd/m ²)
都市間 高速道路	80～100 ⇒ 1.0 cd/m ²	自動車 専用 ⇒ - 1	多 + 1	暗い ⇒ 0	施設有り ⇒ 0	0	1.0
			中 0			- 1	0.7
			少 - 1			- 2	0.5
	120 ⇒ 2.0 cd/m ²		多 + 1			0	2.0
			中 0			- 1	1.5
			少 - 1			- 2	1.0
	80～100 ⇒ 1.0 cd/m ²		多 + 1	明るい ⇒ + 1	+ 1	1.5	
			中 0		0	1.0	
			少 - 1		- 1	0.7	
	120 ⇒ 2.0 cd/m ²		多 + 1		+ 1	3.0	
			中 0		0	2.0	
			少 - 1		- 1	1.5	
都市 高速道路 および その他の 一般 自動車 専用道路	60 ⇒ 0.5 cd/m ²	多 + 1	暗い ⇒ 0		0	0.5	
		中 0			- 1	0.5	
		少 - 1			- 2	0.5	
	80 ⇒ 1.0 cd/m ²	多 + 1			0	1.0	
		中 0			- 1	0.7	
		少 - 1			- 2	0.5	
	60 ⇒ 0.5 cd/m ²	多 + 1	明るい ⇒ + 1	+ 1	0.7		
		中 0		0	0.5		
		少 - 1		- 1	0.5		
	80 ⇒ 1.0 cd/m ²	多 + 1		+ 1	1.5		
		中 0		0	1.0		
		少 - 1		- 1	0.7		

表-2・10 一般国道等での要因と照明特性例

道路分類	速 度 (km/h)	道路管理	交 通 量	光 環 境 周辺の光	遮 光	歩車道 分 離	加 点	路面輝度 (cd/m ²)			
主要 幹線道路	60 ⇒ 0.5 cd/m ²	加 点 ⇒ 0	多 +1	明るい ⇒ +1	無し ⇒ +1	出られな い ⇒ 0	+3	1.5			
			中 0				+2	1.0			
			少 -1				+1	0.7			
			多 +1		有り ⇒ 0		+2	1.0			
			中 0				+1	0.7			
			少 -1				0	0.5			
	80 ⇒ 1.0 cd/m ²	加 点 ⇒ 0	多 +1	暗い ⇒ 0	無し ⇒ +1		+2	2.0			
			中 0				+1	1.5			
			少 -1				0	1.0			
			多 +1		有り ⇒ 0		+1	1.5			
			中 0				0	1.0			
			少 -1				-1	0.7			
幹線道路	50 ⇒ 0.3 cd/m ²	加 点 ⇒ 0	多 +1	明るい ⇒ +1	無し ⇒ +1		+3	1.0			
			中 0				+2	0.7			
			少 -1				+1	0.5			
	60 ⇒ 0.5 cd/m ²		多 +1	暗い ⇒ 0			+2	1.0			
			中 0				+1	0.7			
			少 -1				0	0.5			
	補助 幹線道路		40 ⇒ 0.3 cd/m ²	多 +1			明るい ⇒ +1			+3	1.0
				中 0						+2	0.7
				少 -1						+1	0.5
			50 ⇒ 0.3 cd/m ²	多 +1			暗い ⇒ 0			+2	0.7
				中 0						+1	0.5
				少 -1						0	0.5
幹線道路	60 ⇒ 0.5 cd/m ²		多 +1	明るい ⇒ +1	区別有り 出られる ⇒ +1	+4	2.0				
			中 0			+3	1.5				
			少 -1			+2	1.0				
	補助 幹線道路		40 ⇒ 0.3 cd/m ²	多 +1						+4	1.5
				中 0						+3	1.0
				少 -1						+2	0.7
50 ⇒ 0.3 cd/m ²	多 +1		暗い ⇒ 0	区別無し 出られる ⇒ +2	+4	1.5					
	中 0				+3	1.0					
	少 -1				+2	0.7					

2.7 比較検討

今回の検討では、路面輝度は設計速度に応じた視距だけ離れた場所にある障害物を視認できる背景輝度が必要であると仮定し、これを変化させる要因とその関係を検討した。さらにその結果を利用し、現在我が国で使用されている道路分類にしたがい路面輝度を求めた。その結果を表-2・9と表-2・10に示した。

今回の方法では、高速道路の場合、交通量および周辺の光環境によっては、結果的に路面輝度が視距に対応した輝度を下回る箇所も生じた。しかし、周辺の光環境が明るく、交通量が多いと判断される道路では、

現状より高い値となった。

また、一般国道等では、60km/h以上の道路で現状より高い路面輝度となった。これは、高速道路および60km/hを超える道路の路面輝度は現状より高い値が必要と感じるとした道路管理者や照明技術者の意見と一致している。

しかし、個々の値をドイツ、ベルギーの規格やCIEの勧告と比較した場合、値の一致しない例も生じた。その原因は、個々の要因に対する重要度の判断に差があることによると思われ、要因に対する重要度についてはさらに検討する必要がある。

2.8 まとめ

道路照明には、夜間の交通安全確保と共に円滑で快適な走行を支援することが求められている。本来、道路照明の目的を達成するためには、道路によって格差を付けることは好ましくない。しかしながら、道路の種類に対し、構造、交通上の特性から起こり得る危険性が異なるため、照明に要する費用と効果から一様に質の高い照明が実現できない場合も生ずる。本検討では、これらを考慮し設計速度に相当した視距に相当する距離にある障害物を視認できるようにするものとし、視距と必要な路面輝度の関係を仮定し、これに交通量、道路管理状況、道路構造、光環境等を路面輝度の変動要因として、道路分類と照明特性との関係を求めた。

今回の調査結果から、道路分類を考慮した照明特性を決定する方法について、次の事項を明らかにした。

- (1) 視距を基準に選定した路面輝度を要因により補正し路面輝度を求める方法は、妥当な方法である。
- (2) 照明特性を変動させる要因は、概ね適正であった。
- (3) 照明特性、特に路面輝度を区分するための値は、等比としてその比の値を1.5とすることは概ね妥当である。

しかし、基準を作成するためには、今後の課題として次の事項を検討する必要がある。

- (1) 視距と必要とする路面輝度値
- (2) 高い設計速度における障害物の見え方
- (3) 交通量と照明効果の検討

第3章 高位置設置の道路照明

3.1 まえがき

道路照明の持つ機能は、夜間において路面に適度な明るさ（路面輝度）とその均一性（輝度均斉度）をもたらすことにより、路面上の障害物や歩行者および道路形状等を認識させることである。現状の道路照明は、道路照明施設設置基準に従って整備されており、必要とされる機能を有している。しかし、更に効果的な道路照明により夜間の視認性や快適性を向上させ、かつエネルギー効率の高い高機能な道路照明の実現を目指した。

そこで、照明器具を現状よりさらに高位置に設置した場合の道路構造と照明器具設置位置の関係の検討、高位置設置にした場合の経済性とその光学特性の調査、高位置設置の概念を用いた一般国道への応用、および高位置設置の道路照明の実用化試験を行った。

3.2 高位置設置の道路照明に関する検討

3.2.1 道路照明を高位置に設置する効果

(1) 高機能道路照明の位置付け

道路照明器具（以下、照明器具という）を高位置に設置することによって、高位置設置の道路照明の期待できる特徴として以下の項目があげられる。

- a. グレアの低減
- b. 必要とされる車線軸均斉度の低減
- c. 経済性の向上

以上の特徴に対して高位置設置の道路照明の開発の流れを示すと、

- ①狙いの設定 … 高位置に設置する効果は何か？
- ②問題点の把握 … 高位置に設置することにより生じる問題点・課題は何か？
- ③現状の把握 … 通常の取付位置での特性値
現行の道路灯を高位置に取り付けた時の特性
- ④検討項目の設定 … C G等による走り易さの評価（光源の検討）
適正な均斉度の検討
経済性の検討（メンテナンス・照明効率）
- ⑤開発目標値の設定（取付角度、オーバーハングの検討）、設置間隔が広くできる等
- ⑥理想配光の検討
- ⑦理想配光の効果確認… 検討方法、計算等
- ⑧光学系の設計 … 設計、試作、評価方法、計算、確認実験

(2) 照明器具の検討（グレア低減の確認）

前節で述べた如く、高い位置に照明器具を設置する場合、

- a. グレアの低減
- b. 輝度均斉度の低減
- c. 視線誘導効果の改善等

の効果が期待される。一方、机上検討の結果から、現在使用されている道路照明器具KSN形は、KSC形より広い間隔で使用したときでも総合均斉度は良いが車線軸均斉度が低いことを把握した。そこで、今回は既存の照明器具による性能も維持しながら、高位置に設置した際の有効性も考慮した新たな照明器具を試作し、高位置に設置することによる効果を実際に把握することとした。

3.2.2 試作照明器具による実験

(1) 目的

照明器具を高位置に設置することによる効果として、輝度均斉度や輝度勾配の改善、グレアの低減、視線誘導効果の改善などが期待される。

そこで今回の実験は、輝度均斉度の改善を第一の目的として総合均斉度 $U_0=0.4$ を維持し車線軸均斉度を向上させるとともに、併せてグレアの低減を図ることを目標として試作した照明器具と、従来より使用している照明器具を用いた照明方式を比較し、今後の照明器具開発に資することを目的とした。

(2) 実験方法

a) 実験条件

実験は、建設省土木研究所試験走路内にある道路照明実験施設で行った。実験では、図-3・1に示すように対象車線数を2車線と3車線の2パターンとして照明器具を配置した。また、実験に使用した照明器具は、対象車線数が2車線の場合は既存の照明器具である建設省の標準タイプKSN-3（高圧ナトリウムランプ・NHT180L×1灯）を使用し、対象車線数が3車線の場合は試作照明器具（高圧ナトリウムランプ・NHT180L×2灯）の2種類（平形ガラスタイプと丸形グローブタイプ）を用いた。なお、表-3・1は、実験パターンを示す。

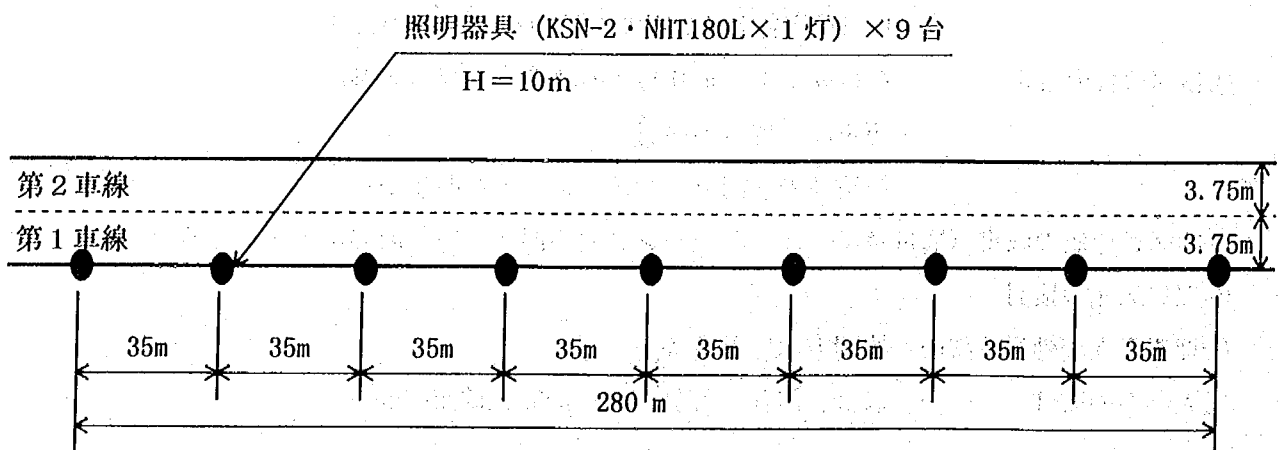
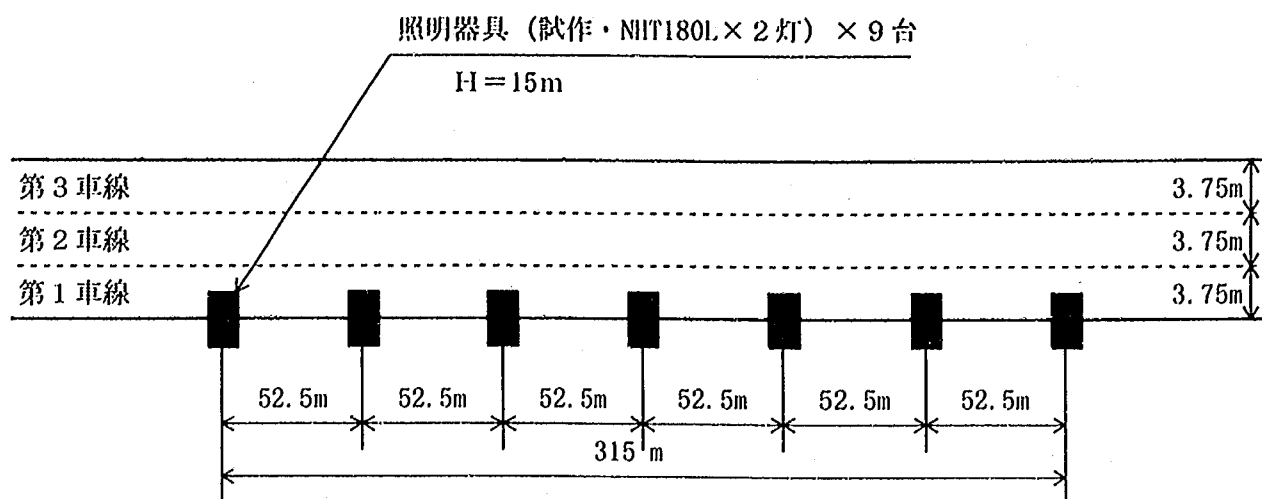


図-3・1(a) 2車線の照明器具配置図



図－3・1 (b) 3車線の照明器具配置図

表－3・1 実験パターン

照明方式	照明器具		設置高さ (m)	設置間隔 (m)	取付角度 (度)	オーバーハング (m)	車道幅員	使用ランプ
	名称	仕様						
I	KSN-2	現状標準タイプ	10	35	5	0	3.75m×2	NHT180L×1
II	試作平形	平形ガラスグローブ	15	52.5	5	0	3.75m×3	NHT180L×2
III	試作丸形	丸形ガラスグローブ	15	52.5	5	0	3.75m×3	NHT180L×2

b) 光学測定

1) 測定項目

- ①平均路面照度
- ②平均路面輝度
- ③部分路面輝度
- ④等価光幕輝度
- ⑤障害物とその背景輝度

2) 測定方法

①平均路面照度

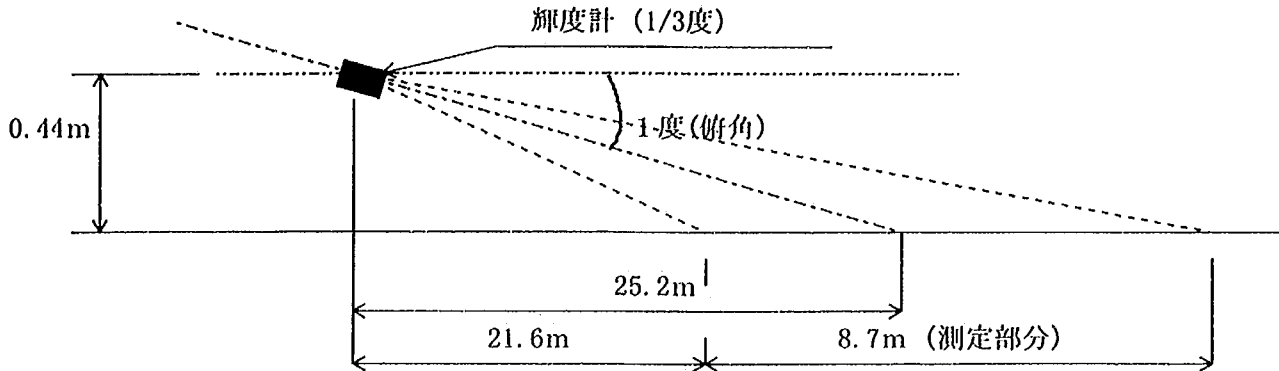
路面照度の測定は、障害物提示位置（⑤障害物とその背景輝度）付近の設置間隔2スパンを対象とし、道路縦断方向は設置間隔35mの場合5m間隔、また設置間隔52.5mの場合5.25m間隔とし、道路横断方向については車線端および車線中心線上の水平面照度を測定した。

図－3・2に、路面照度の測定点を示す。

③部分路面輝度

部分路面輝度は、携帯型スポット輝度計の視野角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。

図－3・4に、部分路面輝度の測定方法を示す。



図－3・4 部分路面輝度の測定方法

④等価光幕輝度

等価光幕輝度の測定は、等価光幕輝度計を高さ1.5m、俯角1度に設置して行った。今回の実験では、施設としての等価光幕輝度と見え方観測にともなう等価光幕輝度の2項目の測定を行った。

前者の測定では、照明器具7灯を点灯した状態で7灯目の直下に測定器を設置して測定することとした。

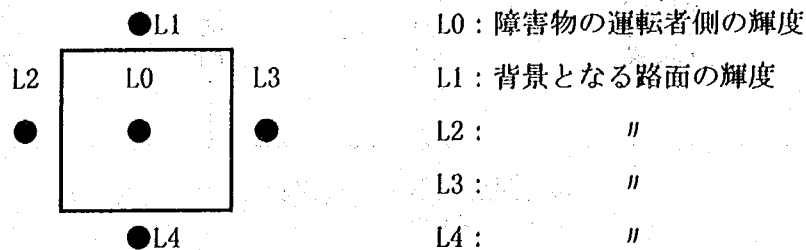
後者の見え方観測に伴う測定では、観測位置に停車した車両の中に等価光幕輝度計を設置し、観測者と同様な観測状態での等価光幕輝度を測定した。

なお、施設としての等価光幕輝度の測定は、施設が1km当たりとするなどより長い距離の施設を対象として行うことが望ましいが、ここでは実験施設の関係から7灯の灯数を対象として行った。このため、通常の道路を対象とした等価光幕輝度の値より小さい値となる。

⑤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、携帯型スポット輝度計の視野角1/3度を使用し俯角1度で、障害物の運転者側の輝度およびその背景（路面）輝度を測定した。

図－3・5に障害物と背景の測定位置を、図－3・6に障害物の配置位置をそれぞれ示す。また、図－3・7に、障害物提示位置の詳細を示す。



図－3・5 障害物と背景の測定位置

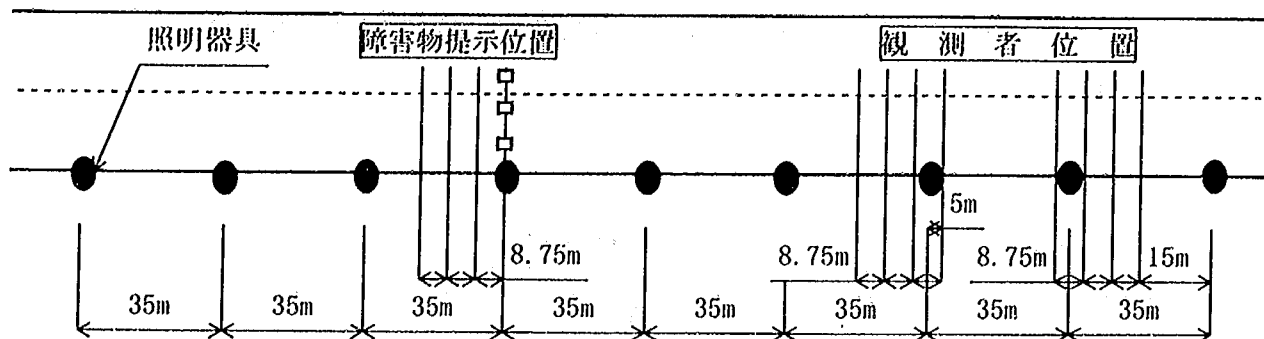


図-3・6(a) 障害物の提示位置および観測者位置 (2車線の場合)

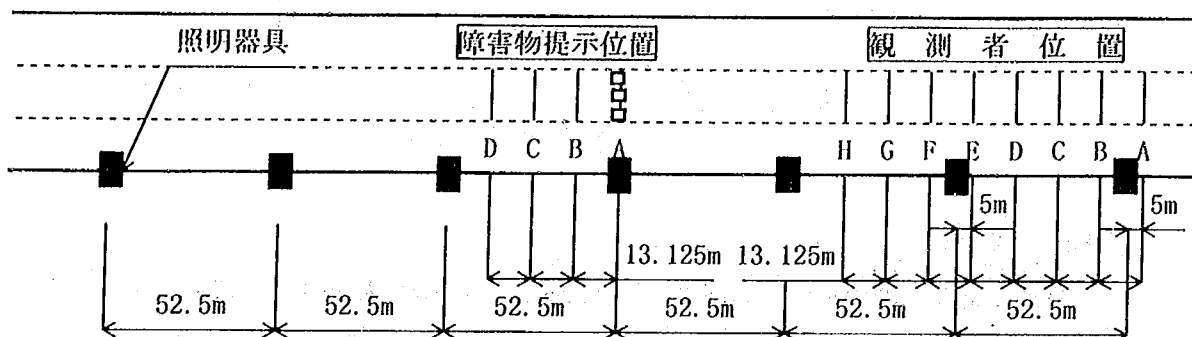


図-3・6(b) 障害物の提示位置および観測者位置 (3車線の場合)

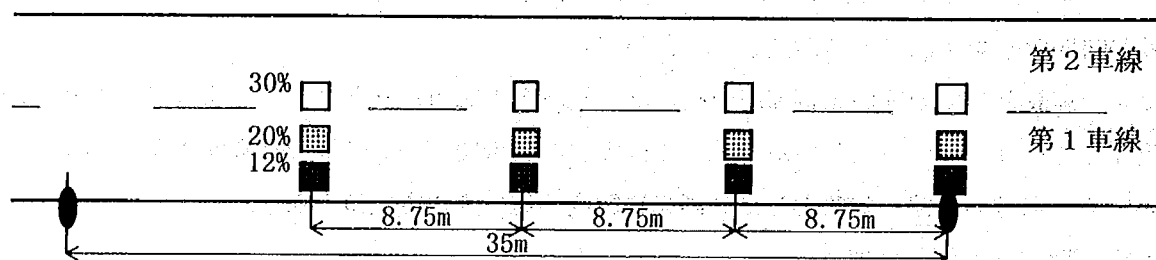


図-3・7(a) 障害物提示位置の詳細 (照明方式I)

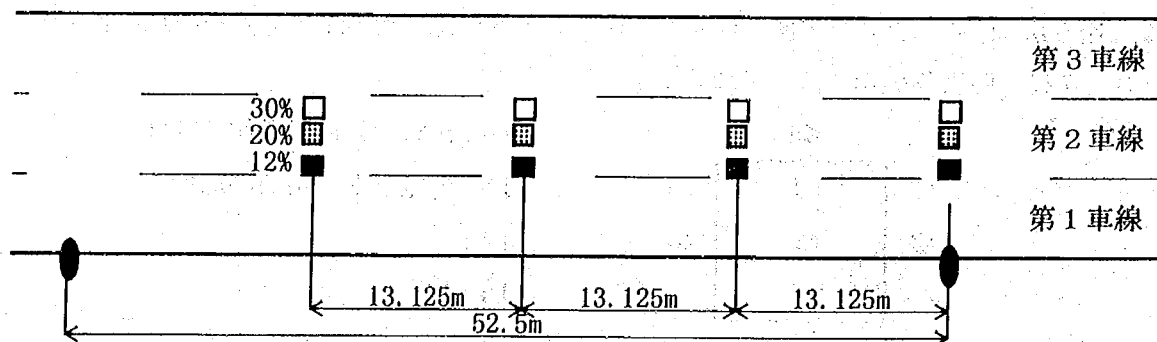


図-3・7(b) 障害物提示位置の詳細 (照明方式II)

c) 視認性評価

1) 評価項目

① 障害物の見え方

② 視環境

③ 灯具のまぶしさ

2) 評価方法

評価は、正常な視力を有する12名の被験者により、静止している乗用車の中から110m（走行速度80km/h時の視距）、および160m（走行速度100km/h時の視距）先の路上に配置された障害物（20cmの立方体）を3種類の照明方式毎に観測し、以下の項目についてアンケート調査を行った。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こととした。

① 障害物の見え方

障害物の見え方の評価は、各照明方式（Ⅰ～Ⅲ）において、それぞれ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）で縦断方向4箇所について行った。

表－3・2に、障害物を見た印象の評価尺度を示す。

表－3・2 障害物の見え方評価尺度

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

② 視環境

ドライバーが各照明方式（Ⅰ～Ⅲ）を時速80km/hと100km/hのそれぞれ2種類で走行したと仮定した場合に、「路面を見た時の明るさの程度」と「路面を見た時の明るさのムラの程度」の2項目について印象評価を行った。

表－3・3に、視環境に関する印象の評価尺度を示す。

表－3・3 視環境に関する評価尺度

評価点	明るさの印象	明るさのムラの印象
1	暗い	ムラがある
2	やや暗い	ややムラがある
3	ちょうど良い	どちらとも言えない
4	やや明るすぎる	あまりムラがない
5	明るすぎる	ムラがない

③まぶしさ

ドライバーが各照明方式（Ⅰ～Ⅲ）を時速80km/hと100km/hのそれぞれ2種類で走行したと仮定した場合に、「照明器具のまぶしさ（グレア）」について印象評価を行った。

表－3・4に、視環境に関する印象の評価尺度を示す。

表－3・4 障害物の見え方評価尺度

評 価 点	まぶしさ印象
1	耐えられない
2	じゃまになる
3	許容できる限界
4	十分制限されている
5	気にならない

(3) 実験結果

実験結果は、光学測定と評価項目についてまとめた。また、光学測定や評価項目から求められる分析内容は、総合均斉度、車線軸均斉度、T I 値（相対閾値増加）、輝度対比と見え方評価について行った。

a) 路面に対する光学測定結果

路面に対する各照明方式毎の光学測定結果を表－3・5に示す

表－3・5 路面に対する各照明方式毎の光学測定結果

照 明 方 式	平均照度 (lx)	平均輝度 (cd/m ²)	最小輝度 (cd/m ²)	総 合 均斉度	車 線 軸 均 斉 度		
					第1走行	第2走行	第3走行
Ⅰ (K S N)	27.0	1.53	0.59	0.39	0.64	0.72	—
Ⅱ (平 形)	19.7	0.94	0.40	0.43	0.69	0.71	0.69
Ⅲ (丸 形)	23.3	1.23	0.56	0.46	0.65	0.66	0.73

注意 1. 照明方式欄に記入してある()内の記号ないし文字は照明器具の区分を示す。

2. 照明方式Ⅰの各数値は、2車線を対象とした場合の値を示す。

3. 照明方式Ⅱ、Ⅲの数値は、3車線を対象とした場合の数値を示す。

4. 総合均斉度は、最小輝度／平均輝度で求めた。

5. 車線軸均斉度は、各車線の中心線上の最小輝度／最大輝度で求めた。

b) 等価光幕輝度

各照明方式の等価光幕輝度の測定結果を表－3・6に示す。この測定値は、実験施設の関係から照明器具7灯分の値を測定したものである。

表一 3・6 等価光幕輝度の測定結果

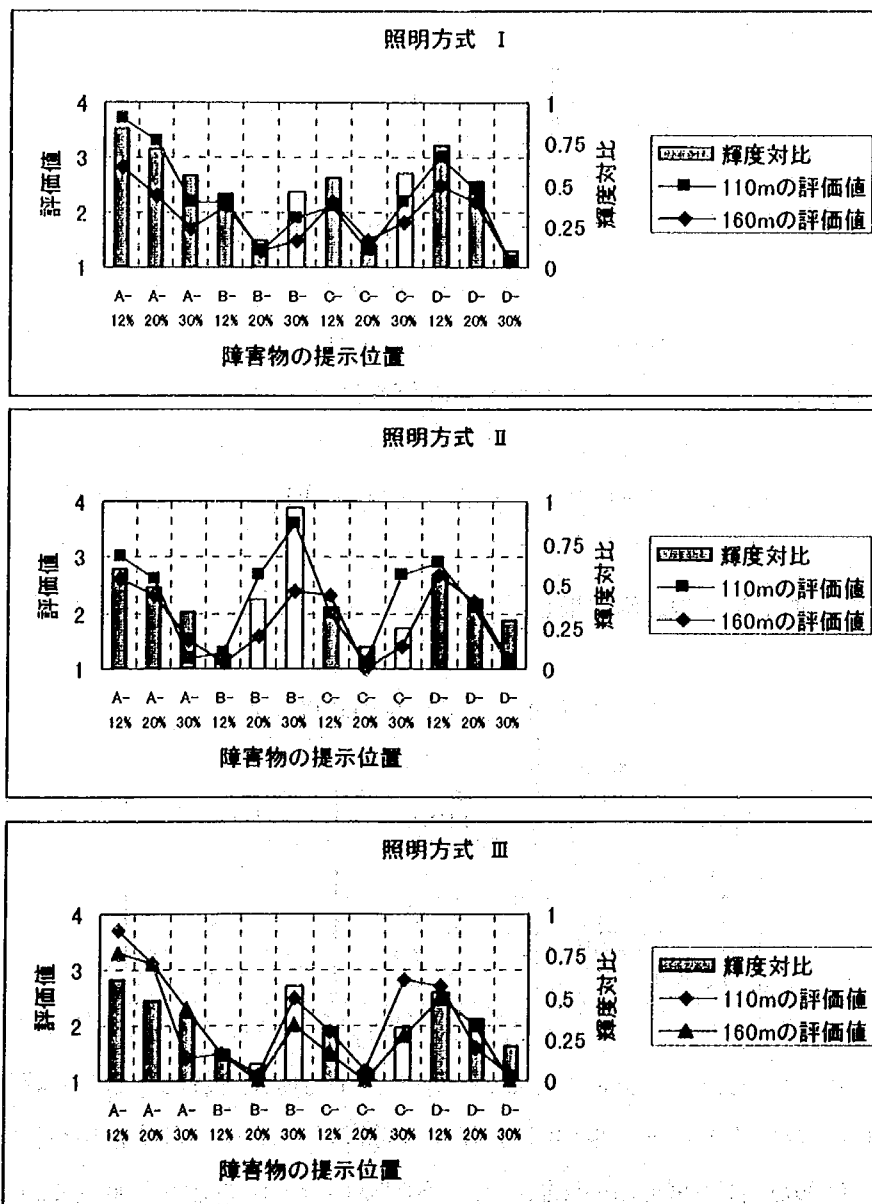
照明方式	等価光幕輝度 (cd/m ²)	平均路面輝度 (cd/m ²)	T I 値 (%)
I (K S N)	0.16	1.53	7.4
II (平 形)	0.10	0.94	6.8
III (丸 形)	0.15	1.23	8.3

注意 1. 等価光幕輝度は、照明器具 7 灯分の値を示す。

2. T I 値は、相対閾値増加を表し、 $TI = 65 \times (\text{等価光幕輝度} / \text{平均路面輝度}^{0.8})$ で求めた。

c) 輝度対比と見え方評価

光学測定項目の「障害物輝度とその背景輝度」より輝度対比を求め、見え方評価による結果との関係を明らかにした。



図一 3・8 各照明方式における障害物の見え方と輝度対比

図－３・８に、各照明方式における障害物の見え方と輝度対比の結果を示す。なお、各照明方式ごとの輝度対比の内、白色部は負の値を表し、逆シルエット視となっていることを示している。

その結果、何れの照明方式においても見え方の評価は輝度対比に比例していると言える。また、照明方式別に比較すると、方式Ⅰ・Ⅲ・Ⅱの順になっていると言える。観測距離で比較すると、全体的に110mの方が160mよりも見え方が良くなっている。

d) 視環境

表－３・７に、視環境の評価結果を示す。

表－３・７ 視環境評価結果

照明方式 \ 評価項目 観測距離	路面の明るさ		路面の明るさのムラ	
	110m	160m	110m	160m
Ⅰ (KSN-2)	2.7	1.8	2.3	2.3
Ⅱ (平 形)	2.4	2.3	2.8	2.8
Ⅲ (丸 形)	2.8	2.8	3.6	3.5

「路面の明るさ」の評価では、各照明方式とも”明るさがちょうど良い”と”やや不足”の中間の評価を受けている。各照明方式では、観測距離110mの場合にはほぼ同一の評価が得られている。観測距離が160mの場合は方式ⅠからⅢにかけて高くなったり、方式ⅠとⅢでは、Ⅰの方が実際の路面輝度が明るいにも関わらず、明るさがやや不足との評価を受けている。

「路面の明るさのムラ」の評価では、”ムラがあまりない”から”ややムラがある”の間の評価を受けた。各照明方式別による評価順位は、総合均斉度の測定結果と一致した。

e) まぶしさ

表－３・８に、まぶしさの評価結果を示す。

表－３・８ まぶしさの評価結果

照明方式 \ 評価項目	照明器具のまぶしさ	
	110m	160m
Ⅰ (KSN-2)	4.0	4.4
Ⅱ (平 形)	4.0	4.3
Ⅲ (丸 形)	4.4	4.3

グレアの評価については、”気にならない”から”十分制限されている”の評価を受けている。これは、光学測定の等価光幕輝度と平均路面輝度から得られたTI値の計算結果が、6.8～8.3%となっており、CIE (1997) 自動車道路の照明に対する国際勧告に記述された値（交通量の多い高速自動車道：10%以下、なお望ましい値は7%程度）に近い値となっており、今回の実験結果からはCIEの

推奨値の妥当性が立証されたとと言える。

3.2.3 コンピュータグラフィックス（CG）による実験

(1) 実験目的

路面の状態や走行速度などの運転者の観察条件が変化した場合、運転者の許容できる車線軸均斉度がどのように変化するかを把握しておく必要がある。そこで、様々な路面の様子を想定したCG動画像を用いた評価実験を行い、運転者の許容できる車線軸均斉度がどのように変化するかを検討した。また、その結果を用いて輝度勾配との検討を行った。全体の流れを以下に示す。

- ①車線軸均斉度に影響する要因を抽出する。
- ②各々の要因を変化させたCG動画像を作成する。
- ③観察者にCG動画像を観察させて見え方を評価する。
- ④実験結果から、各々の要因による車線軸均斉度への影響を検討する。
- ⑤輝度勾配と評価結果との相関について検討する。

なお、過去の研究報告の調査や予備実験を行い、様々な要因を検討した結果、次の要因による影響が大きいことが予想された。

- 設置間隔
- 平均路面輝度
- 走行速度

よって、これらの要因について詳細に検討を行うこととした。

(2) 実験方法

a) 実験条件

評価実験の方法は、様々な照明条件を再現可能なCG動画像を用いて行うこととした。

評価実験に用いたCG動画像の作成は、夜間・他の発光物が無く路面の輝度分布のみが変化している道路を想定して作成した。なお、シミュレータの性能上、あまり大きな照明データは使用できないため、今回は実際の照明形状に比較的類似した正弦波状の輝度データを使用して路面輝度を作成した。また、道路横断方向の輝度分布は一樣とし、輝度ムラが無いものとした。道路形状は、予備実験により車線数や車道幅員、走行位置、視線の高さの違いによる評価の差が見られなかったため、代表例として片側2車線道路とした。

b) 評価方法

評価実験は、観測者の評価を容易にするために、参照画像と様々な条件を変えたテスト画像とを各々5秒間観察し、「どちらの路面が不快でないか？」を強制選択する評価方法を用いた。

CG画像は以下に示すような条件を変化させて270種類の画像を作成した。

- ①設置間隔 : 35、70、100mの3種類
- ②平均路面輝度 : 0.5、2.0、8.0cd/m²の3種類
- ③走行速度 : 60、100、140km/hの3種類

④車線軸均斉度：0.70を基準に10種類

その他の条件は、

○設置高さ：20m

○評価回数：1種類の画像につき15回評価

○被験者数：5名（視環境評価実験に慣れ、かつ運転経験の豊富な男性）

(3) 実験結果

実験結果は、評価方法で示した主要3項目「設置間隔」、「平均路面輝度」、「走行速度」のそれぞれについて、快適性と相関が高いと言われている車線軸均斉度と併せて検討した。

①設置間隔

設置間隔を変化させたときの車線軸均斉度の閾値への影響を表したグラフを図-3・9に示す。

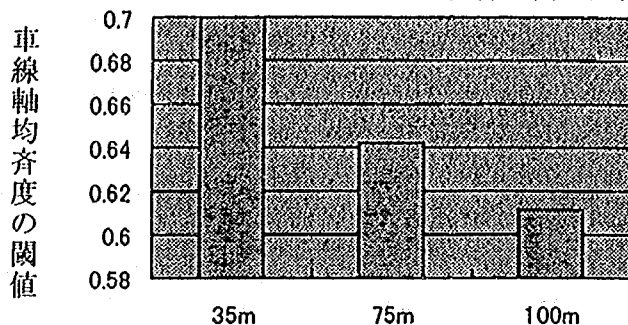


図-3・9 設置間隔による車線軸均斉度の変化

(平均路面輝度 2.0cd/m^2 、走行速度 60km/h)

グラフの縦軸は、車線軸均斉度の閾値であり、横軸は設置間隔を示している。図-3・1より、設置間隔を広げると運転者が不快に感じる車線軸均斉度の閾値が減少していることが判る。例えば、設置間隔が35mの時は車線軸均斉度が0.7必要であるのに対し、設置間隔を100mにすると同じ快適性を与えるのに車線軸均斉度が0.6程度で十分である。このことは、設置間隔を広げることで、車線軸均斉度を現状より小さく（悪く）しても同等の快適性が得られることを示唆している。

②平均路面輝度

平均路面輝度を変化させたときの車線軸均斉度の閾値への影響を表したグラフを、図-3・10に示す。

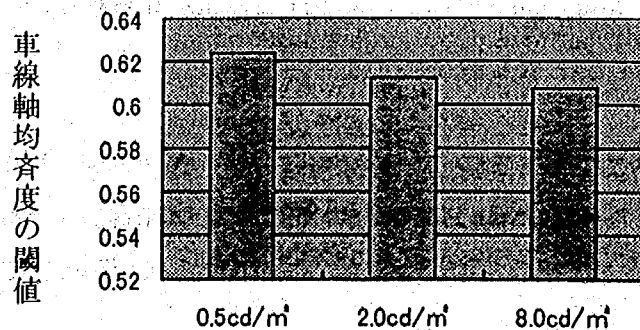


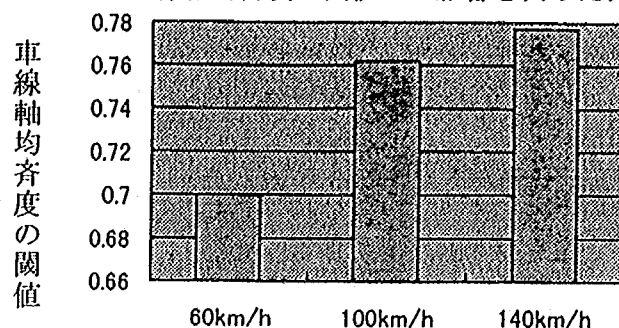
図-3・10 平均路面輝度による車線軸均斉度の変化

(設置間隔35m、走行速度 60km/h)

図－３・１０より、平均路面輝度を上げると運転者が不快に感じる車線軸均斉度の閾値は、僅かではあるが減少することが判る。このことは、平均路面輝度を上げた場合、車線軸均斉度を小さく（悪く）しても現状と同じ快適性を得ることが可能であることを示している。ただし、設置間隔や走行速度に比べて、快適性への影響は小さいことに留意しておく必要がある。

③走行速度

走行速度を変化させたときの車線軸均斉度の閾値への影響を表したグラフを図－３・１１に示す。



図－３・１１ 走行速度による車線軸均斉度の変化

(設置間隔35m、平均路面輝度2.0cd/m²)

図－３・１１より、走行速度を上昇させると運転者が不快に感じる車線軸均斉度の閾値が増加していることが判る。このことは、走行速度を上昇させた場合、車線軸均斉度を現状より高いレベルで設定しないと快適性を損なう危険性があることを示唆している。

以上の結果をまとめると、走行速度が現状よりも高速である道路の照明を設計する場合には、現状の車線軸均斉度の推奨値0.7よりも高い車線軸均斉度で設計したり、路面輝度の変化が緩やかになるように設置高さを高くしたりするなどの配慮が必要である。

④車線軸均斉度

各照明条件下での実験による車線軸均斉度を求めるために、絶対評価方法での評価実験をH＝20mの道路灯で実施した。実験の結果を表－３・９に示す。表－３・９は、走行速度毎に予想される平均路面輝度を求め、それぞれの設置間隔毎に推奨される車線軸均斉度を示したものである。

表－３・９ 実験から求められた車線軸均斉度

S/H	1.75	2.5	3.5	5.0	予想路面輝度
間隔：S	35m	50m	70m	100m	
60km/h	0.70	0.65	0.61	0.55	0.5cd/m ²
100km/h	0.73	0.67	0.61	0.59	1.0cd/m ²
140km/h	0.74	0.69	0.62	0.55	2.0cd/m ²

3.2.4 スライド画像と実フィールドにおける実験

(1) 実験目的

道路照明の設置間隔が現状に比べて極端に広がった場合、走行時における快適性の指標である車線軸均斉度が等しくてもその評価が異なるという問題点があり、それは輝度勾配が影響しているものと考えられる。そこで本実験は、許容できる最大の路面輝度変化を「最大輝度勾配」と定義し、それが走行時の快適性（心理面）にどのような影響を与えるか、また車線軸均斉度との関係はどうかを把握することを目的とした。

(2) 実験内容

a) 実験条件

実験は、表－3・10の実験条件の組み合わせにより12パターンとし、建設省土木研究所・道路照明実験施設において、光学測定および快適性評価実験を行った。

表－3・10 実験条件

実験項目	測定項目	実験条件
光学測定	- 平均路面照度 - 平均路面輝度 - 部分路面輝度 - 総合均斉度 - 車線軸均斉度 - 最大輝度勾配 - 障害物輝度対比	- 使用灯具 - KSN-3 (NHT360L) - KSC-4 (NH360FL) - 設置数 各6灯（片側配列） - 設置高さ 15m（全光）
	快適性評価 - 現場評価・スライド評価 - 路面の輝度ムラの程度 - 快適性の程度 - 運転作業の難易度	10m（50%調光） - 設置間隔 3.5H、4.5H、5.5H - 取付角度 5度 - オーバーハング 0m

b) 光学測定

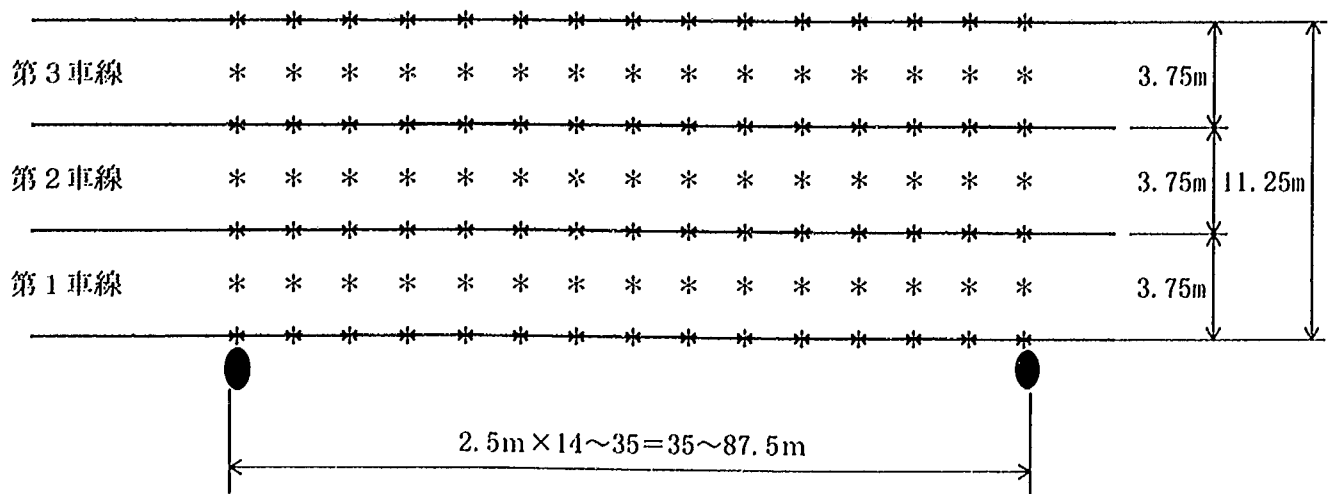
1) 測定項目

- ① 平均路面照度
- ② 平均路面輝度
- ③ 部分路面輝度

2) 測定方法

① 平均路面照度

平均路面照度は、道路照明が設置してある縦断方向全5スパン分の実験場中央1スパン分を、図－3・12に示すとおり、道路縦断軸方向について2.5mピッチ、道路横断方向については区画線および車線中心線上で測定した。



図－３・１２ 平均路面照度の測定個所

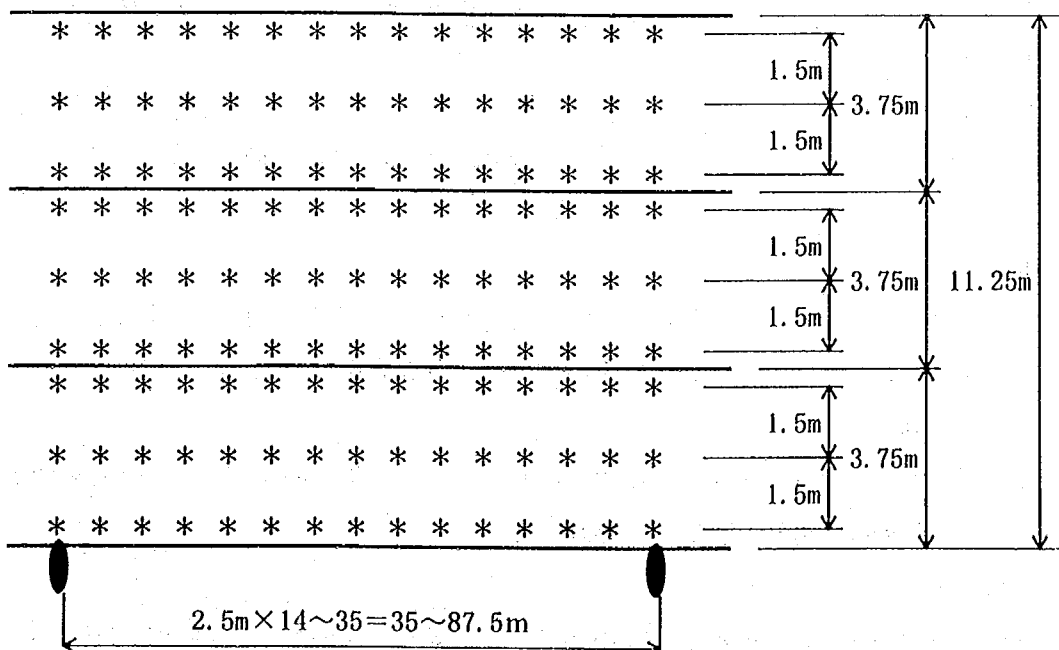
②平均路面輝度

平均路面輝度は、照度測定を行った部分を含む108m区間を、台形マスク輝度計（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の輝度を12回測定し、その平均を求めた。

図－３・３に、平均路面輝度の測定方法を示す。

③部分路面輝度

部分路面輝度の測定は、視野角1/3度の携帯型スポット輝度計を使用し、俯角１度（水平方向より１度下向け）で行った。なお、測定個所を図－３・13に示す。



図－３・１３ 部分路面輝度の測定個所

c) 快適性評価

1) 評価項目

快適性は、路面の輝度ムラが、どの程度運転時の快適性に影響を与えるかをヒアリング調査し、評価した。評価は、実フィールドの光学測定時に現場でのアンケート調査と、その時同時に撮影したスライド写真を用いた室内実験のアンケート調査との二つで行った。

具体的な評価項目は、以下の三つである。

- ①路面の明るさのムラの程度
- ②路面の明るさのムラが運転時の快適性に及ぼす程度
- ③路面の明るさのムラが運転作業に及ぼす程度

2) 評価方法

3つの評価項目（明るさのムラの程度、明るさのムラが運転時の快適性に及ぼす程度、明るさのムラが運転作業に及ぼす程度）の評価を「現場評価」、「スライド評価」それぞれについて行った。

表－3・11に、路面の明るさのムラを見たときの快適性印象とその評価尺度を示す。

表－3・11 快適性の評価尺度

評価点	路面の明るさのムラが運転時の快適性に及ぼす程度		
	ムラの程度	快適性	運転作業
1	非常にムラがある	非常に不快である	非常に運転しづらい
2	かなりムラがある	かなり不快である	かなり運転しづらい
3	ややムラがある	やや不快である	やや運転しづらい
4	どちらでもない（同等）	どちらでもない（同等）	どちらでもない（同等）
5	やや均一である	やや快適である	やや運転しやすい
6	かなり均一である	かなり快適である	かなり運転しやすい
7	非常に均一である	非常に快適である	非常に運転しやすい

注意：評価点4の（同等）は、スライド評価における比較評価時を示す。

●現場評価

各照明設定パターンの光学測定終了後、それぞれの観測対象箇所（各車線および車線全体）について3評価項目について主観評価によるアンケート調査を行った。

●スライド評価

各照明設定パターンをスライドにより映写し、その映像画面を観測者の主観判断により評価させた。なお、その評価方法は、次の2種類とした。

◇単独評価

1つの照明パターンを提示し、そのパターンを見たままの印象について回答させたもの。

◇比較評価

標準照明パターン（KSC-4・H=10m・S=35m）と比較照明パターンを交互に提示し、標準照明パターンを基準にした比較照明パターンの印象について回答させる。

(3) 実験結果

光学測定と評価項目について実験結果をまとめた。

a) 光学測定結果

光学測定結果と光学測定から求められる総合均斉度と車線軸均斉度の一覧を表－3・12に示す。

表－3・12(a) 光学測定結果（KSC－4）

高 さ	間 隔	測 定 個 所	平均路面 照度 (lx)	平均路面 輝度 (cd/m ²)	車線内輝度 (cd/m ²)		総合 均斉度	車線軸輝度 (cd/m ²)		車線軸 均斉度
					最大	最小		最大	最小	
10m	3.5H 35m	第1車線	31.2	1.76	2.19	1.29	0.73	1.98	1.63	0.82
		第2車線	18.7	0.98	1.38	0.56	0.57	0.96	0.78	0.81
		第3車線	9.0	0.40	0.62	0.28	0.70	0.47	0.37	0.78
		車線全体	19.6	1.05	2.19	0.28	0.27	—	—	—
	4.5H 45m	第1車線	25.5	1.36	1.81	0.82	0.60	1.80	1.07	0.59
		第2車線	15.7	0.76	1.19	0.41	0.54	0.82	0.56	0.68
		第3車線	7.6	0.38	0.50	0.21	0.55	0.37	0.28	0.76
		車線全体	16.3	0.83	1.81	0.21	0.25	—	—	—
	5.5H 55m	第1車線	20.5	1.25	1.66	0.53	0.42	1.61	0.72	0.45
		第2車線	13.0	0.77	1.19	0.27	0.35	0.74	0.35	0.47
		第3車線	6.3	0.26	0.46	0.16	0.62	0.34	0.19	0.56
		車線全体	13.3	0.76	1.66	0.16	0.21	—	—	—
15m	3.5H 52.5m	第1車線	25.0	1.45	1.64	1.15	0.79	1.57	1.17	0.75
		第2車線	20.2	1.14	1.24	0.71	0.62	1.08	0.87	0.81
		第3車線	13.4	0.78	1.05	0.46	0.59	0.66	0.51	0.77
		車線全体	19.5	1.12	1.64	0.46	0.41	—	—	—
	4.5H 67.5m	第1車線	20.6	1.18	1.49	0.64	0.54	1.49	0.68	0.46
		第2車線	16.2	0.93	1.19	0.40	0.43	1.00	0.47	0.47
		第3車線	10.5	0.58	0.68	0.28	0.48	0.55	0.32	0.58
		車線全体	15.8	0.90	1.49	0.28	0.31	—	—	—
	5.5H 82.5m	第1車線	16.7	0.91	1.50	0.41	0.45	1.47	0.45	0.31
		第2車線	13.1	0.63	1.37	0.28	0.44	1.00	0.31	0.31
		第3車線	8.6	0.46	0.72	0.20	0.43	0.57	0.23	0.40
		車線全体	12.8	0.67	1.50	0.20	0.30	—	—	—

表-3・12(b) 光学測定結果 (KSN-3)

高 さ	間 隔	測 定 個 所	平均路面 照度 (lx)	平均路面 輝度 (cd/m ²)	車線内輝度 (cd/m ²)		総合 均斉度	車線軸輝度 (cd/m ²)		車線軸 均斉度
					最大	最小		最大	最小	
10m	3.5H 35m	第1車線	41.7	2.03	3.10	1.53	0.75	3.10	1.74	0.56
		第2車線	32.9	1.39	2.28	0.87	0.62	1.87	1.07	0.58
		第3車線	15.8	0.64	1.05	0.33	0.52	0.68	0.46	0.68
		車線全体	30.1	1.35	3.10	0.33	0.24	-	-	-
	4.5H 45m	第1車線	32.5	1.42	2.34	1.10	0.77	2.34	1.14	0.49
		第2車線	25.8	1.02	1.55	0.67	0.66	1.25	0.87	0.70
		第3車線	12.2	0.49	0.66	0.22	0.45	0.65	0.34	0.52
		車線全体	23.5	0.99	2.34	0.22	0.22	-	-	-
	5.5H 55m	第1車線	26.6	1.32	2.10	0.73	0.55	2.10	0.88	0.42
		第2車線	21.3	0.95	1.62	0.50	0.53	1.24	0.59	0.48
		第3車線	10.2	0.43	0.70	0.17	0.39	0.46	0.29	0.63
		車線全体	19.4	0.90	2.10	0.17	0.19	-	-	-
15m	3.5H 52.5m	第1車線	34.2	1.71	2.22	1.41	0.64	2.22	1.50	0.68
		第2車線	34.3	1.53	2.01	1.08	0.71	1.92	1.29	0.67
		第3車線	24.8	1.09	1.47	0.70	0.64	1.30	0.77	0.59
		車線全体	31.1	1.44	2.22	0.70	0.49	-	-	-
	4.5H 67.5m	第1車線	26.9	1.38	2.41	1.06	0.77	2.41	1.04	0.43
		第2車線	25.9	1.23	1.90	0.83	0.67	1.75	1.01	0.58
		第3車線	18.2	0.89	1.43	0.49	0.55	1.10	0.58	0.53
		車線全体	23.7	1.17	2.41	0.49	0.20	-	-	-
	5.5H 82.5m	第1車線	21.9	1.13	2.29	0.66	0.58	2.29	0.69	0.30
		第2車線	20.9	0.95	2.05	0.57	0.60	1.85	0.61	0.33
		第3車線	14.8	0.61	1.53	0.42	0.69	1.05	0.47	0.45
		車線全体	19.2	0.90	2.29	0.42	0.47	-	-	-

b) 快適性評価

表-3・13に、主観判断によるアンケート調査結果を示す。なお、評価結果は、加重平均とした。

表-3・13 快適性評価結果

照明器具			K S C - 4									K S N - 3								
高さ	間隔	測定箇所	明るさの ムラの程度			快適性 の程度			運転作業性 の程度			明るさの ムラの程度			快適性 の程度			運転作業性 の難易度		
			現場	単独	比較	現場	単独	比較	現場	単独	比較	現場	単独	比較	現場	単独	比較	現場	単独	比較
10m	3.5H 35m	第1車線	5.2	4.8	4.3	5.5	5.2	4.7	5.6	5.5	4.7	4.5	4.9	4.1	5.1	5.4	4.9	4.9	5.7	5.0
		第2車線	5.4	4.8	4.2	5.5	4.3	4.5	5.4	4.6	4.5	4.5	4.2	3.6	4.7	4.5	4.5	4.5	4.7	4.7
		第3車線	5.9	5.2	4.2	5.4	3.7	4.5	5.1	3.8	4.5	4.9	3.9	3.8	4.4	3.7	4.6	4.2	4.0	4.8
		車線全体	5.6	3.6	4.1	5.6	3.6	4.4	5.5	3.8	4.4	4.5	3.8	3.6	4.6	4.0	4.3	4.3	4.4	4.4
	4.5H 45m	第1車線	3.5	2.9	3.0	4.1	3.3	3.2	4.6	3.5	3.3	4.0	3.6	3.5	4.4	4.0	4.3	4.5	4.3	4.3
		第2車線	3.7	2.8	3.0	3.8	3.1	3.4	4.4	3.2	3.6	4.0	3.5	3.5	4.4	3.9	4.3	4.4	4.1	4.4
		第3車線	4.7	3.9	3.4	3.0	2.7	4.0	3.5	2.9	4.0	4.5	3.6	3.3	3.9	3.7	4.3	3.6	3.8	4.5
		車線全体	3.8	2.6	2.8	3.6	2.7	3.1	4.1	2.8	3.1	4.1	3.2	3.5	4.3	3.5	4.3	4.1	3.8	4.4
	5.5H 55m	第1車線	3.3	1.8	2.2	3.8	2.4	2.6	4.1	2.6	2.8	2.4	2.8	2.5	2.9	3.1	3.0	3.1	3.2	3.1
		第2車線	2.9	1.7	2.1	3.3	2.2	2.6	3.7	2.4	2.6	2.5	2.8	2.6	2.8	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4
		第3車線	3.1	3.4	2.9	2.9	2.4	3.8	3.0	2.4	4.4	3.5	3.0	2.9	3.5	3.1	3.9	3.7	3.3	4.1
		車線全体	3.0	1.6	2.0	3.3	2.0	2.4	3.4	2.0	2.4	2.5	2.7	2.5	2.9	3.0	3.0	3.2	3.3	3.4
15m	3.5H 52.5m	第1車線	6.2	6.0	5.6	6.2	6.1	5.9	6.2	6.4	5.9	4.6	4.4	4.0	5.1	5.0	5.0	5.0	5.2	5.1
		第2車線	6.1	5.9	5.4	6.0	5.9	5.9	6.2	6.2	6.0	4.5	4.7	4.3	4.9	5.2	5.2	5.0	5.5	5.3
		第3車線	6.2	6.0	5.1	5.8	5.8	6.2	6.0	6.0	6.4	4.4	3.9	3.5	4.8	4.9	5.0	4.8	5.1	5.1
		車線全体	6.2	5.9	5.8	6.1	6.0	6.2	6.2	6.2	6.3	4.5	4.5	4.5	4.9	5.3	5.5	5.0	5.7	5.6
	4.5H 67.5m	第1車線	4.4	3.5	3.4	4.7	4.3	4.2	4.7	4.5	4.2	4.2	4.6	4.2	4.5	5.1	5.0	4.7	5.4	5.1
		第2車線	4.2	3.3	3.5	4.6	4.0	4.3	4.5	4.2	4.3	4.2	4.5	4.0	4.6	5.1	5.1	4.7	5.3	5.3
		第3車線	4.7	3.9	3.5	4.6	4.1	4.9	4.8	4.6	4.9	4.3	4.6	3.9	4.3	4.9	5.5	4.5	5.1	5.7
		車線全体	4.4	3.2	3.5	4.5	3.8	4.3	4.7	4.2	4.5	4.2	4.6	4.4	4.5	5.3	5.5	4.6	5.6	5.5
	5.5H 82.5m	第1車線	2.6	2.4	2.2	3.5	3.0	2.8	3.7	3.1	3.0	2.8	2.8	2.7	3.4	3.3	3.1	3.4	3.4	3.3
		第2車線	2.6	2.4	2.4	3.5	2.9	3.0	4.0	2.9	3.1	2.9	2.8	2.9	3.2	3.3	3.5	3.4	3.5	3.4
		第3車線	3.5	2.6	2.9	3.7	3.1	4.1	4.2	3.3	4.2	3.2	3.1	3.1	3.5	3.7	4.4	3.6	3.8	4.6
		車線全体	2.8	2.1	2.3	3.5	2.7	2.9	3.8	2.7	3.1	2.7	2.6	2.7	3.2	3.2	3.4	3.5	3.3	3.6

3.2.5 各実験のまとめ

(1) 試作照明器具による実験

a) 路面の照度・輝度の測定結果と机上検討との比較

試作照明器具の光学特性データより計算により求めた値と実測により求めた値を比較した。その結果、平均路面照度の机上計算値と実測結果とがよく一致した。平均路面輝度は、机上検討でCIEの分類C₂

(アスファルト舗装)を採用して計算を行ったが、実験施設の路面が排水性舗装であるため、実測値は17~20%低い値となった。この結果から、今回の土木研究所の試験走路に設けられた排水性舗装路面での平均路面輝度を計算で求める場合は、 C_2 の計算で路面の色彩的な明るさを表す平均輝度係数 q を $q_0=0.06$ ($0.07 \times 0.83 \sim 0.8$) とすることで求められることがわかった。

T I 値は、机上検討では5.7~5.8%程度ではほぼ等しい値であったが、この値には路面の反射による光幕輝度を含まない状態で求めたものであるため、実測ではこの値よりも大きな値となった。しかし、等価光幕輝度は、照明器具の設置高さを高くすることで低下し、さらに前面ガラスを平面とすることで低下することが明らかになった。

b) 見え方評価

① 観測距離と見え方評価

実験では、20cmの立方体の障害物を観測距離110mおよび160mの地点から観測して評価した。路面の明るさや障害物との輝度対比が同一の場合、観測距離により障害物の視覚が小さくなるため(観測距離による視角は、距離110mの場合には約6分、観測距離160mの場合には約4分になる)評価点は低くなると考えられる。

また、今回の実験結果を観測距離による評価点の変化で調べると、表-3・14に示すとおり、各照明方式とも障害物12箇所中8箇所で低くなり、観測距離が長くなると評価点が低くなることが明らかになった。

表-3・14 観測位置の変化(110m→160m)と評価点の変動

障 害 物	提示位置	反射率	照明方式 I	照明方式 II	照明方式 III
			(KSN-2)	(試作平形)	(試作丸形)
A		12%	●	●	●
		20%	●	●	⇒
		30%	●	○	○
B		12%	●	●	⇒
		20%	⇒	●	●
		30%	●	●	●
C		12%	○	○	●
		20%	○	●	●
		30%	●	●	●
D		12%	●	●	●
		20%	●	○	○
		30%	⇒	○	●
合 計		●	8	8	8
		○	2	4	2 2
		⇒	2	0	2

注意 ● : 観測距離が長くなると評価点が下がる。
 ○ : 観測距離が長くなると評価点が上がる。
 ⇒ : 観測距離が長くなっても評価点は変化しない。

②見え方評価と輝度対比

障害物の見え方評価点と輝度対比の間には、高い正の相関があることが判った。評価点と輝度対比の関係は、視測距離が近くなると相関がより高くなった。表－3・15は、見え方評価点と輝度対比との各照明方式別の直線回帰式を示す。

表－3・15 見え方評価点と輝度対比の回帰式

	照明方式 I	照明方式 II	照明方式 III
視測距離 110m	$y = 3.17x + 0.7$	$y = 2.98x + 1.0$	$y = 3.98x + 0.7$
視測距離 160m	$y = 1.90x + 1.0$	$y = 2.09x + 1.0$	$y = 3.75x + 0.6$

注意) y : 見え方評価点

x : 輝度対比

表－3・15で求められた式で、輝度対比が“0”の場合の評価点を「見えない」に相当する“1”になるように回帰式の定数項を修正した場合、次のことが言える。

- ・輝度対比が同一の場合は、照明方式III（試作照明器具・丸形グローブ）が他の照明方式よりも高い見え方評価を受けている。
- ・しかし、他の照明方式との評価点の差が最も大きくなる場合でも、評価点の差は“1”以下であり有意差があるとは言えない。
- ・したがって、今回の実験対象とした照明方式では見え方評価に大差なく、ほぼ等しいと考えられる。

また、視測距離160mの場合は、回帰係数項が110mの場合のそれよりも小さくなった。これは、視測距離が遠くなると視角が小さくなることで見えにくくなり、輝度対比による評価点への影響が小さくなることを意味している。

(2) CG画像を用いた実験

CG画像を用いて各照明条件を作成し、その照明条件毎に快適性を評価して要因の傾向を明らかにした。そこで、運転者が道路照明により照らされた路面を見たときに感じる快適性について、その要因と傾向を明らかにした。

- ①照明器具の設置間隔を拡げるにともなって、運転者が不快に感じる車線軸均斉度（車線中央の最小輝度と最大輝度の比）の閾値が低くなった。
- ②平均路面輝度が高くなるにしたがって、運転者が不快に感じる車線軸均斉度の閾値は若干低くなった。
- ③走行速度が上昇するにともなって、運転者が不快に感じる車線軸均斉度の閾値は高くなった。

これらをまとめると、走行速度が現状よりも高速である道路の照明を設計する場合には、現状の車線軸均斉度の推奨値である0.7よりも高い車線軸均斉度で設計することや、路面輝度の変化が緩やかになるように（輝度勾配が小さくなるように）することが必要である。

(3) スライド画面と実フィールドにおける実験

a) 設置高さおよび間隔と快適性評価

快適性のアンケート評価では、現場評価とスライド評価を行った。

設置間隔と快適性評価の関係をKSC-4・KSN-3の車線全体の評価については、設置間隔が拡大するにつれ、各評価項目の評価値は低下する。しかし、「路面の輝度ムラの程度」の評価値が低下する割合に対し、「快適性の程度」や「運転作業の程度」の評価値が低下する割合は小さい。

これらの結果から、実用上の最低レベルを評価4（どちらでもない）とすると、それ以上の評価を得るための設置間隔は、概ね3車線で4.5Hまで許容できそうである。また、設置高さによる評価では、設置高さの高い方が相対的に評価が良いことが判った。

b) 最大輝度勾配の定義について

快適性の指標である車線軸均斉度に変わるものとして最大輝度勾配に着目し、その適応性を光学測定やアンケート調査による実験によって確認した。しかし、着目した最大輝度勾配は快適性との相関が低く、逆に車線軸均斉度の方が相関が高いと言う結果となった。その最大の原因は、従来の輝度勾配の定義が単位長さ当たりの隣り合う路面輝度の最大値であったが、実際のドライバーが前方路面を見た場合、その隣り合う輝度差を認識するためには余りにも視角的に狭すぎて識別できないためと考えられる。したがって、車線軸均斉度や最大輝度勾配のような路面上の輝度ムラを識別するためには、その輝度ムラがある程度の大きさ（ドライバーから見た場合、その視野内に十分識別できるだけの大きさ）を持っていなければ識別できず、それは不快な輝度ムラとは感じられないと考えられる。よって、快適性の指標としては、最大輝度と最小輝度で定義される車線軸均斉度の方がドライバーから見た場合に实际的であり、また照明設計上からも実用的である。

c) 本実験のまとめ

- ①設置間隔が広くなると、車線軸均斉度および最大輝度勾配とも評価がやや良くなる。
- ②快適性評価では、設置高さが高い方（15m）が評価が良く（高く）、道路幅員が3車線までは現在の標準設置間隔（3.5H）よりも拡大できる可能性がある。すなわち、本実験では設置高さを高くすることで、より路面輝度の均斉度が上昇するため、設置間隔を拡大しても問題ないものと考えられる。
- ③快適性評価では、最大輝度勾配よりも車線軸均斉度の方が相関が高く、寄与率で評価すると、「車線軸均斉度」>「平均路面輝度」>「最大輝度勾配」の順であった。
- ④実際の照明設計上では、最大輝度勾配より車線軸均斉度の方が扱いやすく実用的である。

d) 今後の課題

- ①最大輝度勾配の相関が低い（悪い）要因としては、従来の最大輝度勾配の定義が実際のドライバーの見え方にそぐわないためで、実視野における視角的要素を含めた検討が必要である。
- ②本実験は、静止実験であるため、最終的には動的（走行）実験による確認が必要である。
- ③現在推奨されている車線軸均斉度0.7は重要度の高い道路では必要であるが、重要度が低い道路では0.7の必要性はないものと考えられる。今後は、設計速度や道路特性に合わせた段階的な車線軸均斉度（平均路面輝度、総合均斉度も合わせた）の検討が必要である。
- ④実験路面の排水性アスファルト舗装の反射特性が未知のため、正確な机上計算ができない。また、それを測定する装置も国内にはない。したがって、今後新しい舗装材が開発された場合や、路面の反射特性の経年変化を調査し、実際の照明設計に生かそうとしてもそれが出来ないのが現状である。よって今後は、照明器具開発と並行して路面の反射特性を測定する装置の開発も重要である。
- ⑤快適性を表す指標として、検討した車線軸均斉度や最大輝度勾配と併せて、路面輝度、輝度ムラの

視覚的な大きさやムラの空間周波数特性等を総合した快適性理論の開発が望まれる。

3.2.6 高位置設置の道路照明の利点

照明器具を高位置に設置した場合の従来は十分に検討されていなかった利点についても検討を行った。

●高い位置に照明器具を設置したことによる効果

①道路幅員に対して照明器具設置高さの比が2倍を超えるような場合には、一般的には向き合わせに配列した照明器具による影響を加味することができる。ただし、中央分離帯の幅が3mを超えるような場合には検討を行う必要がある。

②照明器具の設置高さを高くした場合には、照明器具等の汚れは通常の高さの場合よりも少ないと考えられる。照明学会の照明器具設計光束維持率曲線を利用し、高圧ナトリウムランプを光源とした時の保守率を求めた場合には、0.7～0.8程度となる。なお、保守率の値をより正確にするためには、汚れの程度を経年的に測定調査する必要がある。

3.3 道路構造と照明器具設置位置に関する検討

道路照明を設置する際、その設置位置は、視認性、誘導性および道路の景観に影響する。また、路面と縁石部分のコントラストが低い道路では、オーバーハングを大きくするとその境界を識別しにくくなるとの指摘もある。特に、雨天時など路面が濡れた場合、運転への影響は著しくなる。

ここでは、路面の断面構造と灯具設置位置の関係を路面の輝度分布および路面と路肩付近（縁石）の見え方をコンピューターシミュレーションにより検討し、道路構造と灯具の設置位置（オーバーハング）に対する考えを整理した。

3.3.1 照明器具の設置位置

図-3・14は、都内の道路照明施設の一例である。この例では、照明器具はいずれもバスレーン（車線）の中央付近に設置されている。



図-3・14 道路照明設置例

灯具の取付位置（路側帯と灯具との間隔・以下、オーバーハングという）について、道路照明施設設置基準（昭和56年）では、「オーバーハング(oh)は、歩道側に近い路側帯を基準として、「 $-1 \leq oh \leq 1$ 」の範囲に設置する」よう記述している。（図-3・15参照）

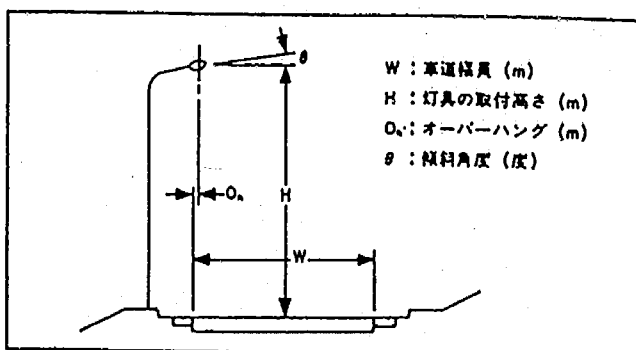


図-3・15 道路とオーバーハングとの関係

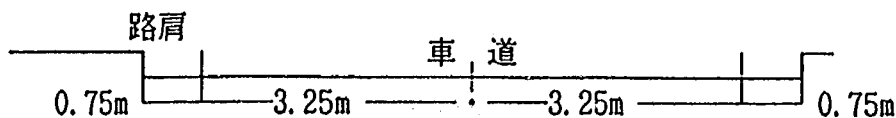
このオーバーハングは、雨天時の路面の輝度分布を考慮して定められ、解説では次のように記述している。「雨天時に路面が水の膜で覆われた場合、その反射特性は水面に近いものになりさらに鏡面性を増す。完全に水の膜で覆われた場合の輝度分布は灯具直下の路面から観測者の方向に向いて長く伸びた帯状のものとなる。路面が濡れているときでも照明効果が極端に悪くならないようにするには、路面上に点在水の膜による輝度分布を考慮してオーバーハングを0とすることが望ましい。しかし、路肩部分の状況により、ポールを建てる位置が一定しないことを考慮して、オーバーハングを ± 1 mの範囲にとどめること

とした。」これは道路幅員に対して灯具の位置が適正でない場合、雨天時には図－3・16のように路肩付近が暗くなることや、場合によると灯具直下付近の路面が著しく光り、運転者にグレアを与える可能性のあることを示唆している。



図－3・16 雨天時の路面の輝度分布

灯具の設置位置を図－3・15のように定めた理由には、道路の構造にも原因があるのではないかと推測される。すなわち、連続照明を行う条件は、「交通量25,000台／日以上」の市街部の道路」とされ、この条件を満たす道路では、前述の条件を満たすように灯具を設置することにより危険の存在する可能性の高い場所を十分明るくすることを目的とした。一方、道路照明が普及するに伴い、設置に関する考え方も単に危険の存在する可能性の高い付近を明るくする考え方から、道路全体を明るくすることによって道路全体の構造を明らかにし、走行環境と視認性の向上についても重視されるようになってきている。特に、路肩幅員が広い場合には、車道と歩道の境界の視認性が低下することから、境界部の縁石立ち上がり部分についての視認性向上は、道路構造を認識する上で重要である。この路肩部の広い道路の場合、従来と同様な方法で照明器具を設置した場合には問題が発生する可能性がある。このため、道路構造に合わせた灯具設置位置の選択が必要になる。



図－3・17 市街部の道路の一般的断面（4種1級）

3.3.2 海外規格の調査

照明器具の設置位置、特にオーバーハングを設定する場合、基準位置の記述を中心に海外規格を調査した。その中では、イギリスおよび南アフリカの2カ国でオーバーハングについて具体的記述をしている。

図－3・18は、イギリス（BS5489 パート2:1992）に示されたものである。

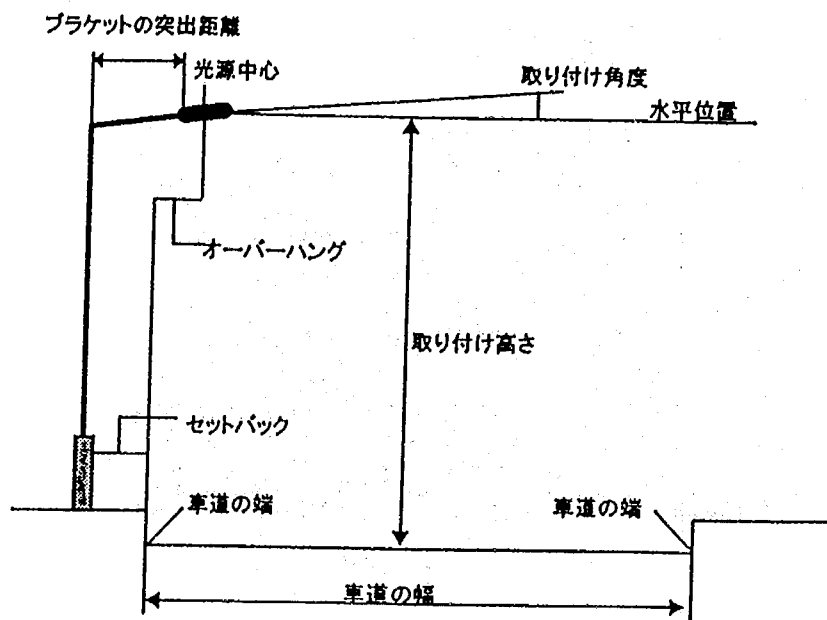


図-3・18 道路照明システムの幾何学的断面図 (BS5489 パート2:1992)

この規格では、オーバーハングを±1 m以内とすること、また、アーム付けとする場合、アームの長さはできるだけ短くすべきことを示し、最大でも取付高さの1/4以下とする必要のあることを記述している。

南アフリカ (SA B0 098:パート1 1990) では、オーバーハングを0～3 mの範囲で選ぶことを記述している。

この2つの基準に共通していることは、我が国がオーバーハングの基準点を車線端としているのに対して、車道端（縁石線）を基準点としていることである。

3.3.3 路面輝度分布の比較検討

路面の輝度分布がオーバーハングを変えることによりどのように変化するかを計算により検討する。

(1) 検討条件

a) 道路の断面形状

検討の対象とする道路の断面形状は、路肩の狭い道路（図-3・19参照）と路肩の広い道路（図-3・20参照）とし、路面はアスファルト舗装（C₂）とする。

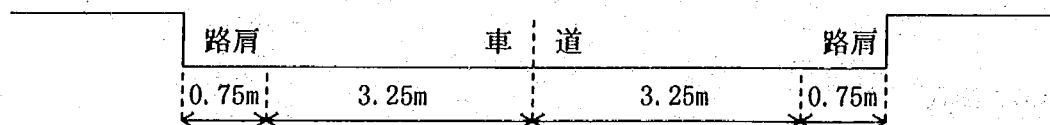


図-3・19 路肩の狭い道路

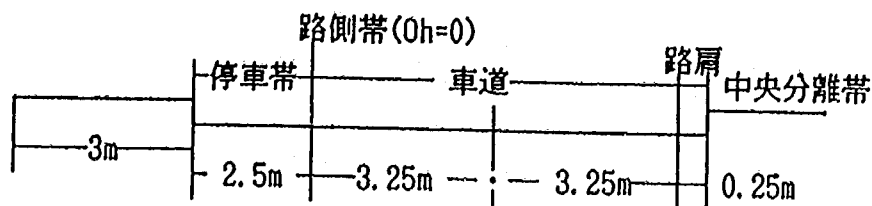


図-3・20 路肩の広い道路

b) 照明器材

検討に使用する照明器具は、(社)建設電気技術協会の器材仕様書に記述された透明形高圧ナトリウムランプ用照明器具 (KSN-2) とし、光源は照明器具に適合した透明形始動器内蔵形高圧ナトリウムランプ180W (ランプ光束: 19000lm、設計光束は保守率を0.7とした時13000lm) とする。

c) 照明施設

灯具の取付高さは $H=10\text{m}$ とし、灯具の間隔は $S=35\text{m}$ の片側配列とする。

d) 路面輝度の計算

計算は、国際照明委員会が推奨する計算方式で、乾燥路面を基本とし、路肩の広い道路については湿った路面についても行う。なお、湿った路面の輝度分布は、国際照明委員会Pub, No. 47「ROAD LIGHTING FOR WET CONDITION」より、路面状態をW4 (交通量が多く路面の摩耗が激しく凹凸の程度が小さいアスファルト舗装路面) として求める。

(2) 路面の輝度分布計算結果

a) 路肩が狭い道路の場合

図-3・21および図-3・22は、路肩の狭い道路における乾燥時の路面輝度分布を平均路面輝度に対する比率で示したものである。なお、図-3・21はオーバーハングを車道の中央付近に設置した場合を、図-3・22は車道端に照明器具を設置 (オーバーハング: 0) した場合のものである。

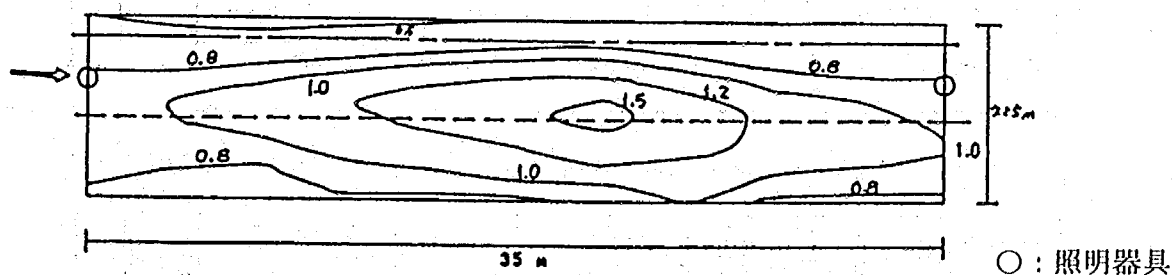


図-3・21 オーバーハング $Oh=1.625\text{m}$ (灯具位置: 第1車線中央)

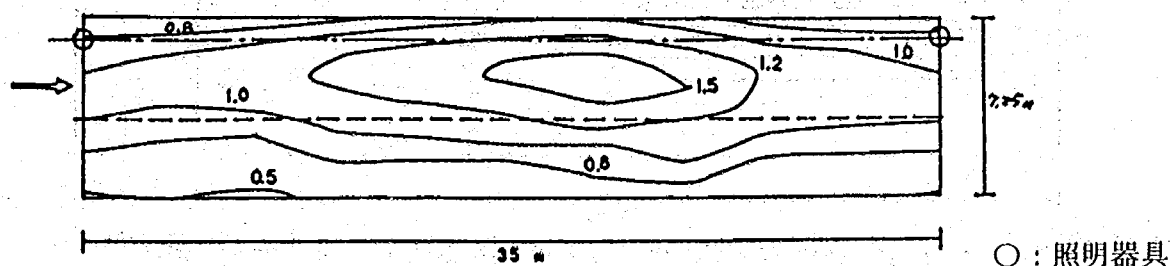


図-3・22 オーバーハング $Oh=0\text{m}$ (灯具位置: 車道端)

b) 路肩が広い道路の場合

図-3・23と図-3・24は、路肩の広い道路における乾燥時の路面輝度分布を平均路面輝度に対する比率で示したものである。なお、図-3・23は車先端に照明器具を設置（オーバーハング：0 m）した場合を、また、図-3・24は縁石付近に照明器具を設置した場合のものである。

図-3・25と図-3・26は、それぞれの条件における湿った路面での輝度分布を示している。

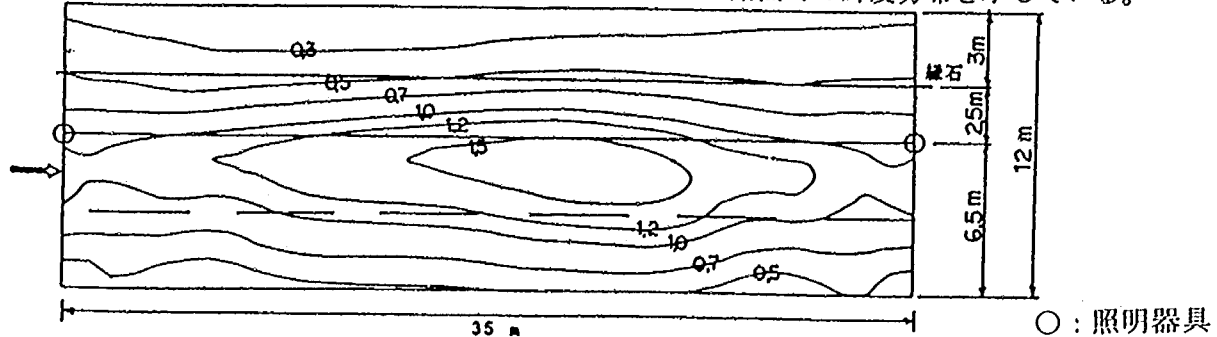


図-3・23 オーバーハング oh=0 m・乾燥路面（灯具位置：車道端付近）

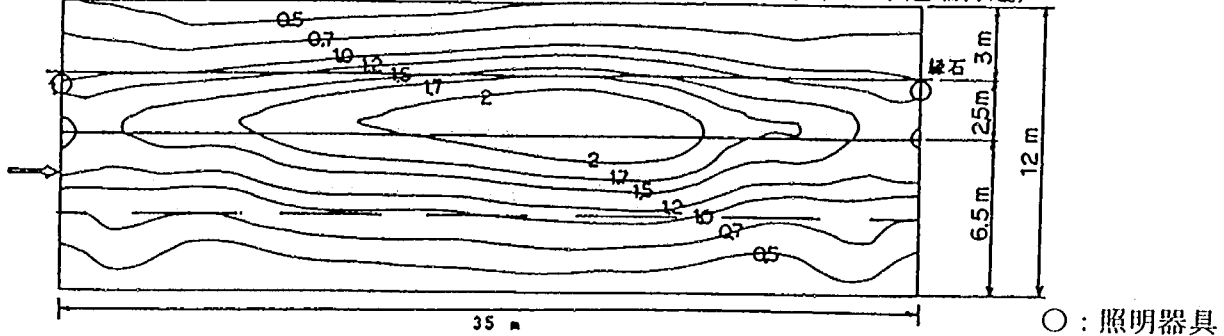


図-3・24 オーバーハング oh=-2 m・乾燥路面（灯具位置：縁石付近）

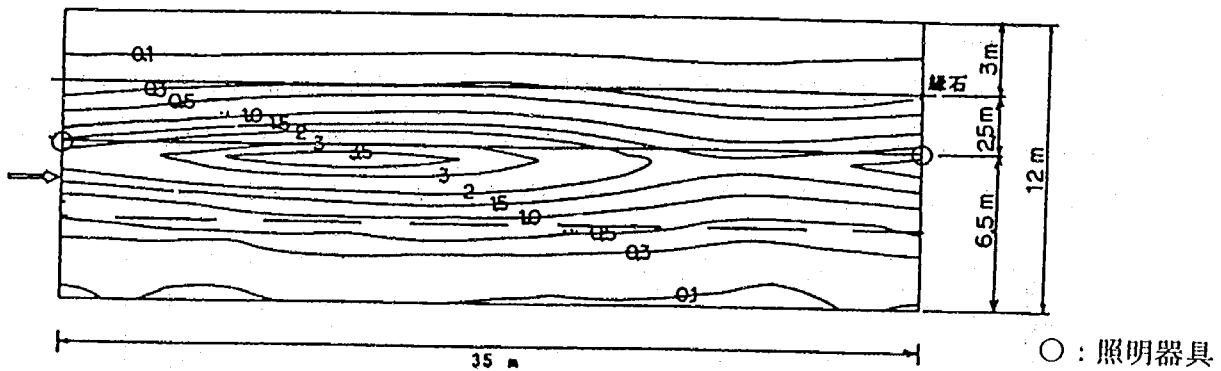


図-3・25 オーバーハング oh=0 m・湿った路面（灯具位置：車道端付近）

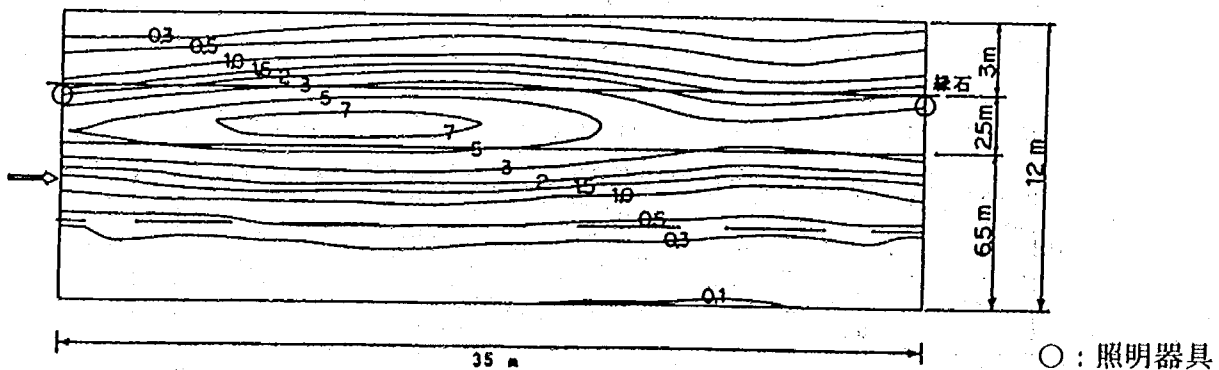


図-3・26 オーバーハング oh=-2 m・湿った路面（灯具位置：縁石付近）

(3) 計算結果の検討

a) 路肩が狭い道路の場合

灯具を車道中央付近に取り付けた図-3・21の場合、車道の平均路面輝度は高く、均斉度も良い照明となる。しかし、路肩部では、平均路面輝度の半分以上の箇所も発生し、最大輝度との比を見ると1/3以下となる。このことは、車道の中央付近に灯具が位置するような設置方法では、路肩付近が暗く見えることとなる。

一方、車道端に灯具を配置した図-3・22の場合には、車道の平均路面輝度は図-3・21に比べやや低い、路肩付近の路面輝度は平均路面輝度値に近く、路肩付近が暗く見える可能性も少ない。

人の関連する交通事故が発生する可能性は、路肩付近に多く存在すると考えられるため、この2つの灯具配置例を比較した場合、後者の配列の方が好ましいと判断できる。

b) 路肩が広い道路の場合

図-3・23は、図-3・22と同様、灯具を車道端に設置した場合の乾燥路面での輝度分布である。この図によると、縁石付近の輝度は平均路面輝度の半分程度となり、路肩が暗く感じられる可能性がある。路肩の狭い道路と同様な判断に立てば改良の余地のあるケースに相当する。また、この位置関係で路面が湿った状態での分布を求めたものが図-3・25である。この路面は、道路表面に水膜が薄く張った程度と思われる路面であるが、路肩付近では平均路面輝度の1/3以下の箇所も発生し、最大輝度値に対して1/10以下となる。この結果、路肩、特に縁石付近では暗く見え、この部分に障害物が発生した場合には視認が困難になることもある。

雨天等の場合には、更に道路表面が水面状態となるため、最大輝度の値が高くなり、路肩付近の明るさの比は拡大すると予想される。

次に、灯具を路肩部、特に縁石付近に設置した場合の路面輝度分布が、図-3・24および図-3・26である。

乾いた路面の場合（図-3・24）には、路肩部の路面輝度は平均路面輝度より高い値になる。また、湿った路面の場合（図-3・26）でも、路肩部の路面輝度は平均路面輝度より高い値を維持し、最大の輝度値に対しても1/5程度となっている。

灯具の位置が異なる2つの例を比較した場合、いずれの場合でも路肩付近が明るくなる後者の方が交通安全上から好ましいと言える。

表-3・16は、前述のオーバーハングが異なる二つの例について、平均路面輝度、均斉度を比較したものである。

表-3・16 平均路面輝度と各均斉度の比較

路面状態	オーバーハング oh=0 m					オーバーハング oh=-2 m				
	平均路面輝度 (cd/m ²)		最小輝度 (cd/m ²)	総合 均斉度	全幅員 均斉度	平均路面輝度 (cd/m ²)		最小輝度 (cd/m ²)	総合 均斉度	全幅員 均斉度
	車道	全幅員	路肩部	Uo1	Uo2	車道	全幅員	路肩部	Uo1	Uo2
乾燥 C2	1.27	1.19	0.52	0.35	0.37	0.95	1.25	0.89	0.29	0.22
湿潤 W4	4.25	4.25	0.77	0.07	0.07	2.03	4.04	2.23	0.09	0.05

- 注意 1. C2 : 乾いたアスファルト舗装路面
 2. W4 : 湿ったアスファルト舗装路面 (交通量の多い路面)
 3. Uo1 : 車道の最小路面輝度/車道の平均路面輝度
 4. Uo2 : 車道の最小路面輝度/全幅員の平均路面輝度

走行中の運転者の目は、車道の路面輝度に順応しているのではなく、路肩を含めた全幅員の平均路面輝度に順応していると考えられる。oh=0 mの場合、乾燥時でも路肩部の路面輝度（最小値）は平均路面輝度の半分程度となり、雨天時には全幅員に対して1/5の輝度となり、路面全体の輝度に順応している運転者にとっては暗く見える。これに対し、oh=-2 mの場合、路肩部の輝度は車道の輝度とほぼ等しく、全幅員の平均輝度の半分程度の値となる。この二つの場合の視認性を比較すると明らかに後者が優れていると評価できる。このことから、湿った路面や濡れた路面での障害物の見え方も重視するとすれば、灯具は縁石付近に設置することが望ましいことになる。

3.3.4 誘導効果の検討

夜間の自動車運転には、多くの視覚情報が必要である。その中には、進路を予測するための道路線形、自転車と道路との位置関係を把握するために前方道路の幅員、道路上の特殊箇所や道路周辺の状況などを判りやすくすることも含まれている。

道路照明施設は、連続的に設置された灯具の列を示すことで道路の線形予測に役立ち、区画線を見やすくすることで自転車の位置把握に役立っている。しかし、区画線、特に路肩側の区画線（外側線）が見にくい場合があり、このような場合は、縁石のある道路ではその立ち上がり部の明るさと路面または歩道との明るさに差を設けることで道路の区別を明確にし、道路の幅を示すことが可能と思われる。

図-3・27および図-3・28は、これを確認するためにCGを利用し作成したものである。

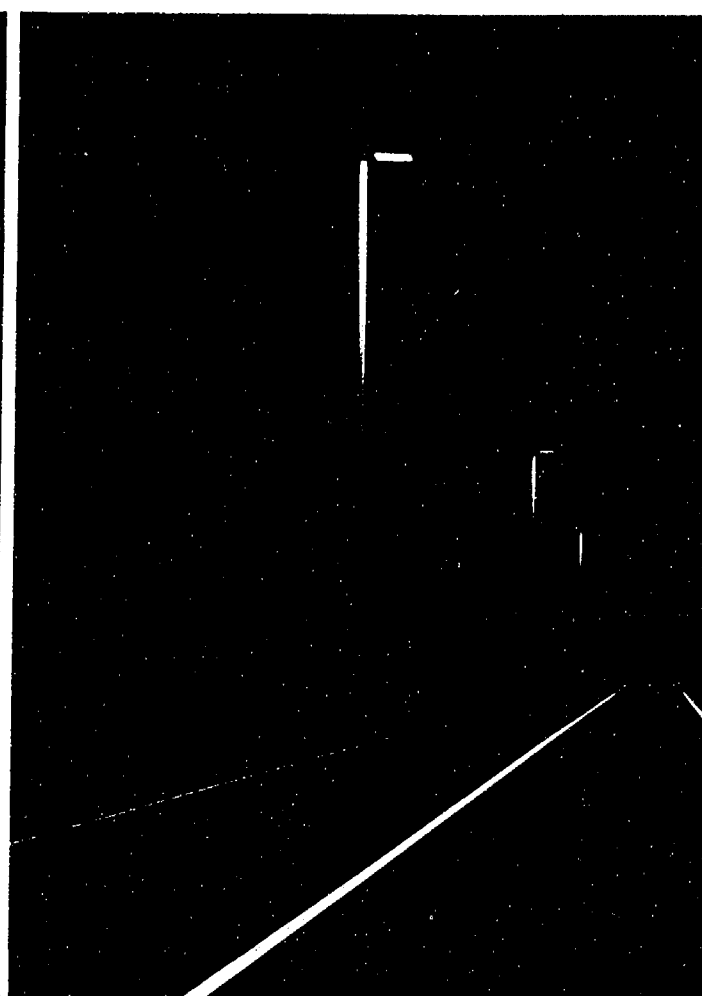
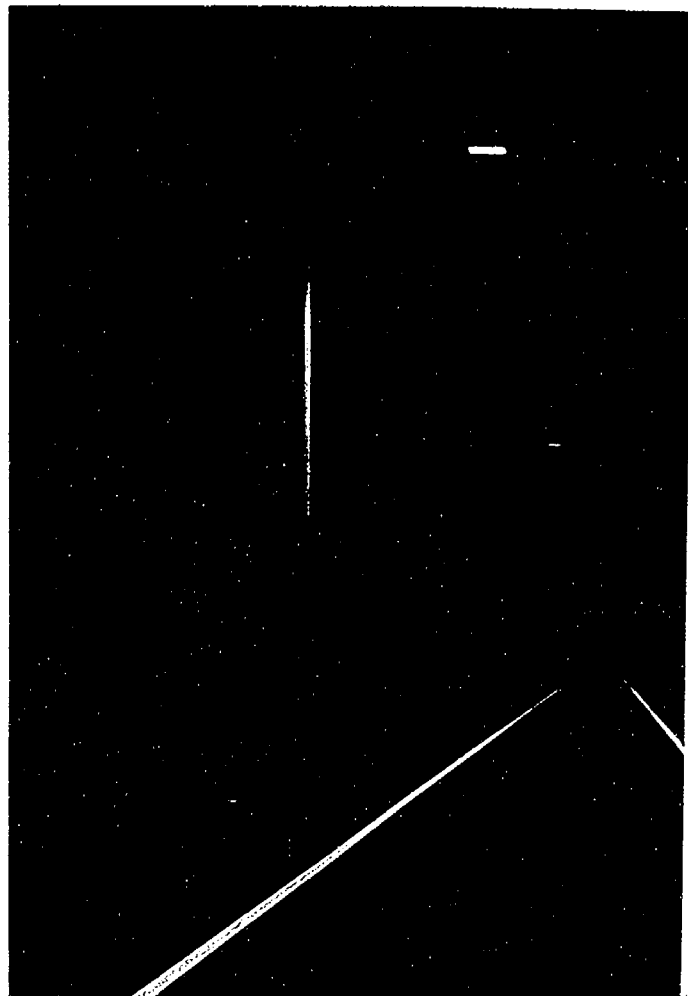


図-3・27 灯具設置位置・車道端(oh=0 m)

図-3・28 灯具設置位置・縁石付近(oh=-2 m)

図は、アスファルト舗装の道路と車道に沿ってコンクリート製の縁石がある道路を想定し、灯具の取付位置を変えた場合の路面と縁石との見え方の変化を示したものである。これらの図によると、車道端に灯具を設置した場合(oh=0 m)と縁石付近(oh=-2 m)に設置した場合とでは、後者の方が縁石の立ち上がり部分は暗くなり、路面と縁石との区別は明らかとなることが判る。

このことは、道路照明器具の光学系を工夫し、灯具を縁石付近に設置すること(直線形ボールの使用)で車道端と縁石の間のコントラストが大きくなり、メリハリのある照明が実現でき、走行のし易さにもつながることを示唆している。

また、直線形ボールを使用することは、道路照明施設の費用低減にも寄与するものと考えられ、同時に道路空間における開放感の増大にも寄与し、運転者に与える圧迫感の減少にも効果があると考えられる。都市部および郊外部の道路を想定し、これにCGで照明施設を設けたイメージ図を照明関係者28名に見せ、アンケート方式で道路空間の「スッキリ感」、「開放感」を調査した。その結果、都市部、郊外部ともに直線形ボールを使用した施設がアーム付きボールを使用した施設より好ましいとする評価が得られた。

3.4 高位置設置の道路照明の経済性に関する検討

高位置設置の道路照明を検討するに当たり、既存の道路照明方式と高位置設置の道路照明方式の経済性を確認しておく必要がある。ここでは、既存の道路照明方式と高位置設置の道路照明方式における経済性を比較検討し、高位置設置の道路照明の有効性を明らかにすることを目的とした。

3.4.1 ポール高さによる設備費・維持の検討

2.4項で検討した道路特性を満足させるために、道路灯の設置高さを従来よりも高くすることにより視認性や快適性を高め、エネルギーの有効利用が可能となる照明器具の開発を検討した。この場合、従来の設置高さの道路灯に比べて経済的な道路照明を実現するためには、道路照明機材のコストに占める比率の高いポールについて、強度計算や保守作業にかかる費用の検討を行うことにより、経済的なポール高さを見出すことを目指した。

強度計算によるポール重量算出と経済的なポール高さの検討によって、図-3・29に示す結果を得た。

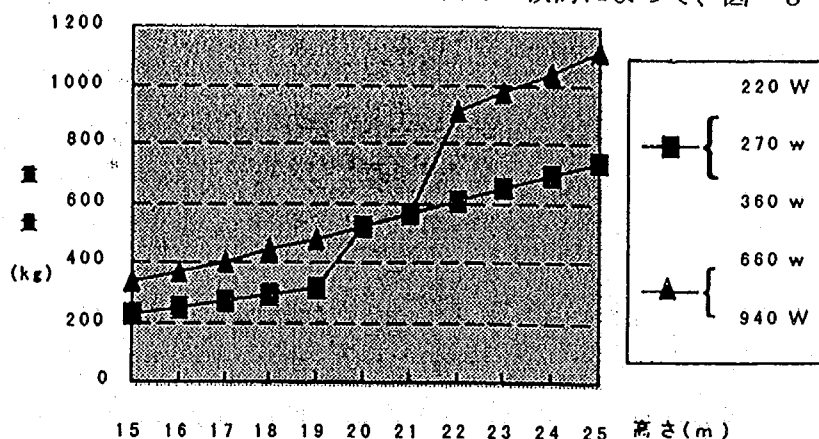


図-3・29 ポール高さと重量

強度計算では建設電気技術協会の道路照明器材仕様書より、設計条件を下記のとおりとした。

設計風速	60m/s
ポールテーパ率	1/100
ポール構造	直線形（ベースプレート式）
ポール材質	一般構造用圧延鋼材（溶融亜鉛メッキ仕上げ）

設置高さに対する設置間隔の比（S/H）を一定とした場合、設置高さを高くするほど設置間隔が広くなるとともに、照明率が低下する傾向にあることから、必要とする光源のワット数も大きくなる。光源が大きくなることによる反射鏡寸法の拡大を加味し、各ワット数に応じた道路灯の大きさを以下のように仮定した。

	長さ	幅	高さ
高圧ナトリウムランプ220W	750	570	570
高圧ナトリウムランプ270W	810	610	375
高圧ナトリウムランプ360W	1000	740	450
高圧ナトリウムランプ660W	1389	1014	619
高圧ナトリウムランプ940W	1532	1114	678

以上の結果で、光源ワット数別に設置高さを15mから25mとして強度計算を行った結果、400W以下、660W、940Wにおいてポール重量がそれぞれ図－3・29に示す結果となった。

図－3・29より、400Wクラスまでの道路灯では、ポール高さが19mより高くなると、ポールに必要な板厚が4mmから6mmとなり、重量が1ランク重くなる。また、700Wクラスの道路灯では、ポール高さが21mより高くなるとポールの必要とする板厚が6mmから9mmとなり重量が1ランク重くなる。

ポール高さを重量（ポールコスト）、保守作業をもとに検討した結果、本検討における高位置設置のポール高さの上限を20mとすることとした。

3.4.2 高位置設置の道路照明が保有すべき経済性

コンピュータ上で作成したシミュレーション配光（高機能形）を用いて、路面光学特性の机上計算を行った。この項では、実際のモデルを想定して、更に具体的な経済性を検討した結果を表－3・17に示す。

表－3・17 高機能形による経済検討

道路灯		現行器具 (K S C－4)	高機能タイプ道路灯 (高機能形)		
設置高さ (m)		10	15		
設置間隔 (m)		35	52.5	60	67.5
S/H		3.5	3.5	4.0	4.5
ランプ		NH180FL	NHT270L	NHT270L	NHT360L
輝度 (cd/m ²)		1.23	1.19	1.05	1.32
総合均斉度 (U _o)		0.28	0.55	0.57	0.52
車線軸均斉度 (U _l)		0.55	0.68	0.63	0.55
機 器 費 （ 円 ）	道路灯	44,900	130,000 (*)	130,000 (*)	130,000 (*)
	ランプ	14,300	15,600	15,600	16,400
	安定器	6,320	7,650	7,650	9,100
	ポール	188,900	264,100 (*)	264,100 (*)	264,100 (*)
	小計	254,420	417,350	417,350	419,600
	1km当たり合計	7,269,143	7,949,524	6,955,833	6,216,296
設備工事費 (円/km)		1,416,457	1,416,457	1,239,400	1,101,689
工事費含単価 (円/km)		8,685,600 (100%)	9,365,981 (108%)	8,195,233 (94%)	7,317,985 (84%)
維持管理費 (円/km・年)		714,390	476,260	416,728	370,425
消費電力 (kW/km)		6.46	9.43	5.50	6.52
年間電力費 (円/km・年)		710,286	691,429	605,000	717,037
1cd/m ² 当たりの年間電力費 (円/年)		1,291,859 (100%)	1,057,293 (82%)	992,918 (77%)	913,635 (71%)

注1) 消費電力は1 km当たりを試算したものを示す。

注2) 年間賞費電力は1 km当たり、年間4400 h 点灯で電力単価25円/kW・hで試算したものを示す。

注3) 機器費は、建設物価平成9年1月版による。ただし、建設物価に記載のないものは見積による
(*) 印。

注4) 設備工事費については、照明柱の建柱および灯具取付に要する作業員数を4名とし、作業1名1日当たりの労務費を18,591円とする。((社) 日本電設工業会「電気設備工事費の積算指針」、建設物価平成9年1月版職種別労務費調査額一覧による)

注5) 維持管理費については、年間の交換光源費、光源交換人件費、照明器具清掃費の和とする。ただし、光源交換人件費は15,000円、照明器具清掃費は10,000円とする。((社) 日本照明器具工業会技術資料114-1990による)

注6) 各種安定器の入力電力は建電協仕様に準じる。

図-3・30を見ると、高位置設置の道路照明(高機能形)を $S=3.5H$ で設置した場合、設備工事費では現行の照明器具を上回るが、維持管理費で下回るので4年で償却可能となる(図-3・31)。 $S=4.0H$ 以上にすることで、初期の設備工事費、維持管理費を含めた電力費ともに現行の照明器具を下回ることになり、経済的効果は大きいと言える。

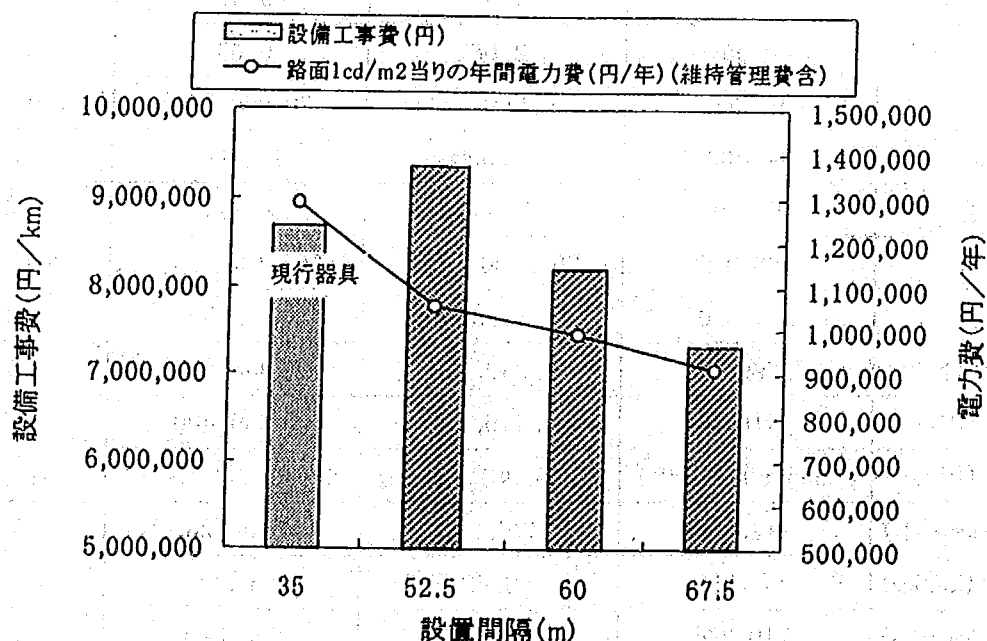


図-3・30 高機能形による経済性の検討

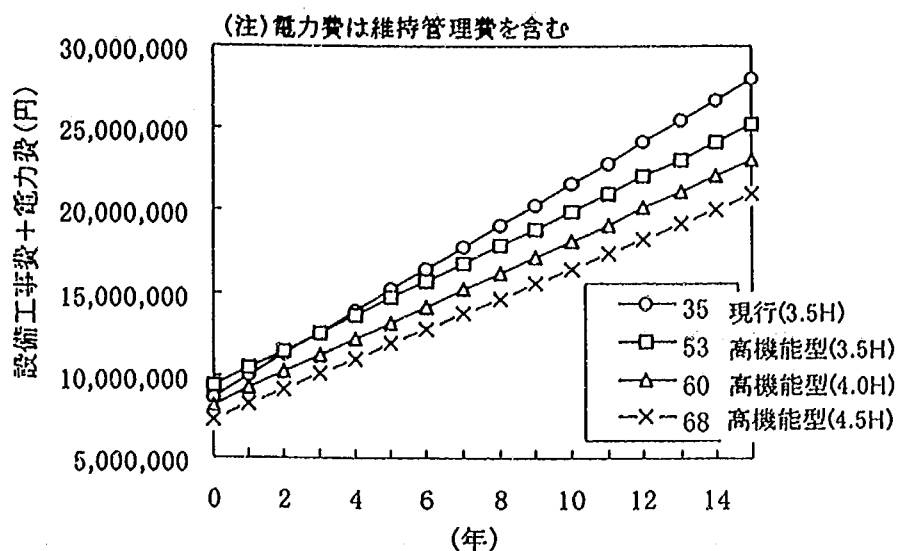


図-3・31 経過年数と経済性

3.5 高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性に関する検討

高位置設置の道路照明の光学的な性能を検討するにあたり、まず既存の照明器具を高位置に設置した場合の光学特性の評価を行う必要がある。既存の照明器具で性能的に問題が無く、また経済的にメリットが得られるならば特に問題はない。しかし、既存の照明器具では性能面もしくは経済性において改善の余地有りと判断された場合、どの部分に改善を加えれば良いかを明らかにして、高位置設置の道路照明としてあるべき姿（光学性能）について検討を行った。

3.5.1 経済性を考慮した照明特性と光学特性

高位置設置の道路照明に関して、既存の照明器具での比較、および高機能タイプの照明器具を想定した場合の経済性の比較を行った結果、既存の照明器具では、高位置に設置することで効率がかかなり低下することから、照明率を改善した高機能タイプの照明器具の必要性が明らかになった。さらに、高機能化、経済性の改善を目指すためには、設置間隔（ S/H ）を3.75以上に拡大することで経済性効果が得られることが判った。

以上をまとめると、

設置高さを15m以上とした場合、

- ・ 照明率0.3以上の性能を持つ照明器具を使用するか
- ・ 設置間隔（ S/H ）を3.75以上に拡大することが可能な照明器具を使用する

ことにより、現行の状態（ $H=10m$ 、 $S=3.5H$ ）に比較して、機器費、電力費の両面で経済効果が得られる。

3.6 一般国道への応用に関する検討

3.2節で検討した「高位置設置の道路照明方式」の概念を、既存技術で一般国道に応用するために、都市

内の国道に多い道路断面を対象に照明効果の検討を行い、都市部の一般国道へ適用する場合の課題を抽出し今後の実用化のための基礎資料とする。

道路照明器具を高位置に設置する「高位置設置の道路照明方式」の効果として、以下のようなことが期待できることから、その具体的手法を検討した。

- 1) 灯具の配列による視線誘導効果が良くなる
- 2) 路面輝度均斉度が改善する
- 3) 灯具の間隔が拡大し、道路景観に優れる
- 4) 灯具の間隔が拡大し、ポールへの衝突事故が減少する
- 5) 経済性が向上する
- 6) グレアが低減する

灯具の設置高さについて10～25mの範囲で検討した結果、経済性、維持保守性、効率の点からポールの高さを道路幅員の2倍程度とすること、すなわち片側2車線の道路幅員7mの場合には15m程度が望ましいとして、これに対応する反射板の構造とその配光性能を求めた。(図-3・32にその概念を示す。)

ここで、

- 1) 灯具の間隔は、設置高さの4倍である60mとした。
- 2) ポールは、道路景観、路肩の見え方、経済性から直線形ポールとした。
- 3) 灯具の前面カバーは、グレアの低減を目的としてフラットガラスを採用した。

これに対して、都市部の一般国道では、道路上部の高架道路や背の高い植栽が設置されていること等から、これら「高位置設置の道路照明方式」の概念をそのまま適用することは困難な場合がある。そこで、15m以下の取付高さでの既存の技術で、「高位置設置の道路照明方式」の概念を、都市部の一般国道への適用を検討した。既存の技術としての照明機器の概要は、以下のとおりである。

- 1) ポールは、現在一般に市販されている直線形とする。
- 2) 照明器具は、直線形ポールに適合し、高圧ナトリウムランプ(T管)専用K S N形(道路照明器材仕様書、(社)建設電気技術協会)とする。

3.6.1 一般国道の概要

関東地方建設局 東京国道工事事務所管内の国道の一部について、その道路状況を調査した。

(1) 使用光源

都市部においては、ほとんど蛍光水銀ランプが使用されており高圧ナトリウムランプの使用は少ない。

(2) 道路の幅員構成

図-3・33は、国道1号線・国道6号線・国道17号線・国道20号線の4路線について、道路幅員を台帳で調査した結果をまとめたものである。

実際の道路構造は、車線数に応じた道路幅員は一定ではなく、車道の左側に路肩がない場所も多い。また、車線数は2車線以外に3車線も多く、また4車線もかなり存在する。

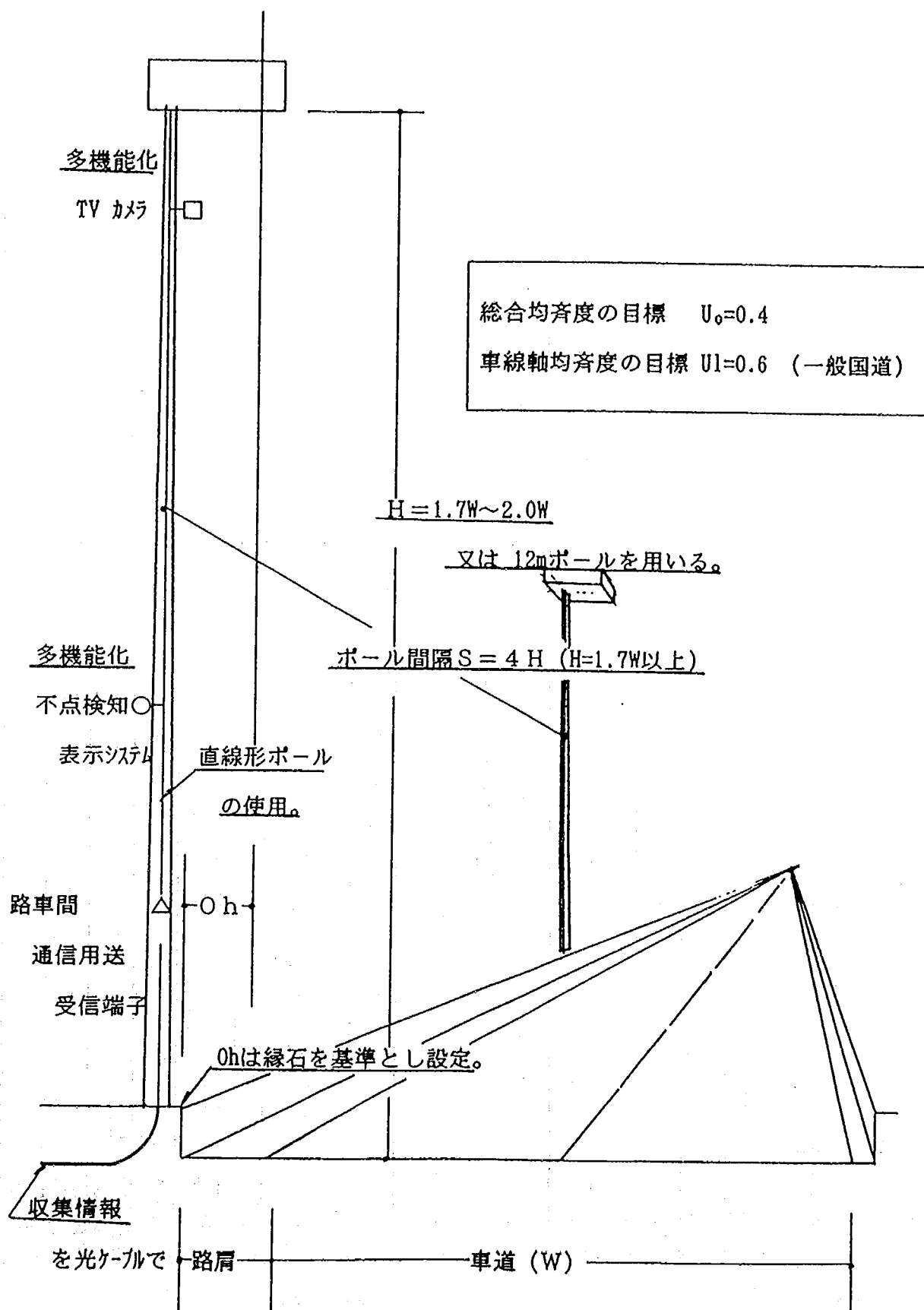
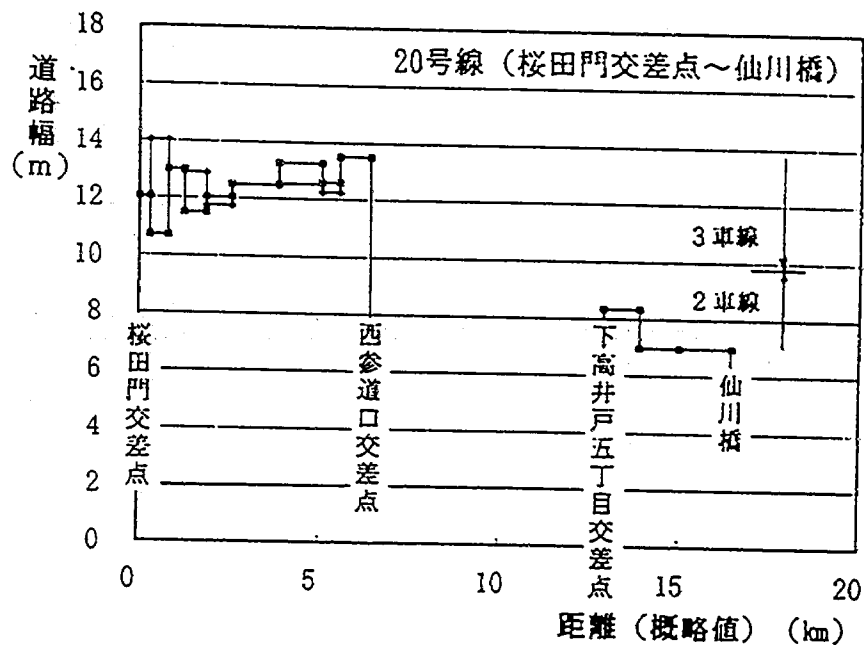
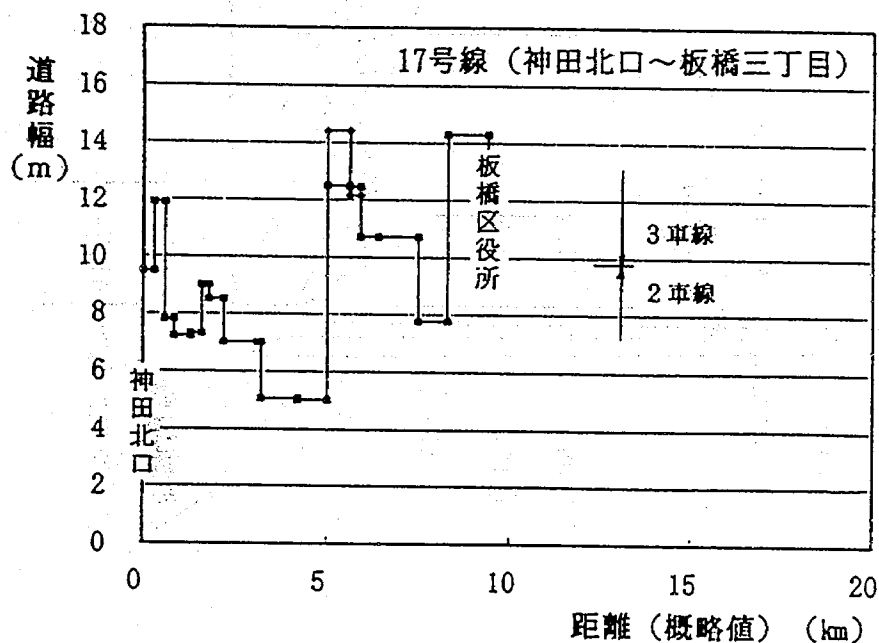
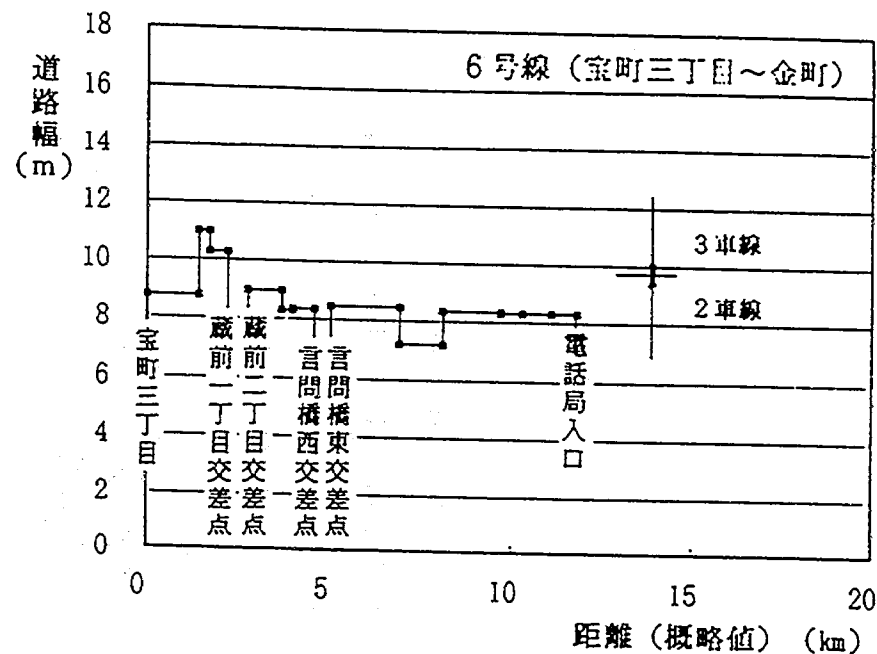
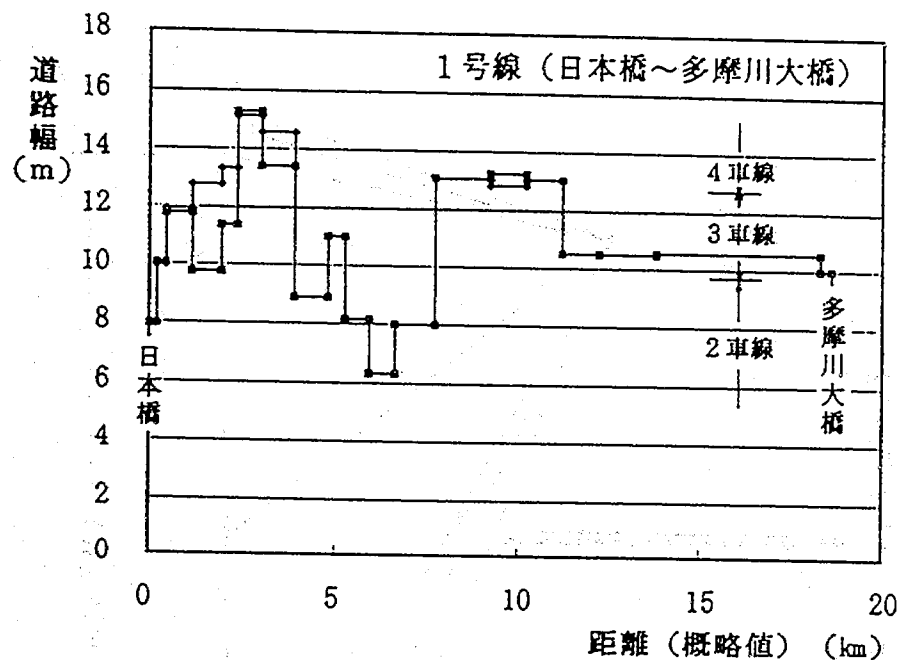


図-3・32 高位置設置の道路照明方式の概念

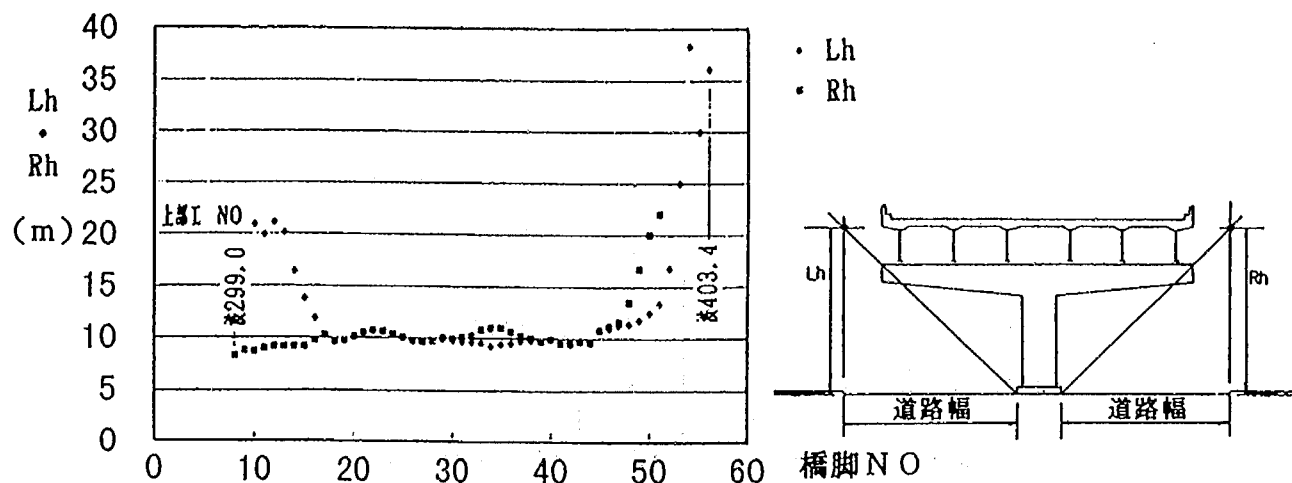
図-3・33 道路の幅員構成の調査例



(3) 高架道路の構造

都市部の一般国道では、道路上部に高架道路（首都高速道路等）が設置されている場所がかなり存在する。

国道246号線の高架道路の状況を調査した結果、片側3～4車線の場所では、アームの出幅がない直線ポールを使用しても、15m高さのポールはそのほとんどが高架道路で遮断され、10～12mであれば概ね問題のないことが判った。図－3・34に、高架道路の構造例を示す。



図－3・34 高架道路の構造の調査例

(4) 植栽の設置状況

都市部の一般国道では、歩道の車道端側に植栽がある場合が多い。直線形ポールの設置に何ら問題のない例もあるが、個々に十分検討する必要がある。

3.6.2 一般国道への適用検討

(1) 検討条件

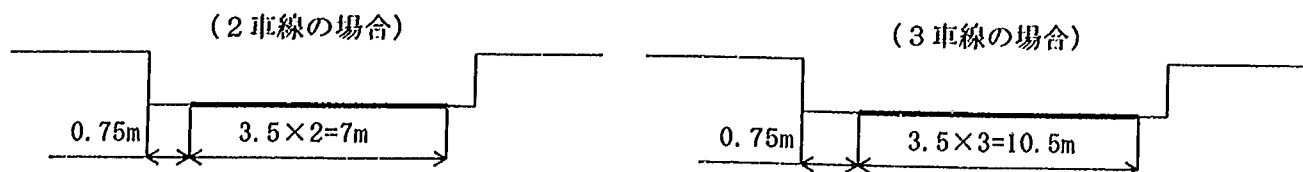
a) 使用光源

高位置設置の道路照明方式は、住宅地域、商業地域において、歩行者の夜間交通量の少ない道路では、効率、寿命特性を重視して高圧ナトリウムランプを、歩行者の夜間交通量の多い道路では、光色、演色性を重視して蛍光水銀ランプ、またはメタルハライドランプを使用することとしている。

b) 道路の幅員構成

調査結果からも判るとおり、車線数に応じた道路幅員は一定でない。また、路肩が狭い場所も多い。

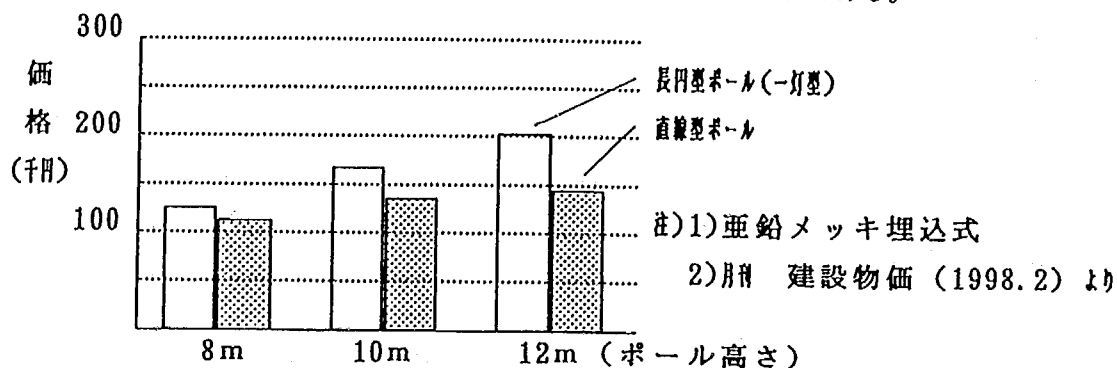
ここでは、平均的な都市部一般国道の道路構造として、調査結果を踏まえて車線の幅員を3.5m、また車道の左側に設けられる路肩の幅員を0.75mとし、片側2車線と片側3車線の場合について検討した。図－3・35に、その道路条件を示す。



図－３・３５ 道路条件

c) ポール

現在一般に市販されているポールの例は、図－３・３６に示すとおりである。



図－３・３６ ポールの種類と価格

現在一般に使用されているポールは、同図の長円形ポールで、その高さは２車線の場合で８ｍまたは１０ｍ、３車線の場合で１２ｍである。

したがって、以下の直線形ポールを使用した時の照明効果を検討することとした。

1) ２車線の場合のポール高さ：現行より高い１０ｍと１２ｍ

2) ３車線の場合のポール高さ：現行と同様の高さ１２ｍ

d) 照明方式

直線形ポールに使用する照明器具は、「道路照明器材仕様書、(社)建設電気技術協会」で標準化されている高圧ナトリウムランプ専用で、同ポールに適合するＫＳＮ－２－Ｈ、ＫＳＮ－３－Ｈ形を使用する。現行の長円形ポール照明方式と直線形ポール照明方式の照明条件は、片側２車線の場合で表－３・１８、片側３車線の場合で表－３・１９のとおりとした。

表－３・１８ 片側２車線の場合の照明条件

	ポールの種類	設置高さ：H (m)	設置間隔：S (m)	使用照明器具	使用光源
現行のテーパポール照明	長円形 10-21	10	35 (3.5H)	KSC-4	HF400
	長円形 10-21	10	35 (3.5H)	KSN-2	NHT180L
直線形ポール照明	直線形 10	10	35 (3.5H)	KSN-2-H	NHT180L
	直線形 12	12	48 (4.0H)	KSN-2-H	NHT220L

表-3・19 片側3車線の場合の照明条件

	ボールの種類	設置高さ：H (m)	設置間隔：S (m)	使用照明器具	使用光源
現行のテーパードボール照明	長円形 12-23	12	42 (3.5H)	KSC-7	HF700
直線形ボール照明	直線形 12	12	42 (3.5H)	KSN-3-H	NHT270L

(2) 検討結果

現行の長円形ボール照明と、直線形ボール照明の照明効果、照明機器費、消費電力の比較一覧を、表-3・20、表-3・21に示す。

a) 片側2車線の場合の比較

輝度均斉度については、目標値である総合均斉度 $U_0=0.4$ 、車線軸均斉度 $U_1=0.6$ に対して、直線形ボール照明の場合、高さ10m、および12mのいずれでも確保できる。

照明機材費については、長円形ボール照明（高さ10m、HF400）に比べて、直線形ボール照明の場合高さ10mで9%、12mで30%安くなった。

また、消費電力についても同様の傾向にあり、長円形ボール照明（高さ10m、HF400）に比べ、直線形照明ボールの場合、高さ10mで48%、12mで41%の電力で済むことを把握した。

b) 片側3車線の場合の比較

直線形ボール照明の場合は、長円形ボール照明と比べ、照明機器費、消費電力ともに低減できるものの車道の総合均斉度 $U_0=0.4$ を確保できない。

表-3・20 片側2車線の場合の比較

		長円形ボール照明		直線形ボール照明	
光源 照明器具 ボール 設置間隔 (m)		HF400 KSC-4 長円形 10-21 35	NHT180 L KSN-2-H 長円形 10-21 35	NHT180L KSN-2-H 直線形 10 35	NHT220L KSN-2-H 直線形 12 48
平均路面輝度 (cd/m ²)		1.86	1.77	1.64	1.54
均 斉 度	総合 Uo	0.50	0.59	0.41	0.50
	車線軸 U11	0.75	0.61	0.68	0.60
	車線軸 U12	0.84	0.71	0.68	0.64
1 k m当たりの灯数		28.6基	28.6基	28.6基	20.8基
照 明 機 器 費	照明器具	44,900	48,800	50,700	50,700
	光源	3,390	14,600	14,600	15,500
	安定器	9,100	6,320	6,320	6,670
	ボール	168,700	168,700	134,200	144,900
	合計単価 (円)	226,090	238,700	205,820	217,770
電 力 費	1km当たり合計 (千円)	6,466	6,827	5,886	4,530
	(%)	100	106	91	70
	1台当たり (W／台)	450	215	215	255
電 力 費	1km当たり合計 (kW)	12.870	6.149	6.149	5.304
	(%)	100	48	48	41

表-3・21 片側3車線の場合の比較

		長円形ボール照明	直線形ボール照明
光源 照明器具 ボール 設置間隔 (m)		HF700 KSC-7 長円形 12-23 42	NIT270L KSN-3-II 直線形 12 42
平均路面輝度 (cd/m ²)		1.79	1.61
均 斉 度	総 合 U ₀	0.44	0.32
	車 線 軸 U11	0.79	0.60
	車 線 軸 U12	0.83	0.67
	車 線 軸 U13	0.85	0.72
1 km 当たりの灯数		23.8基	23.8基
照 明 機 器 費	照 明 器 具	71,200	60,500
	光 源	5,970	15,800
	安 定 器	13,600	7,650
	ボ ー ル	201,800	144,900
	合計単価 (円)	292,570	228,850
	1km当たり合計 (千円)	6,963	5,447
電 力 費	(%)	100	78
	1 台 当 たり (W/台)	748	310
	1km当たり合計 (kW)	17.802	7.378
(%)		100	41

備考) 1. 保守率M=1.0

2. 器材の単価は、建設物価 (1998.2) より

3.7 高位置設置の道路照明の実用化試験

高位置設置の道路照明に求められる性能を検討し、その結果を踏まえて実際の道路へ設置し、光学的性能を確認することを目的とした。なお、実用化試験を行うための施工は、西大宮バイパスで行った。

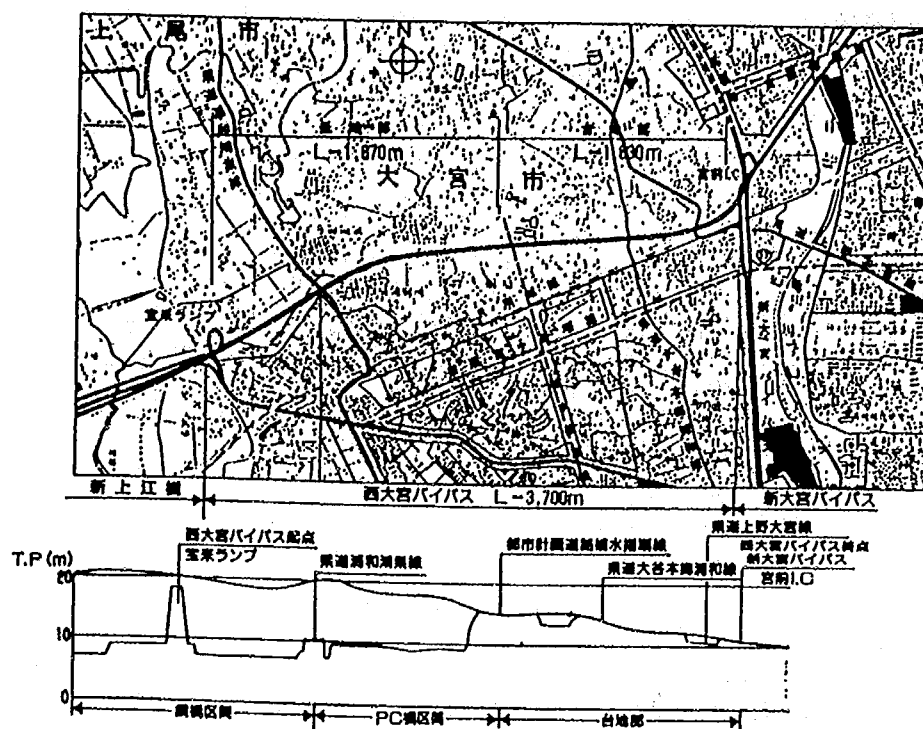
3.7.1 実用化試験の概要

(1) 試験区間の紹介

「西大宮バイパス」は、大宮市内の16号線の混雑解消を図るために計画された道路であり、荒川に架かる上江橋左岸取付から、17号新大宮バイパス宮前インターチェンジ間を結ぶ延長3.7kmの路線である。

図-3・37に、その西大宮バイパスの平面図を示す。

また、全区間のうち、荒川沿いは沖積層の軟弱地盤のため約2kmについて高架構造とし、その他の台地部は地表構造としている。表-3・22は、西大宮バイパスの道路構造規格を示す。

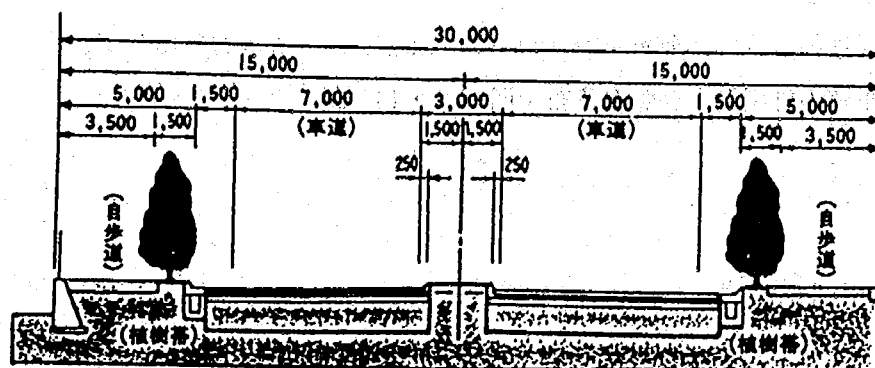


図－3・37 西大宮バイパス平面図

表－3・22 西大宮バイパスの道路構造規格

区 分	低地部高架橋区間	台地部地表式区間
	3種1級	4種1級
設計速度 (km/h)	80	60
曲線半径 (m)	800 以上	2000 以上
縦断勾配 (%)	1.1 以下	2.7 以下
横断勾配 (%)	2	
路面舗装	アスファルト舗装	

試験区間は、高架部に続く台地部で、延長約1.2kmである。図－3・38に、実用化試験対象箇所標準断面を示す。



(単位：mm)

図－3・38 西大宮バイパス標準断面図 (台地部)

(2) 試験区間の照明設備

実用化試験に使用する照明器具は、検討の成果の一つである高位置に設置した場合でも高い照明率を維持できる照明器具の光学系を利用したものである。照明計画上の目標値を表－3・23に、設備の概要を表－3・24に示す。

表－3・23 照明計画上の目標値

項 目		目 標 値
平均路面輝度		1.5cd/m ² (維持) (初期 2.0輝度)
均 斉 度	総 合	U ₀ =0.4
	車 線 軸	U ₁ =0.6

表－3・24 照明施設の概要

項 目	内 容
照明灯設置高さ	15m (路面上)
照明灯設置間隔	約60m
オーバーハング	－1.5m (車道端を起点として)
照 明 器 具	試験用照明器具 (プロトタイプ)
1 基当たりの器具台数	2 台
光源の種類と大きさ	始動器内蔵型高圧ナトリウムランプ (NHT180L)

表－3・24に示したように、照明灯1基当たりに2台の照明器具を取り付けてある。これは、ランプ不点などが発生した場合にも、その区間の路面輝度が著しく低下し、視認性が悪化することを避ける目的で計画したものである。また、この結果、ランプ不点が発生した場合でもランプ交換作業に際し時間的余裕が生まれ、計画的に作業を行うことが可能となる。高位置に照明器具を設置するような照明では、器具間隔が従来のもより広くなることから、このような配慮が必要であると考えられる。

3.7.2 試験用機材の性能とその構造

(1) 照明器具の光学性能

照明器具の光学性能のうち、配光曲線 (図－3・39参照) とこれを使用して、表－3・25の計算条件において求めた車道の輝度および照度分布を図－3・40と図－3・41に示す。

照明器具 (LUMINAIRE TYPE)	DOMIYA		
光源器具 (LAMP TYPE)	NHT180L		
光束径 (LAMP SIZE)	19000 mm		
器具効率 (LUMINAIRE EFFICIENCY)	上灯 UP	0.6	%
	下灯 DOWN	75.0	%
	両灯 BOTH	75.0	%

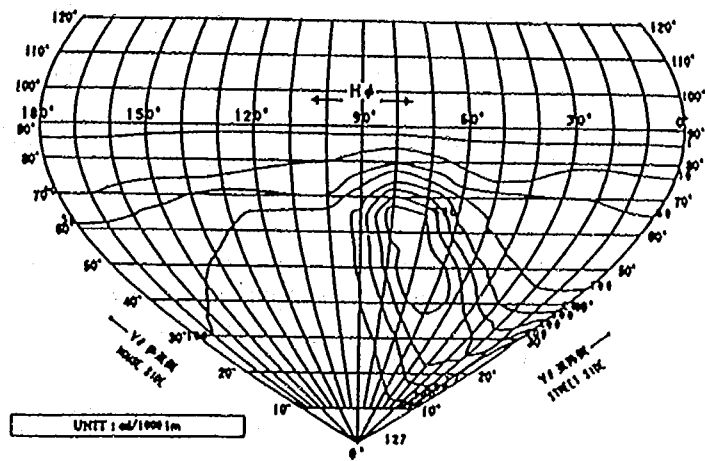
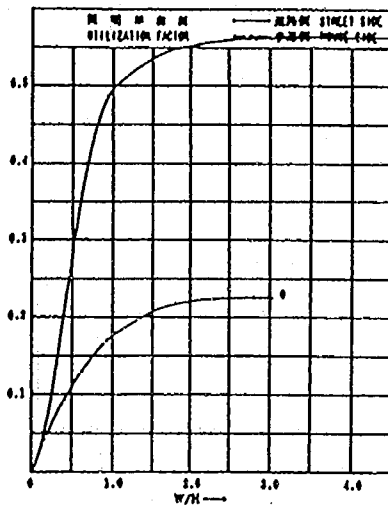


図-3・39 試験用照明器具の光学特性 (配光曲線)

表-3・25 路面の輝度および照度の計算条件

道路要因	片側2車線、中央分離帯付、アスファルト舗装 (C2) $q_o=0.07$
照明器具	試験用照明器具 (西大宮バイパス用照明器具)
使用光源	始動器内蔵型高圧ナトリウムランプ (NHT180L・初期光束19,000 lm)
設置条件	高さ $H=15\text{m}$ 、オーバーハング $oh=-1.5\text{m}$ 、配列：向き合わせ (2灯/箇所)
計算方法	輝度計算方式：CIE、計算灯数(向き合わせ)=12組(24台)、保守率=1

	道路全体(7m 幅)	走行車線(3.5m)	追越車線(3.5m)
平均輝度 (cd/m^2)	2.04	1.92	2.17
最大輝度 (cd/m^2)	3.23	3.03	3.23
最小輝度 (cd/m^2)	1.03	1.03	1.65
均斉度	総合 $U_0=0.5$	車線軸 $U_{L1}=0.58$	車線軸 $U_{L2}=0.58$

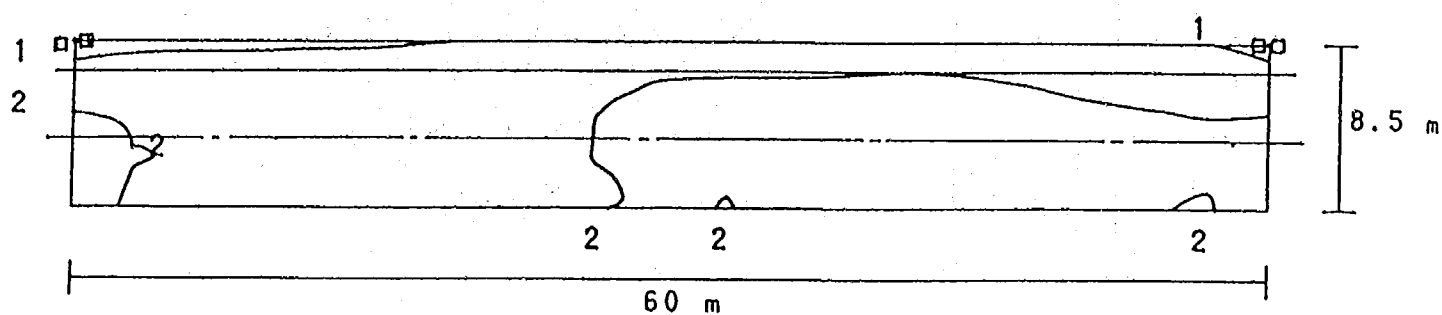


図-3・40(b) 輝度分布図

	道路全体(7m 幅)	走行車線(3.5m)	追越車線(3.5m)
平均照度 (lx)	33.8	28.7	38.9
最大照度 (lx)	88.8	81.1	88.8
最小照度 (lx)	11.8	11.8	20.5
均斉度 (最小/ 平均)	0.35	0.41	0.53

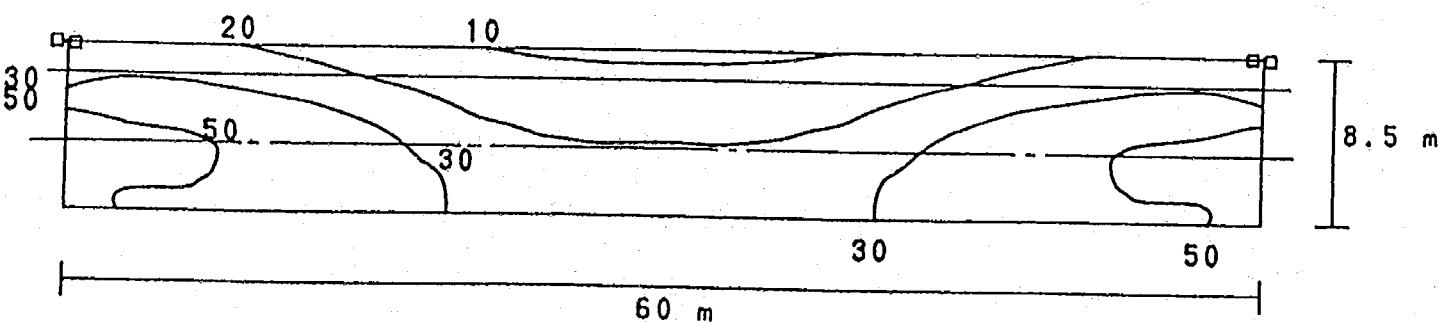
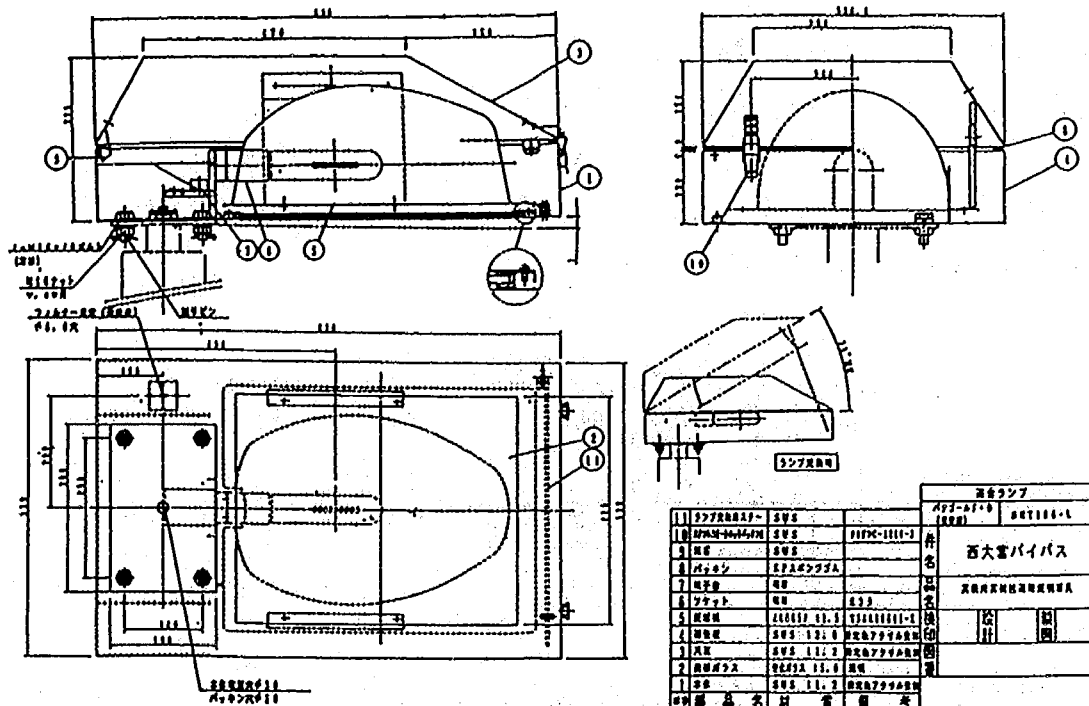


図-3・41 水平面照度分布図

(2) 照明器具の構造

試作した道路照明器具の外形寸法は、図－3・42に示すとおりである。この器具は、本体をステンレス製の板金加工とし、グレアの低減を考慮し前面ガラスには透明で平らな板厚5mmの強化ガラスを使用した。また、振動等によりガラスカバーが開いたり、落下したりするなどの事故を防止し安全性を向上させるために上開き構造としている。



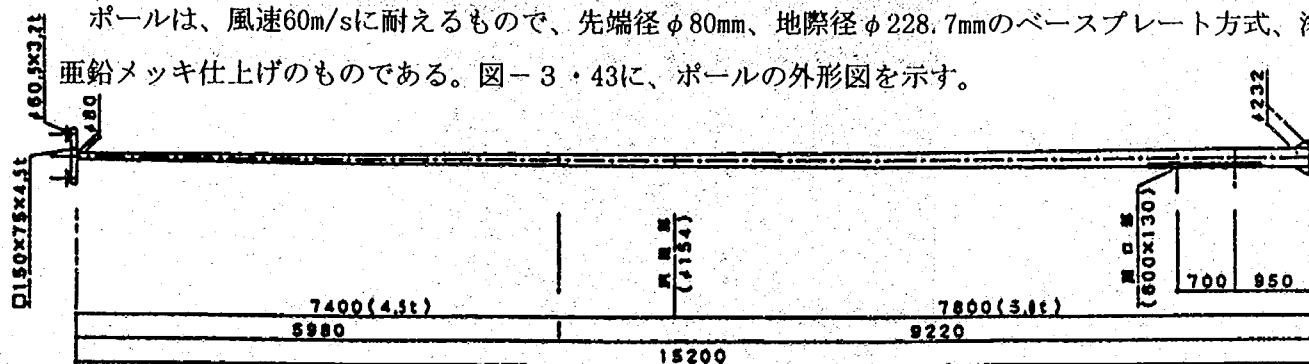
図－3・42 試験用照明器具の外形図

(3) 照明用ポール

実用化試験の実施場所は、片側2車線、往復4車線の中央分離帯付きの道路である。この道路に道路照明施設設置基準に当てはめ照明器具の設置高さを求めると、照明柱の高さは8m以上を選定すれば良いこととなる。

今回は、高位置設置の道路照明方式の検討結果より、道路幅員に対する高さの比を設置基準より大きくすること($15/7=2.1$)とし、実用化試験用照明柱の高さ(15m)を選定した。この結果、照明柱の高さは、道路照明施設設置基準の $H \geq 1.7W$ を満たすものとなる。

ポールは、風速60m/sに耐えるもので、先端径φ80mm、地際径φ228.7mmのベースプレート方式、溶融亜鉛メッキ仕上げのものである。図－3・43に、ポールの外形図を示す。



図－3・43 試験用ポールの外形図

3.7.3 照明器具の性能試験結果

西大宮バイパス用として試作した照明の光学性能（路面の水平面照度）を事前に確認するため、建設省土木研究所試験走路内にある道路照明実験施設で測定試験を行った。

(1) 試験項目および測定器

- a) 水平面照度測定 …デジタル照度計
- b) 平均路面輝度測定…台形マスク輝度計
- c) 最小輝度測定 …スポット輝度計（測定視野1/3度）

(2) 測定結果

a) 水平面照度

水平面照度結果を表－3・26に示す。

表－3・26 照度測定結果

測定結果	照度 (lx)
平均照度	14.9
最大照度	37.4
最小照度	6.2

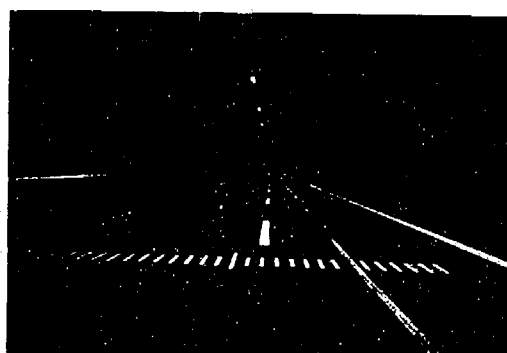
b) 平均路面輝度と最小路面輝度

測定結果を表－3・27に示す。

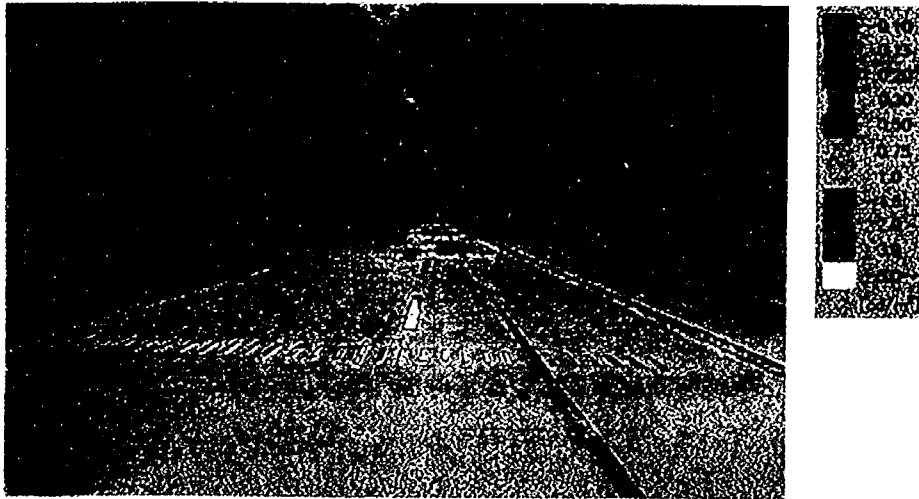
表－3・27 平均路面輝度と最小路面輝度

区分	平均路面輝度 (cd/m ²)		最小路面輝度 (cd/m ²)		総合均斉度 (最小／平均)
	測定値	写真測光	測定値	写真測光	
走行車線	1.3	1.2	0.7	0.9	—
追越車線	1.0	0.8	0.5	0.4	—
全体	1.2	1.0	0.5	0.4	0.4

また、図－3・44に測定時の状況を、図－3・45に写真測光より求めた路面輝度分布を示す。



図－3・44 測定時の路面状況写真



図－３・４５ 測定時の写真測光による輝度分布

(3) 考察

西大宮バイパス用照明器具として試作された照明器具の光学性能、主として照度を中心とした性能確認を行い以下の結果を得た。

a) 照度比較

西大宮バイパス用照明器具の水平面照度における計算結果と測定結果を表－３・２８に示す。

表－３・２８ 水平面照度の計算値と測定値

	計算値	測定値
平均照度 (lx)	13.8	14.9
最大照度 (lx)	38.8	37.4
最小照度 (lx)	4.6	6.2
均斉度 (最小／平均)	0.33	0.42

この結果より、平均照度の測定値は計算値よりやや高い結果が得られた。また、最大照度の測定値は計算値より低く、最小照度の測定値は計算値より高くなった。このことより、照度分布としての均斉度は計算値より測定値の方が良い（高い）という結果が得られた。

b) 平均路面輝度と総合均斉度

土木研究所の試験走路における平均路面輝度の値としては、 1 cd/m^2 程度が得られ、当初の目標値を満たした。また、最小輝度と平均輝度から求めた総合均斉度も目標値である $U_0=0.4$ を満たすことが出来た。

c) 完成時の予測検討

性能確認実験に使用した照明器具の光学特性を使用し、実際の道路に基本的な設置間隔で照明器具を配置した場合の照度および路面輝度を計算により求めた。その結果、初期の平均路面輝度は目標とした

値を満たすことが出来た。これらの結果から、試験用照明器具は設置高さ（H）と間隔（S）との関係を $S = 4H$ とした場合、西大宮バイパス用照明器具として当初期待した結果を満たすものであることが判った。

3.8 まとめ

(1) 高位置設置の道路照明

高位置設置の道路照明の検討を通して、以下のことを把握した。

- ①設置間隔が広くなると、車線軸均斉度および最大輝度勾配とも評価がやや良くなる。
- ②快適性評価では、最大輝度勾配よりも車線軸均斉度の方が相関が高い。その原因として、最大輝度勾配の定義が単位長さ当たりの隣り合う路面輝度の差が最大となる部分であり、その部分を実際のドライバーが見た場合、視角的に狭すぎて識別できないことが考えられる。また、車線軸均斉度は、路面輝度の最大値と最小値の比であり、ドライバーから見た場合にはより实际的である。これらのことから、最大輝度勾配よりも車線軸均斉度の方が快適性の評価に相関が高くなると考えられる。
- ③設置高さ別で比較した快適性評価では、設置高さの高い方（15m）が設置高さの低い方（10m）よりも評価が高く、道路幅員が3車線までは現在の標準設置間隔（3.5H）よりも拡大できる可能性のあることが判った。このことは、設置高さを高くすることでより路面輝度の均斉度が上昇するため、設置間隔を拡大しても問題ないものと思われる。

(2) 道路構造と照明器具設置位置

道路構造と照明器具設置位置の検討を通して、以下のことを把握した。

- ①路肩が狭く、縁石と車道端がほぼ等しい位置関係にあるような道路では、現在の基準に従い設計することで、危険が比較的多く存在すると考えられる路肩付近も明るく、車道の明るさとバランスの取れた良い照明を実現することができる。
- ②路肩の広い道路では、灯具のオーバーハングを $oh = 0\text{ m}$ とすると、路肩付近が暗くなる。このような道路では、路肩と車道とのバランスが取れた明るさとするためにも、灯具のオーバーハングを路肩に近い位置にすることが望ましい。また、国際照明委員会の Pub. 47 により、濡れた路面の輝度分布を計算した結果でも、灯具の位置を縁石付近とすることで路肩付近の輝度も高くなり、視認性を向上させることができる。
- ③CG による検討では、灯具を縁石付近に設置することで、道路と路肩との間のコントラストが大きくなり、メリハリのある照明施設が実現できる。
- ④海外の規格の中でも、イギリスおよび南アフリカの規格では、オーバーハングの基準点を縁石としている。

以上のように、道路の輝度分布を考慮した場合には、乾燥路面でも濡れた路面でも良好な輝度分布が得られる縁石付近を灯具設置位置とすることが望ましい。その結果、直線形ボールの採用も可能となり、照明施設設備費の縮減にも役立つ可能性もあると思われる。

(3) 高位置設置の道路照明の経済性

高位置設置の道路照明の経済性における検討を通して、以下のことを把握した。

道路照明のポールは、道路照明の使用ランプが400Wクラスまでの道路照明器具では、ポール高さが19mより高くなると材料（板厚）が1ランク大きく重くなり経済的でなくなる。

また、現状の保守作業を考慮した場合、実際に作業できる高さの作業車は15m以下であることから、高位置設置の道路照明の経済比較をその15mと現状の高さの10mで行った。その結果、設置高さが従来の10mで間隔3.5Hに比べて設置高さ15mの方が、電力費と維持管理費は設置間隔3.5H以上、工事費を含む単価は4.0H以上で低くなった。

したがって、高位置設置の道路照明は、設置高さ15m・間隔60m以上で経済性に優れていると言える。

(4) 高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性

高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性の検討を通して、以下のことを把握した。

照明器具の持つ配光性能で、照明率が0.3以上の性能を持つ照明器具や、設置間隔（S/H）を3.75以上に拡大出来ることが可能な照明器具を使用することで経済的になる。

(5) 一般国道への応用

一般国道への応用は、高位置設置の道路照明方式の概念を既存技術を利用することを前提として検討した。ここでの既存技術は、1)現在市販されている直線形ポール（最長12m）、2)照明器具は直線形ポールに適合するK S N（H形）とした。以下に、検討結果による把握事項を示す。

①片側2車線の道路では、直線形ポール12mの間隔48mで高圧ナトリウムランプ220W（NHT220L）を使用した場合、長円形ポール10m（10-21形）の間隔35mで照明器具K S C形の水銀ランプ400W（HF400）を使用した場合に比べて、車道の平均路面輝度、総合均斉度はほぼ同等で、設備費や消費電力を低減できる。

②片側3車線の道路では、直線形ポール12mの間隔48mで高圧ナトリウムランプ270W（NHT270L）を使用した場合、車道の総合均斉度は0.4を確保できない。

以上の通り、片側2車線道路では既存技術の応用で高位置設置の道路照明方式の概念を導入することができるが、以下の課題もある。

③片側3車線の道路の場合、高さ12mの直線形ポールでは車道の総合均斉度が確保できなかった。したがって、この場合は、12m以上のポールの使用（13.5mポールが一部で使用されている。）や、照明器具の反射板による配光改善などの検討が必要である。

④都市部の一般国道は、片側4車線の道路もかなり存在する。この場合は、特に車道の総合均斉度が課題と考えられるので、照明器具の配光改善や、中央分離帯への増設などを検討する必要がある。

⑤高位置設置の道路照明方式では、照明器具のグレア低減のため前面カバーはフラットガラスの使用を提言した。そのため、グレア低減策も検討する必要があると考えられる。

⑥高位置設置の道路照明の概念である直線形ポール照明を採用する場合、道路条件による課題が存在する。道路上部が高架道路になっている場合、歩道部の植栽が高い場合には、それぞれ状況に応じた対策が必要である。

(6) 高位置設置の道路照明の実用化試験

本実用化試験では、高位置設置の道路照明として検討した内容を踏まえて、試作照明器具を2灯用として設置高さ15m、標準的な照明器具間隔を60mとして全長約1kmの区間に設置した。その結果、路面輝度や総合均斉度は、当初の目標を達成することが判り試作照明器具の性能が確認されたとともに、次のことも判った。

高位置に照明器具を設置したことによる効果

①道路幅員に対して照明器具の設置高さの比が2倍を超えるような場合には、一般的には向き合わせに配列した照明器具による影響を加味することが出来る。ただし、中央帯の幅が3mを超えるような場合は影響が低くなるので、照明設計上の詳細な検討が必要である。

②照明器具の設置高さを高くした場合には、照明器具の汚れは通常の高さ(12m以下)の場合より少ないと思われる。

照明学会の照明器具の設計光束維持率曲線を利用し、高圧ナトリウムランプを光源とした時の保守率を求めた場合には0.7~0.8程度となる。今後、保守率の値をより正確にするためには、汚れの程度を経年的に測定調査する必要がある。

今後、快適性評価に関係がある平均路面輝度、車線軸均斉度、グレア等の計測や設置間隔を上げた場合の快適性評価などを行いその効果を更に確認するとともに、高位置に設置した場合の汚れの経年変化も確認する必要がある。

第4章 低位置設置の道路照明

4.1 まえがき

道路照明を設置する場合、道路の状況に応じて有効な照明方式を検討する必要がある。道路照明の照明方式は、比較的高い位置から路面を照射するポール照明方式や、低い位置から路面を照射する高欄照明等が考えられる。

本章では、低い位置から路面を照射する低位置設置の”照明”（道路照明を含む全ての照明）に着目し、事例収集、現地調査を行い低位置設置の照明の特徴を把握し、最終的には将来へ向けた低位置設置の”道路照明”の提案を行った。

4.2 低位置設置の照明の分類

4.2.1 設置事例

現在の道路に設置されている低位置設置の道路照明は、そのほとんどが高欄照明方式である。また、設置されている場所も、高さ制限を受けていたり、景観が重要視されるような特殊な場所に限られている。そこで、低位置設置の道路照明の新しい展開を見出すため、様々な場所や用途で全国に設置されている低位置設置の”照明”の事例を収集した。

設置事例は、全国に設置されている約90箇所を収集することができた。

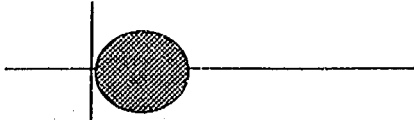
4.2.2 分類

あらゆる種類の低位置設置の”照明”約90の事例収集に際して、照明特性である配光、設置場所、および設置高さについて分類した。

(1) 配光

低位置設置の照明の有する配光特性に関して、3種類（丸い配光、一方向に向かっている配光（高欄照明等）、一方向に向かっているシャープな配光）に分類する。表－4・1に配光による分類された件数を示す。

表-4・1 配光分類による件数

種 類	配 光	件 数
配 光 A	丸い配光 	37件 (41%)
配 光 B	一方向に向かっている配光 (例: 高欄照明) 	44件 (49%)
配 光 C	一方向に向かっているシャープな配光 	9件 (10%)

(2) 設置場所

低位置設置の照明の設置場所による分類を、表-4・2に示す。

表-4・2 設置場所分類による件数

設 置 場 所	件 数
道 路	4件 (4%)
歩 行 者 用 道 路	30件 (33%)
橋 / 歩 道 橋	23件 (26%)
公園 / その他	33件 (37%)

(3) 設置高さ

低位置設置の照明の設置高さによる分類を、表-4・3に示す。

表-4・3 設置場所分類による件数

設 置 高 さ	件 数
埋 め 込 み 式	8件 (9%)
1 m 以 内	56件 (62%)
1 m 以 上	26件 (29%)

4.2.3 配光と設置場所および設置高さの関係

低位置設置の照明の分類別によるまとめを、図-4・1に示す。

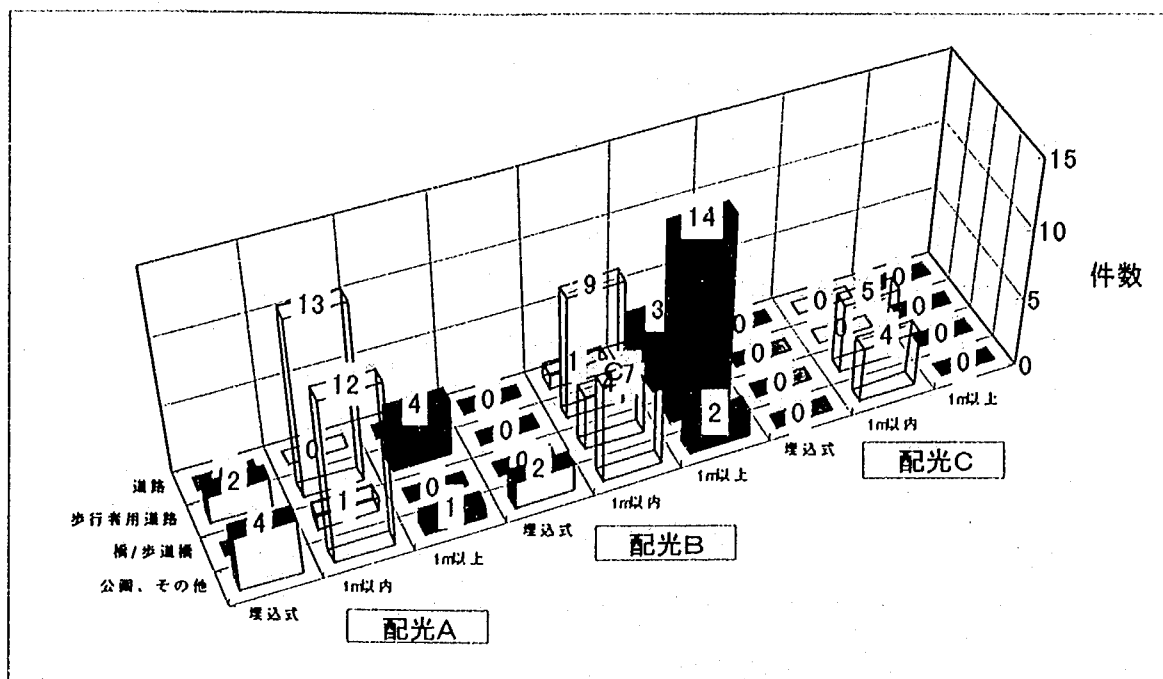


図-4・1 低位置設置の照明の分類別によるまとめ

低位置設置の照明の設置事例の傾向は、以下のとおりである。

- ①配光Aは、歩行者用道路や公園などで使用されることが多く、設置高さが1 m以内のものが主である。
 - ②3種類の配光の内、配光Bを採用している事例が多く、設置場所・設置高さともに多様である。
 - ③配光Cは、公園等で使用される事例が多く、演出照明的役割を果たしていて、埋込式のものが主である。
 - ④道路に設置されている低位置設置の照明は、配光Bのみである。
 - ⑤歩行者用道路、橋／歩道橋、公園は様々な配光や設置高さを採用している。
 - ⑥設置高さとしては、1 m以内のものが多い。
 - ⑦埋込式のものは、公園など、演出的要素が要求されるような場所に設置される事例が多い。
- ことが判った。

4.3 実態調査

道路に設置される低位置設置の道路照明は、配光Bの高欄照明方式が大部分であることから、高欄照明方式の中から代表的な事例として2種類の照明方式を対象に選び実態調査を行った。

4.3.1 調査方法

低位置設置の道路照明の照明方式として、代表的な高欄照明と特殊なパイプ照明（高欄照明の一種）の2種類があることから、これらの照明方式の特性について、調査を行うこととした。調査は、光学特性を確認・把握するため、ビデオ撮影により画像解析を行った。

本調査で用いる画像処理装置は、録画用のTVカメラ、VTR、モニターTV、および再生・処理用のVTR、画像処理装置、ホストコンピュータから構成されている。

測定方法は、測定車両のフロントガラスにTVカメラを取り付け、測定現場を走行し、連続画像を録画する。次に、実験室において、このビデオテープを専用のVTRで再生し、コンピュータと画像処理装置により疑似カラー表示等の解析処理を行った。

4.3.2 関西国際空港連絡橋（高欄照明）

関西国際空港連絡橋は、人工島である関西国際空港と大阪府佐野市りんくうJCTを結ぶ全長3750m・片側3車線の自動車専用道路である。この道路の照明は、航空法の高さ制限から、中央部1.8kmは高欄照明方式、高さ制限がかからない両端部1.95kmはポール照明方式が採用されている。

(1) 測定条件

測定日時：1995年3月9日 19:00から21:00

天 候：曇り

測定場所：関西国際空港連絡橋高欄照明部、東行き・西行き（往復6車線）

路面舗装：アスファルト舗装（乾燥状態）

照明器具の光源：蛍光灯（器具前面ガラス：オレンジ色）

照明点灯の状況：85%調光

測定車の前照灯：消灯

(2) 路面輝度分布

東方向の各車線（路肩部、第1走行車線、第2走行車線、追い越し車線、壁面部）の現地の状況と疑似カラー表示した輝度分布を、それぞれ図-4・2および図-4・3に示す。

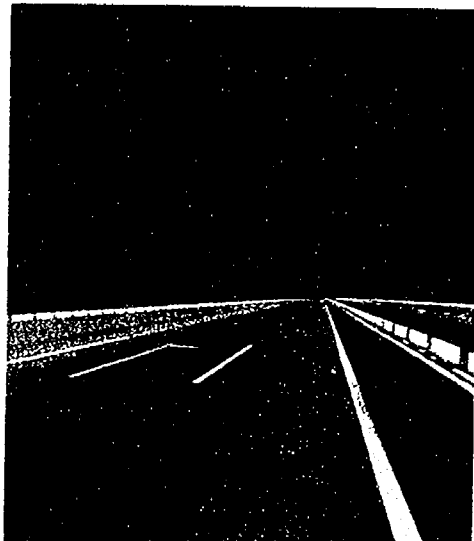


図-4・2 現地状況



図-4・3 疑似カラー表示

(3) 平均路面輝度と車線軸均斉度

各車線の平均路面輝度と車線軸均斉度を表-4・4に示す。

表-4・4 平均路面輝度と車線軸均斉度

測定項目 測定箇所	東 行 き		西 行 き	
	平均路面輝度 L_o	車線軸均斉度 U_1	平均路面輝度 L_o	車線軸均斉度 U_1
第1走行車線	3.29 cd/m ²	0.86	2.94 cd/m ²	0.84
第2走行車線	2.42 cd/m ²	0.88	2.12 cd/m ²	0.91
追越車線	5.33 cd/m ²	0.79	4.77 cd/m ²	0.71
3車線全体	3.68 cd/m ²	—	3.28 cd/m ²	—

(4) 照明状況

路面輝度分布は、道路縦断方向で見た場合、非常にムラの少ない安定した値を示している。道路横断方向は、路肩部、壁面、追越車線、第1走行車線の順で、照明器具に近い車線（路肩部、第1走行車線、追い越し車線）は明るく、照明器具より離れている車線が最も暗いことが判った。

本連絡橋の基準輝度は1 cd/m²で設計されているが、今回の測定では平均路面輝度は車線全体で3 cd/m²以上、車線別で2～5 cd/m²となり、設計値を十分満足している。データとしては、高すぎる傾向であるが、原因として、清掃直後であること、路面が非常に乾燥していたこと、設置高さが低いため遠方の器具の光も影響しているものと思われる。また、高欄照明の路面輝度計算は、CIEではまだ高欄照明の路面の反射特性がないため、正確な机上計算が出来ないのが現状で、今後はその反射特性や平均照度換算係数の確立が望まれる。

車線軸均斉度は、ドライバーの快適性に関係し、CIEの道路分類による本連絡橋の推奨値は0.7とされている。今回の測定結果によると、車線軸均斉度は0.7～0.9であり、十分満足した値となっている。高欄照明は連続設置のため車線軸均斉度は良好であるが、ポール照明に比べて設置高さが非常に低いために、道路横断方向の均斉度の確保が問題となる。

4.3.3 名古屋高速道路（パイプ照明）

名古屋高速道路は、中部圏における初めての都市高速道路として昭和54年開通以来、数次に渡って供用区間を延伸してきた。この道路では、ほとんどの区間においてポール照明方式を採用しているが、名古屋市を東西に走る高速分岐2号線の高さ約15m高架道路一区間では、名古屋城外堀の南側と平行して走っている約500m区間の道路沿線に学術的に貴重なヒメボタルが生息しており、環境保護のため、道路外への光漏れを防止する必要がある、その区間ではポール照明方式ではなく低位置に設置される高欄照明方式のパイプ照明が採用されている。

(1) 測定条件

測定日時：1996年3月8日 19:00から

天 候：曇り

測定場所：名古屋高速道路 高速都心環状線

路面舗装：アスファルト舗装（乾燥状態）

照明器具の光源：180W管形高圧ナトリウムランプ

照明点灯の状況：調光なし

測定車の前照灯：尾灯、すれ違いビーム

(2) 路面輝度分

パイプ照明区間の各車線（左壁面、第1走行車線、第2走行車線、追い越し車線、左壁面）の現地の状況と疑似カラー表示した輝度分布を、それぞれ図-4・4および図-4・5に示す。なお、本データは、前照灯を消灯した場合のみとした。

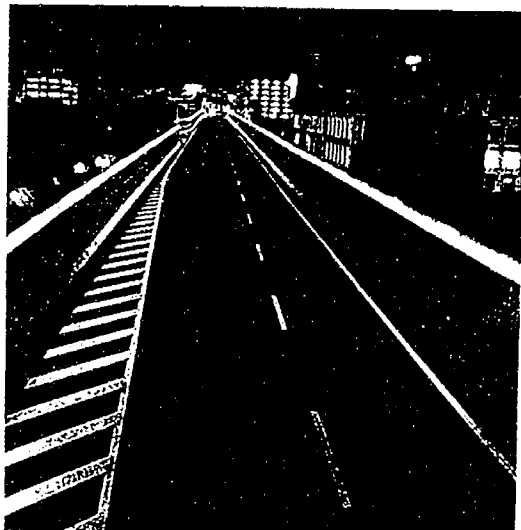


図-4・4 現地状況

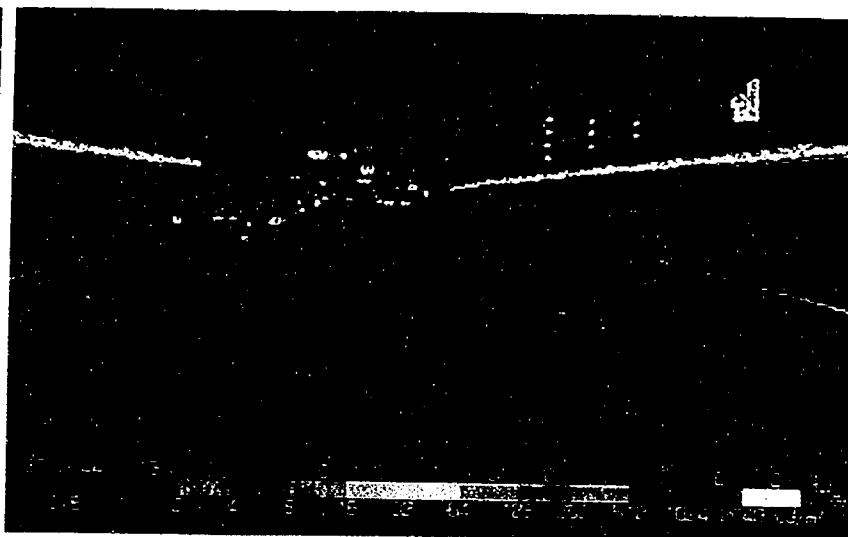


図-4・5 疑似カラー表示

(3) 平均路面輝度と車線軸均斉度

二車線区間と三車線区間における各車線の平均路面輝度と車線軸均斉度を表-4・5に示す。なお、本データは、前照灯を消灯した場合のみとした。

表-4・5 平均路面輝度と車線軸均斉度

測定項目 測定個所	二車線区間		三車線区間	
	平均路面輝度 U_0	車線軸均斉度 U_1	平均路面輝度 U_0	車線軸均斉度 U_1
第1走行車線	—	—	1.1 cd/m ²	0.8
第2走行車線	0.4 cd/m ²	0.6	0.9 cd/m ²	0.7
追い越し車線	0.6 cd/m ²	0.9	0.9 cd/m ²	0.6
車線全体	0.5 cd/m ²	—	1.0 cd/m ²	—
左壁面	—	—	1.6 cd/m ²	—
右壁面	0.5 cd/m ²	—	1.4 cd/m ²	—

(4) 照明状況

輝度分布は、光源に近い第1走行車線と追越車線に対して、光源より離れている第2走行車線の方が若干低い傾向である。また、縦断方向に対しては、全車線とも500m区間を通してほぼ同じ明るさで、照明器具が連続設置されているため、輝度ムラはほとんど見られなかった。横断方向に対しては、二車線区間で0.5cd/m²前後、三車線区間で1.0cd/m²前後前後であり、疑似カラー表示においても主に0～1.0cd/m²の値が占めており、全体的に均一であると言えるが、照明器具より離れている第2走行車線は他の車線と比較して若干暗い傾向が見られた。

平均路面輝度は、各車線に大きな差は見られないが、照明器具に近い第1走行車線と追越車線の値は若干高めとなった。二車線区間は、片側（右側）のみの照明区間であるため、両側配置の三車線区間より輝度値が低くなっている。

車線軸均斉度は、ドライバーの快適性に関係し、道路分類による本名古屋高速道路のCIEによる推奨値は0.7とされている。今回の測定結果によると、車線軸均斉度は0.6～0.9の範囲であり、概ね良好な輝度分布であると言える。

4.3.4 考察

連続照明に採用される最も一般的な照明方式はポール照明方式であり、使用実績も多く関連技術が確立されている。しかし、美観を重視した場所、設置場所が空港周辺であるため航空法の高さ制限を受けるような場所、周辺環境を考慮した場所ではポールを建てるのが困難となる。高欄照明方式は、そのような特殊な場所においてのみ採用されており、関西国際空港連絡橋や名古屋高速道路においても上記に述べた理由から本方式が採用されている。

このように特殊な高欄照明を設置する場合、必要とされる条件は第一に灯具を設置できる壁や高欄の存在である。また、低位置からの照明は、横断方向への均斉度が悪くなるため、道路幅員が大きな道路には適さない。関空連絡橋、名古屋高速ともに三車線道路ではあるが、できれば二車線以上の道路では、両側からの照明が望ましいと考えられる。また、照明器具の配光への考慮も必要とされ、過去の事例においてもシャープな配光が得られるように工夫されており、設置高さや間隔の検討も行われている。さらに、連続設置で器具数が通常よりも多くなるため経済性への配慮も必要とされる。

関空連絡橋のように蛍光灯を使用した事例もあれば、名古屋高速のように光伝送方式によるものを使用した事例もあり、今後もそれぞれの道路条件に適した検討が必要とされる。また、ポール照明部から高欄照明部への移行部においては、極端な明暗の差が生じないようにする必要があると考えられる。

以上のことから、低位置設置の道路照明の実態調査により得られた知見を表-4・6にまとめた。

表-4・6 高欄照明方式の機能

項 目	長 所	短 所	備 考
視線誘導	連続して設置するため、誘導効果がよい。	ポール照明と比べ、昼間時の特にカーブ線形の誘導効果が悪い。	●渋滞時の影響 通常時は影響がなくても、長時間側面から光を受けることで、眩しさをより感じる。ドライバーに対し何らかの生理的・心理的影響を与える可能性がある。 また、前方車が別車線を走行している場合、高欄照明の設置高さが低いため、その前方車に光が照らされる場合がある。
設置場所	設置位置が低いため、路肩が明るくなり走行しやすい。	ドライバーの視線に近いため、グレアが増大する可能性がある。また、等価光幕輝度が増大し、視覚低下を引き起こす可能性がある。	
経 済 性 ・ 保 守 性	設置位置が低いため、メンテナンスが比較的容易である。	連続設置のため、設置数が多く、また、特殊器具のため機器単価も高い。よって、建設、メンテナンス、ランニングコストが高い。車の走行などによる汚れが激しい。	
環 境 ・ 景 観	壁高欄に設置された場合、道路外への光漏れがほとんどないため、周辺への生態系等への影響がほとんどない。また、ポールがないため、道路周辺からの景観も優れている。	光源に蛍光灯を使用した場合、気温による光束の変化を受けやすい。(特に低温時は注意が必要)	

4.4 まとめ

低位置設置の道路照明の新たな展開を見出すために、それに求められる基本条件を以下に示す。

- ・照明器具を連続的に設置したライン照明である
- ・道路進行方向に対する均斉度が良く、チラツキ感を感じない
- ・視線誘導性が良好である
- ・道路周辺への光漏れが少ない
- ・路肩と境界部等を明るくし明瞭にすることで、走行性を向上させる

そこで、以上の基本条件を念頭に、低位置設置の道路照明の特長のうち、周辺への光漏れが少ないという点ではなく、連続照明であるため視線誘導性が良好であるという点に着目した。このような観点から、将来的には表-4・7に示すような照明方式も検討していく必要があると考えられる。

表－４・７ 低位置設置の道路照明の将来構成

照明方式	主 な 特 長
壁 面 間 接 照 明 方 式	・従来どおりの高欄照明方式を採用しているが、照明器具を覆い、そこに反射した光で壁面を照らす。（間接照明） ・境界、中央線に白色発光パイプを通し、車線を明確にする。 ・路面ではなく壁面を照らすことで、道路の境界部が明確にされる。 ・照明器具が覆われているため、ドライバーには直接光が入ることなくグレアが生じる恐れがない。 ・周辺への光漏れがない。
縁 石 照 明 方 式	・縁石の部分に蛍光灯を連続設置する。 ・壁の上に青色発光パイプを通す。 ・低位置より路面が照らされ、特に路肩が強調される。 ・ドライバーの眼の高さよりも低い位置に光源があるため、グレア対策が容易である。
壁 面 発 光 照 明 方 式	・路面上に照明器具を埋め込む。（道路の境界・中央線は白色、車線の中心は線は青色） ・壁面は内照式のような自発光式のものを使用し、強調する。
ラ イ ン 照 明 方 式	・道路の境界、中央線とガードレールの上に白色の発光パイプを通し、道路線形を明確にする。 ・隣接する歩行者用道路には、歩道照明を設置する。

表－４・７に示した低位置設置の道路照明の将来的な構成が考えられるが、今後は効率的な設置方法や設置場所の検討、新光源や材料の開発、新たな機能の検討とともに、省エネルギーで維持管理に優れた低位置設置の道路照明の研究・開発が望まれる。

第5章 高視認性舗装と路面の反射特性測定方法

5.1 まえがき

夜間における路面の視認性を高めるための新しい舗装（以下、高視認性舗装という）技術として、舗装自体が発光する発光体舗装についての文献調査を行ったが、現状では舗装内に蛍光材料や蓄光材料を混入させる検討が行われている段階で、具体的に文献としてまとめられているものはなかった。

これら発光体舗装は、いずれも高輝度を得るのが困難で、特に蓄光材料については、現状技術では実用化が難しい。また、近紫外線を用いた蛍光材料の使用は、比較的高輝度が得られる可能性があるが、近紫外線ランプの設置等に関して問題点が多いと言える。

発光体舗装以外の高視認性舗装技術としては、一般のアスファルト舗装に比べて高い反射率を得られる工夫が行われている舗装（以下、高反射率舗装という）の実用化が試みられている。そこで、高反射率舗装の種類と効果を文献により調査検討した。また、これら舗装面と道路照明による効果との関係を明確にするためには、その反射特性を知ることが不可欠であるが、その検討は行われていないことから、併せて路面の反射特性の測定方法を文献により調査検討した。

5.2 高反射率舗装の調査検討

5.2.1 高反射率舗装の種類と特徴

高反射率舗装には、以下のような種類がある。

(1) ガラスビーズ混入舗装

ガラスビーズや特殊な加工を施したプラスチックビーズ等の再帰反射特性を有する骨材をアスファルト舗装等に混入するものである。再帰反射を利用することで、自動車前照灯で高い路面輝度を得ることが目的である。一般的なアスファルト舗装に比べて5～10倍の再帰反射性能を得られることが確認されているが、耐久性、耐流動性、舗装色の影響を受ける（高輝度を得るのが困難）等の問題があり、普及はしていない。

(2) ガラス骨材混入舗装

破碎ガラス入り混合物およびガラスビーズを散布する方法で、昼光や自動車前照灯によって、光を乱反射し、運転者の注意を喚起する目的で用いられる場合が多い。

(3) 半たわみ性舗装

空隙率の大きな開粒度タイプの半たわみ性舗装用アスファルト混合物にセメントミルクを浸透させたものである。アスファルト舗装のたわみ性とコンクリート舗装の剛性を複合的に活用して、耐久性のある舗装を造ろうとするものであり、路面の白色化によって、反射率が向上する。

(4) 明色舗装

人工的に焼成した白色の骨材と天然産の白色の骨材がある。天然産の白色の骨材としては、ケイ石等が

あるが、人工的に製造した骨材に比較して反射率が低い。人工骨材としては、ケイ砂、石灰、ドロマイドを溶融して造ったものが再帰反射も大きく、明色効果も高い。

アスファルトは、一般の舗装用石油アスファルトを使用するが、明色効果を更に高めるために石油樹脂(脱色バインダ)を用いることもある。

(5) 着色舗装

主にアスファルト混合物系の舗装に色彩を付加したものである。加熱アスファルト混合物にベンガラ等の顔料を添加するもの、着色骨材や樹脂系結合材料を使用するものがある。

(6) 排水性舗装

路面から雨水を速やかに排水することを目的(路盤以下の強度低下の防止)として、排水性舗装用アスファルト混合物を表面・基層に用いて、路盤以下に水が浸透しない構造としたものである。通常の工法の場合、反射率に変化はないが、夜間の雨天時は表面に雨水が溜まらないことから視認性が良い。

半たわみ性舗装と同様に排水性舗装体にセメントミルクを浸透させる工法が考えられ、このセメントミルクに着色する方法がある。

5.2.2 高反射率舗装の問題点

(1) ガラスビーズ混入舗装

舗装色が再帰反射性能に大きな影響を与えるので、明色舗装との組み合わせ等による路面の視認性の向上が必要である。

(2) ガラス骨材混入舗装

この舗装は、一部で実用化が図られている。路面全体をより均一に輝度を高めるためには、骨材の関係で問題がある。

(3) 明色系の舗装

半たわみ性舗装、白色の骨材の混入や脱色バインダを用いた明色舗装、着色舗装などは、道路照明との組み合わせが効果的と言える。しかし、道路照明設計に利用できる反射特性が明らかにされていないので、今後の検討が必要である。

(4) 排水性舗装

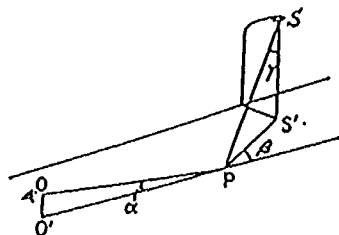
一般的に経年時における目詰まりが懸念されているが、明色系の舗装等と同様、道路照明設計に利用でき、反射特性の解明(特に湿潤時)が今後必要である。

5.3 路面の反射特性測定方法の調査検討

5.3.1 路面の輝度と路面の反射特性

図-5・1において、観測者Oが見ている路面上の一点Pの輝度を L 、この部分の水平面照度を E とすると、輝度 L は次のように示すことができる。

$$L = q E$$



S : 器具中心 S' : 器具中心直下
 O : 観測者の眼 O' : 観測者の眼の直下
 α : 観測角
 β : 入射面と観測面のなす角 (水平面)
 γ : 光の入射角 (入射角)

図-5・1 路面輝度を計算するときの路面反射特性の表示

ここで q は、点 P の水平面照度が 1 lx の時の O 点から見た点 P の輝度で、輝度係数と呼ばれており、図-5・1に示す3つの角度 α 、 β 、 γ によって決まる。

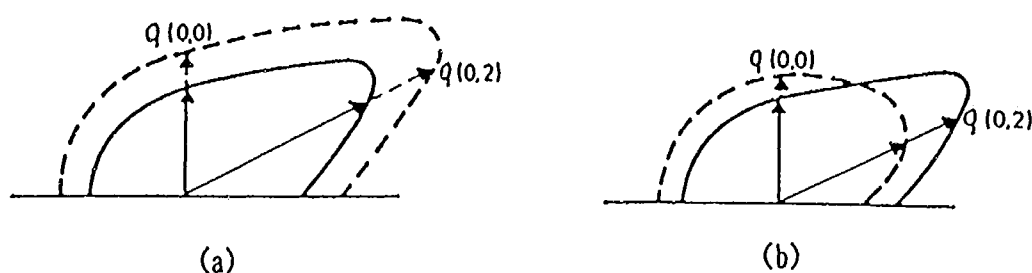


図-5・2 鏡面係数 S_1

図-5・2は、鏡面係数 S_1 の説明図で、(a)は S_1 が同じで q_0 が異なる場合、(b)は q_0 は同じで S_1 が異なる場合である。

Pub. No. CIE 30-2(1982)では、2種類の体系 (R体系とN体系) で分類し、それぞれ4つのクラスに標準の r -tableを与えている。

各クラスの内容は、表-5・1のとおりである。

表-5・1 路面の反射特性の分類

クラス	反射特性係数の標準値			路面の種類
	q_0	S_1	S_2	
R 1	0.10	0.25	1.53	明るい骨材が15%以上含むアスファルト路面 コンクリート路面
N 1	0.10	0.18	1.30	
R 2	0.07	0.58	1.80	明るい骨材が10~15%含むアスファルト路面
N 2	0.07	0.41	1.48	
R 3	0.07	1.11	2.38	骨材の砂利が10mm以下で、粗いきめの アスファルト路面
N 3	0.07	0.88	1.98	
R 4	0.08	1.55	3.03	滑らかなきめのアスファルト路面
N 4	0.08	1.61	2.84	

Pub. No. CIE 66(1983)では、更に標準分類体系として、表-5・2のようなC体系を確立しており、現在、国内でもこの分類による標準のr-tableで路面輝度計算が行われている。

表-5・2 路面の反射特性の分類 (C体系)

クラス	反射特性係数の範囲	反射特性係数の標準値	
	S 1	S 1	q 0
C 1	0.4未満	0.24	0.10
C 2	0.4以上	0.97	0.07

表-5・1のR 1 (N 1) はC 1に相当し、R 2、R 3、R 4 (N 2、N 3、N 4) はおよそC 2に相当している。

5.3.2 路面の輝度係数の測定例

(1) 国内での測定例

1) 久保、堀の報告

①測定装置：三次元ゴニオホトメータ

②測定方法：路面サンプルの測定視野は、直径3cm (サンプルの大きさは5cm×5cm)、観測角は1度

ここで、自動車運転者の路面の注視範囲としては、目の高さ1.5mの時で60~160m前方とされており、観測角 α は1.5度~0.5度の範囲になる。この範囲の観測角の変化は、輝度係数にほとんど影響がないとされており、観測角 α は1度と考えられている。したがって、輝度Lは次のように示すことができる。

$$L = q(\beta, \gamma) \cdot E$$

$$= q(\beta, \gamma) \cdot \{I(\beta, \gamma) / h^2\} \cdot \cos^3 \gamma$$

$$= r(\beta, \tan \gamma) \cdot \{I(\beta, \gamma) / h^2\} \quad I(\beta, \gamma) : \text{路面上のP点方向の光度}$$

ここで、

$$r(\beta, \tan \gamma) = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma$$

上式の $r(\beta, \tan \gamma)$ をr-tableとよび、その一例を示すと、図-5・3のようになる (CIE Pub. No. 30-2, 1992)。

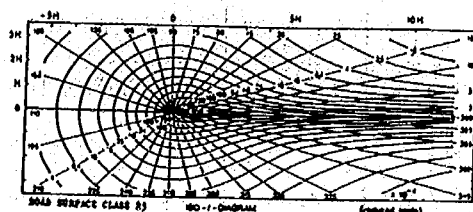


図-5・3 ISO-r-DIAGRAM

このような路面の反射特性は、一般に、

- ①艶の状態を示す反射特性係数（鏡面係数）
- ②色彩的な明暗状態を示す反射特性係数（平均輝度係数）

の二つの反射特性係数の組み合わせによって分類されている。

a. 平均輝度係数

平均輝度係数とは、全輝度係数の立体角的平均値を表すもので、下式で定義される。

$$\text{平均輝度係数 } q_o = (\int_o q(\beta, \gamma) d\Omega) / (\int_o d\Omega)$$

b. 鏡面係数

鏡面の程度を示す鏡面係数は、下式のような κ と S_1 、 S_2 の定義がある。現在、国際照明委員会（CIE）では、 S_1 、 S_2 が使用されており、これが一般的である。

- 鏡面係数 $\kappa = \log(q_o / q_{\min})$
- 鏡面係数 $S_1 = r(0, 2) / r(0, 0)$

$$S_2 = q_o / r(0, 0)$$

2) 成定、宮下、原の報告

①測定装置

路面サンプル用支持台を中心とし、この支持台の中心より一定の長さを持った輝度計受光部が、路面のサンプル面と同一水平面上を軸回転する。この装置全体は、床面に設置されたレール上を縦横に移動でき、サンプルのサンプルの軸回転と合わせ、サンプルに対する光の入射方向（ β ， γ ）を変化させることができる。図－5・4に、測定装置の外観を示す。

②測定方法

路面サンプルの測定視野は、長さ500mm、幅50mm観測角（ α ）は1度



図－5・4 測定装置の外観

3) 芹澤、山本の報告

①測定装置

光源が垂直回転機構で移動し、 β ， γ を可変する。受光部は、固定。

②測定方法

観測角（ α ）は1度、測定距離1.5m

(2) 国際照明委員会 (C I E) の測定方法

① 観測角 (α) は1度

② 照射装置

光源の高さは $\gamma = 0$ 度で、光源から見た測定範囲が10度×4度 (長さ×幅) 以下。

光源の大きさは $\gamma = 0$ 度で、測定範囲の中心から光源を見て4度以下。

図-5・5に、測定方法を示す。

③ 測定範囲

幅は5～10cm、長さは20～30cmの矩形。

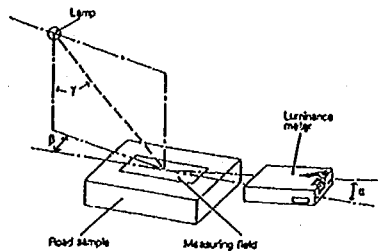


図-5・5 測定方法

5.3.3 路面の反射特性係数の測定

(1) 国内での測定例

1) 成定、宮下、原の報告

測定装置の外観は、図-5・6に示す。本装置は、平均輝度係数 q_o と垂直輝度係数 q_v の値が測定できる。

ここで、鏡面係数 κ は、数多くの測定データより次のように求めている。

$$\kappa = 1.20 \cdot \log (q_o / q_v)$$

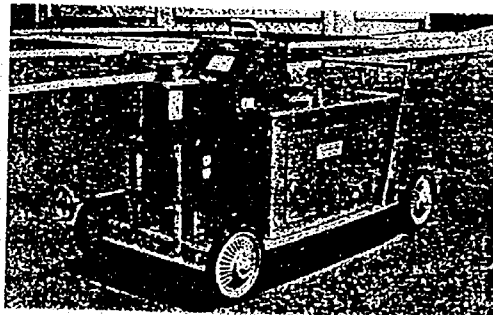


図-5・6 測定装置の外観

2) 岩崎電気㈱の報告

原理は上記1)とほぼ同様である。鏡面係数 κ は、次のように求めている。

$$\kappa = 1.14 \cdot \log (q_o / q_v)$$

(2) LTL-200 (デンマーク製、SOLENSSEN)

スイスでは、路面の反射特性の調査方法として、LTL-200 (デンマーク製、SOLENSSEN) を使用している。この測定器は、CIEで標準路面として提案している路面の反射特性係数

(q_0 , S_1 , S_2) を測定するものであり、8 個のランプが装備されている。測定対象の路面寸法は、約 $25\text{cm} \times 5\text{cm}$ である。

測定器の寸法は、概ね長さ 90cm 、奥行き 50cm 、高さ 60cm である。装置の外観は、図-5・7 に示すとおりである。

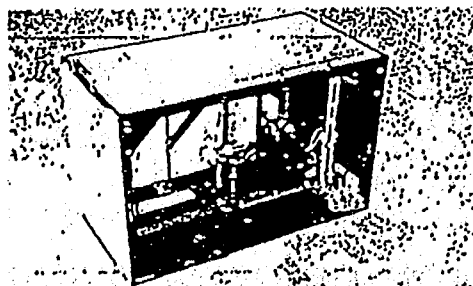


図-5・7 LTL-200 の外観

5.4 まとめ

5.4.1 高視認性舗装

道路照明に関係した高視認性舗装としては、ガラス骨材混入舗装や、明色系の舗装（半たわみ性舗装、明色舗装、着色舗装など）が考えられる。これらの舗装による道路照明への効果は明確にされていない。道路照明設計を実施する場合の反射特性の把握、障害物の見え方効果等を明らかにする必要があると思われる。

また、これらの舗装は高価であることから、費用対効果にかなり問題があり、実用化にあたってはこの点に留意する必要がある。

5.4.2 路面の反射特性測定方法

路面の反射特性の測定方法について調査した結果、測定装置の概略仕様は以下のとおりとなる。

(1) 輝度係数 q (β , γ) の測定

1) 輝度計の測定距離と視角

CIEによれば、路面の測定範囲は幅 $5 \sim 10\text{cm}$ 、長さ $20 \sim 30\text{cm}$ と言われている。これは測定距離を 2m とすると、輝度計の視角は幅で ± 1 度、上下で ± 3 度程度の台形視野の輝度計が必要と言える。

2) 光源の高さ

CIEによれば、入射角 $\gamma = 0$ 度で、光源から見た測定範囲が 4 度 $\times$ 10 度以下と言われているので、路面の測定範囲を幅 7cm 、長さ 20cm とすると、光源の高さは 1.5m 程度が望ましいと言える。

3) 光源の種類

光度値が安定すること、光源が小さいこと、比較的高光度が得られることを考えると、ハロゲン電球が適切と思われる。

4) 水平角 β 、入射角 γ の設定方法

水平角 β 、入射角 γ の設定方法としては、以下が考えられる。

①測定点を中心に光源を回転して入射角 γ を変化させ、その回転面を水平移動し水平角 β を変化させ

る。

②光源は固定で路面サンプルと輝度計を、同時に床面上を縦横に移動する。

①の方法の場合、②の方法に比べて、狭い面積で測定できるが、入射角 γ が大きくなるにしたがって、路面サンプルへの入射光の幅が広くなって、誤差の原因になるものと思われる。

(2) 反射特性係数（平均輝度係数 q_0 、鏡面係数 S_1 、 S_2 ）の測定

成定、宮下、原の報告、岩崎電気㈱の報告に準じて、 $r(0, 2)$ の測定項目を追加することで S_1 、 S_2 を求めることができる。

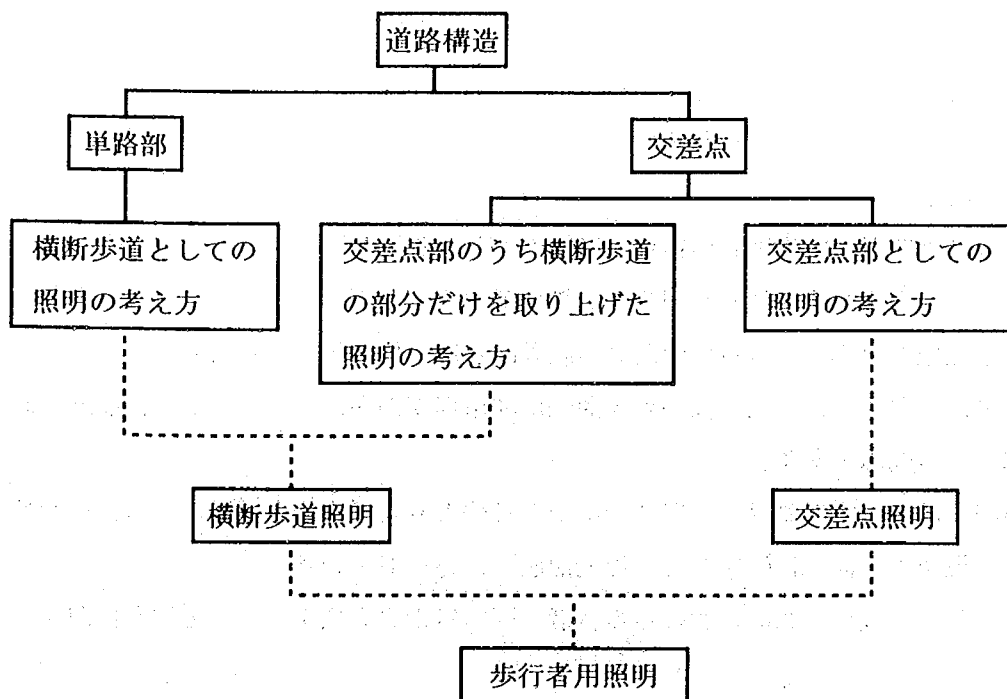
測定装置の整備については、今後の新しい高視認性舗装の出現にあわせて、さらに検討する必要がある。測定装置の設計にあたっては、特に受光器となる輝度計や水平角 β 、入射角 γ の設定方法については、予備的な実験検討が必要と思われる。

第6章 歩行者用照明

6.1 まえがき

近年、我が国の国民生活が24時間化に進み、夜間における生活環境も活発化してきた。このため、歩行者空間を取り巻く環境も大きく変化しており、歩行者に配慮した空間整備が重要な課題となっている。

そこで、好ましい歩行者用照明の提案を目的とするため、歩行者を対象とした照明施設が設置される道路の分類、および必要とされる照明施設を明確にした。図－6・1に、道路構造の分類を示す。ここで言う単路部とは、分岐・合流のない道路構造のことであり、交差点とは、十字路・T字路など2種類以上の道路が交差する道路構造を示す。



図－6・1 道路構造の分類

本章では、道路構造の分類から求められる歩行者用照明について3節に分け、6.2節で歩行者全般に関わる歩行者用照明、6.3節で横断歩道照明、6.4節で交差点照明の検討をそれぞれ行った。

6.2 歩行者用照明に関する検討

歩行者用照明の現状の把握と課題を抽出するために、実態調査を行った。次に、歩行者に配慮した夜間の空間整備のためのガイドラインを作成することを目的に、文献調査と面接調査、印象評価実験、および現行の照明基準調査を行った。

6.2.1 歩行者用照明の実態調査

(1) 調査方法

近年の歩行者空間における照明設備が、どのように整備されているのかを把握するために、次の10項目について実態調査を行った。調査件数は、50施設とした。

- ①管理者名
- ②設置場所
- ③竣工年月
- ④照明設置状況
- ⑤灯具・ポール姿図
- ⑥歩道条件
- ⑦設置状況
- ⑧施設概要
- ⑨照明設置による効果
- ⑩照明設置により生じた問題点

(2) 調査結果

歩行者用照明の実態調査の結果、以下のことが判った。

- ①光源は、白色光源（蛍光水銀ランプ等）が主流である。
- ②商業地域と公園における照明器具の設置高さは、他の地域よりも低い。
- ③過去に設置された照明設備の設置間隔は50m程度が多かった。しかし、最近設置されたものは、15～25m間隔である。
- ④照明設備は、安全確保や犯罪性の向上を目的とした「点的な照明」から、快適性（豊かさ）や景観および視認性の向上に配慮した「線的照明」に移行している。

以上より、今後は、夜間における歩行者空間の豊かさを向上させる方法を検討する必要があると考えた。

6.2.2 歩行者空間の豊かさ

歩行者に配慮した夜間の空間整備のためのガイドラインを作成することを目的に文献調査を行い、夜間における歩行者空間の「豊かさ」の構成要因を推定した。

中山らは、レパトリグッド発展手法による面接調査と多次元尺度法を用いて、居間照明の「豊かさ」に関する要因と評価構造を明らかにしている。そして、居間の豊かさは、以下の3つから構成されるとした。

- ①「落ち着く」、「くつろげる」等、安らぎに関する面
- ②「雰囲気が良い」、「遊びがある」等、雰囲気を演出しようとする面
- ③「変化がある」、「ただ明るいだけでない」等、変化を求める面

一方、松村らは、レパトリグッド発展手法による面接調査と多次元尺度法を用いて、夜間の住宅地街路における「不安感」の評価が「街路形態・人の気配・対犯罪性・暗さ」の要因に左右されることを

明らかにした。

以上の結果、歩行者空間は、居間とは異なり不特定多数の人が利用するので、その「豊かさ」は、松村らが研究した「安心感」をベースに、中山らの豊かさ（安らぎ・雰囲気演出・変化）が加わったもので構成されると推定した。なお、（安らぎ・雰囲気演出・変化）は、演出に関係する要因と考えられ、容易に設計の標準化を図ることは困難であると思われる。したがってここでは、豊かさの基本と推定した『安心感』について研究することにした。

6.2.3 歩行者空間の安心感

夜間における歩行者空間の「安心感」の意味を明らかにするために、安心感の評価言語を抽出し、その評価構造を推定するために面接調査を実施した。

(1) 面接調査の方法

面接調査では、夜間の歩行者空間を写した30枚の写真（エレメント）を用いて、安心感进行评估する言語を抽出した。これには、レポートリーグリッド発展手法を用いた。この方法は、被験者にエレメントをグループ分けさせることによって、評価言語とその構造を把握するものである。なお、被験者は10名とした。

調査方法は、まず、被験者個々に好ましさの観点からエレメントとした写真を5組に分割させ、各組をより上位の組と比較させ、好ましいとした理由を被験者の言葉で評価させた。この言葉を評価言語として記録した。

次に、記録した評価言語の因果関係を明らかにするために、ラダーリングを行い評価言語の上位、あるいは下位の言葉を抽出した。ここでは、上位の評価言語を「〇〇だと良いと言うことでしたが、貴方にとって、〇〇だとどうして良いのですか？その理由を教えてください。」と質問し、下位の評価言語は「〇〇だと良いと言うことでしたが、貴方にとって、具体的に何がどうだと〇〇なのですか？〇〇であるための条件を教えてください。」と質問することによって抽出した。

(2) 面接調査の結果

被験者10名から抽出した安心感进行评估する言語を相互の関係から整理し、図-6・2に示す評価構造図を描いた。これは、より抽象的で上位の言語を左に、より具体的な下位の言語を右に配置し、相互のつながりを線で結んだもので、「明るさ・人の気配・街路形態（見通し）」と言った上位の概念と、具体的な下位の言語とのつながりが良く読みとれる。この結果は既往の研究結果と概ね一致するので、安心感の評価要因は「明るさ・人の気配・街路形態」であると考えることができる。

図-6・3は、構成のイメージを描いたものである。また、表-6・1は、評価構造図をもとに、上位の概念の「明るさ・人の気配・街路形態」と具体的な下位概念である評価言語を、よりわかりやすくするために表形式に整理し直したものである。

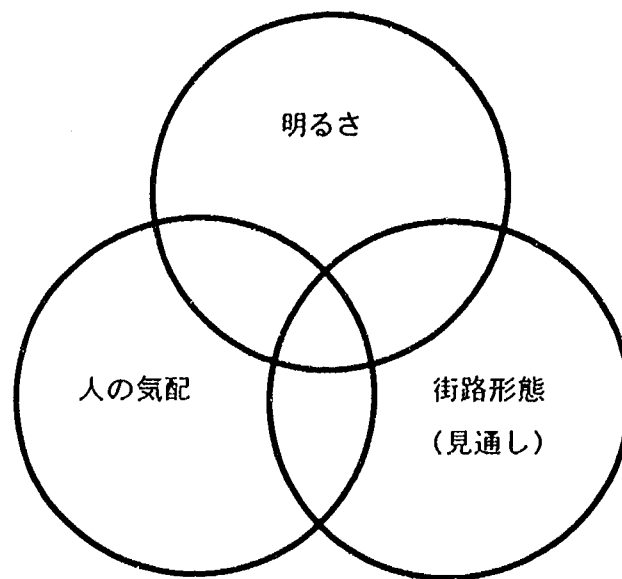


図-6・3 安心感の構成図

表-6・1 安心感の評価言語

分類要因		評価言語
明るさ	鉛直面	周囲が明るい 壁面が明るい 樹木が明るい 顔が明るい
	水平面	路面が明るい 先が明るい 分布が良い
	光色	暖かみのある光色
	光量	照明導線がある 光源がたくさんある
	グレア	まぶしくない
人の気配	地域性	住宅がある 店舗がある 繁華街がある 駅がある 建物が多い
	人	人通りがある にぎやか
街路形態	見通し	先が見える 見通しが良い
	形状	道路がまっすぐ 道幅が広い
その他		助けが呼べる 開放感がある

6.2.4 実空間での印象評価

写真画像を用いた面接調査では、安心感が「明るさ・人の気配・街路形態」から構成されると推定した。そこで、実際の歩行者空間でも同様であるか確認するために、実空間で印象評価実験を実施した。また、照明により、安心感を向上させることが可能であるか把握するため、歩行者空間の印象の評価要因の重み付けを統計的手法を用いて検討した。

(1) 評価場所の選定

評価場所は、「街路形態、ファニチャー、歩道幅員、立地条件、交通量」で分類した歩行者空間の中から、一般的な歩道と思われる8つを評価場所とし、実空間13箇所を選定した。表－6・2に、一般的な歩道と思われる評価場所13箇所を示す。

なお、ファニチャーは樹木の大きさをパラメータとした。

表－6・2 実験場所の条件

	街路形態	ファニチャー (樹木)	歩道幅員	立地条件	歩行者の 通行量	評価値番号
環境1	歩車分離	◎	2.5～5 m	商業地域	多い	2
		○				1
環境2		◎			少ない	3
環境3		◎		オフィス地域	多い	5, 8
		○				7
環境4		◎	2.5m以下	住宅地域	少ない	6, 9
環境5		◎				13
環境6		◎		商業地域	少ない	10
環境7		●		オフィス地域		4
環境8		●		住宅地域		11, 12

注意、 ◎：大きな木が植樹されている

○：低い木が植樹されている

●：植樹なし

(2) 実験方法

評価に用いる言語（評価言語）は、面接調査により抽出した言語（表－6・1参照）の中から、似通った意味のものが重複しないよう11項目を選定し、総合評価として「安心して歩ける－不安で歩きにくい」を付加したものとした。図－6・4に、評価シートを示す。

	非常に	どちらでもない	非常に
周囲が明るい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		路面が暗い
路面が明るい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		路面が暗い
人通りが多い	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		人通りが少ない
光色が暖かい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		光色が冷たい
先が明るい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		先が暗い
照明導線がある	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		照明導線がない
見通しが良い	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		見通しが悪い
人の顔が見える	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		人の顔が見えない
照明がまぶしい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		照明がまぶしくない
均一に明るい	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		均一に明るくない
歩道が広い	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		歩道が狭い
安心して歩ける	1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5		不安で歩きにくい

図-6・4 評価シート

(3) 実験結果

被験者18名の評価結果が正規分布していることを確認した上で、各評価場所毎に評価言語の標準偏差を求めた。図-6・5に、評価の一例を示す。

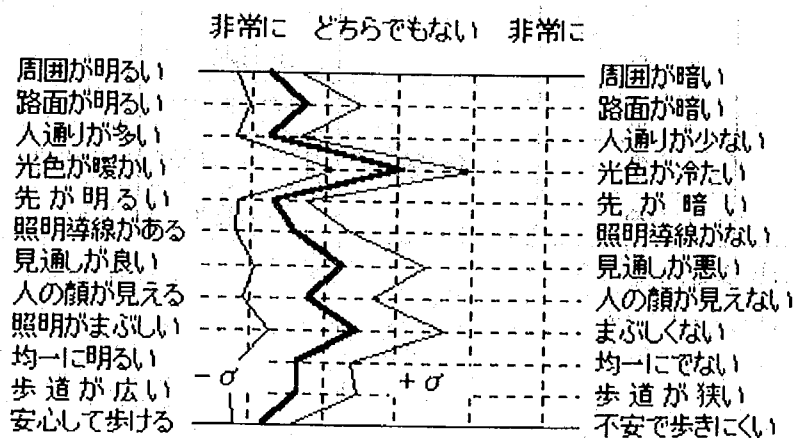


図-6・5 評価の一例

(4) 安心感の要因分析

評価の平均値をもとに主成分分析を行い、人がどのように夜間の歩行者空間を捕らえて歩行しているのかを分析した。表-6・3に、この結果の固有値を示す。また、表-6・4に、固有ベクトルを示す。

表-6・3 固有値

主成分No.	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
1	6.29	57.2	57.2
2	2.54	23.1	80.3
3	0.96	8.7	89.0

表-6・4 固有ベクトル

	主成分 1	主成分 2	主成分 3
均一に明るい —— 均一でない	0.367	0.002	0.113
照明がまぶしい —— 照明がまぶしくない	0.362	-0.128	-0.233
先が明るい —— 先が暗い	0.358	-0.214	-0.057
路面が明るい —— 路面が暗い	0.356	-0.165	-0.232
人の顔が見える —— 見えない	0.352	0.080	-0.018
照明導線がある —— 照明導線がない	0.314	-0.311	-0.043
周囲が明るい —— 周囲が暗い	0.302	0.336	-0.187
見通しが良い —— 見通しが悪い	0.272	-0.304	0.481
人通りが多い —— 人通りが少ない	0.203	0.512	0.110
歩道が広い —— 歩道が狭い	0.181	0.357	0.669
光色が暖かい —— 光色が冷たい	0.136	0.462	-0.385

固有値は、第1主成分から第3主成分までが大きく、かつ、この3主成分の累積寄与率が約90%であった。ゆえに、この3つの主成分で、夜間の歩行者空間の印象の大半を説明できると言える。なお、歩行者空間の印象への寄与は、第1主成分が約57%を占めることが判った。

また、第1主成分は、「均一に明るい、照明がまぶしい、先が明るい、人の顔が見える、照明導線がある、周囲が明るい」の固有ベクトルが大きい。したがって、人は夜間の歩行者空間を評価するときに、まず【明るさの状況】を判断していると推定できる。第2主成分は、「人通りが多い、光色が暖かい、歩道が広い」の固有ベクトルが大きいので、【人の気配など近くの状況】を判断していると推定できる。第3主成分は、「歩道が広い、見通しが良い」の固有ベクトルが大きいので、【街路形態などの状況】を判断しているものと推定できる。

以上より、実際の夜の歩行者空間における安心感の評価要因は、写真画像を用いた面接調査の結果とほぼ一致することが判った。また、夜間の歩行者空間の印象は、3つの主成分（明るさの状況、人の気配など近くの状況、街路形態などの状況）で約90%が説明でき、第1主成分が約57%占めることが判った。

(5) 安心感と主成分の関係

総合評価である「安心して歩ける—不安で歩きにくい」の評価の平均値と主成分分析結果との相関関

係を調べると、第1主成分との相関係数は $R=0.93$ であり、第2主成分と第3主成分はともに $R=0.14$ 程度だった。図-6・6に、安心感の評価と第1主成分の関係を示す。なお、図中の番号は、実験番号を示す。

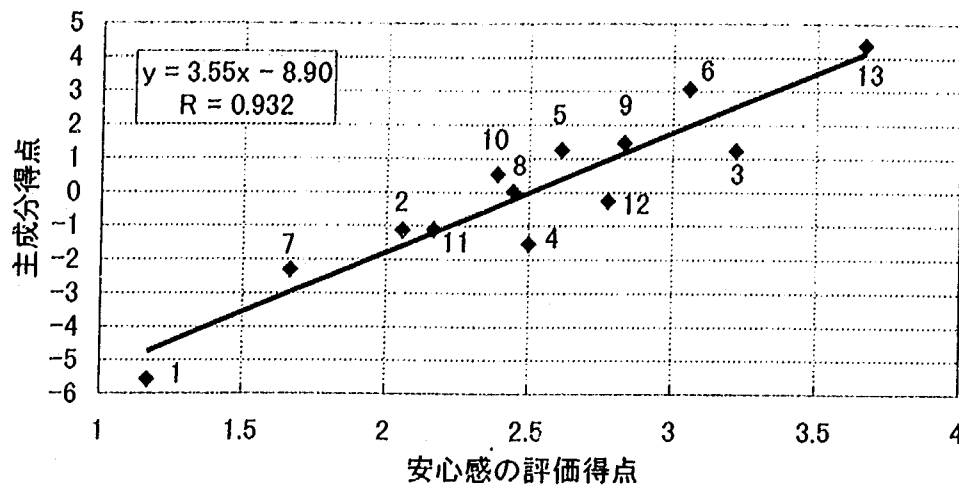


図-6・6 安心感の評価と第1主成分の関係

以上の検討から、安心感は、第1主成分と強い相関があると言える。したがって、第1主成分の固有ベクトルが大きい評価言語をコントロールすることによって、夜間の歩行者空間で安心感を高めることが可能になると言える。また、これらの評価言語から、安心感を増すためには、照度だけでなく周囲の明るさなども重要な要因であることが示唆された。

6.2.5 現行基準（指針）の調査

ここまでの検討により、夜間における歩行者空間の「安心感」は、「明るさ、人の気配、街路形態」から構成され、特に明るさの影響が大きい（約57%）ことを把握し、また、この明るさは照度のみならず周囲の明るさなども重要な要因であることが判った。

そこで、下記に示す現行の照明基準（指針）の、歩行者空間の分類方法や設計要因を調査した。

- ① JIS Z 9111 道路照明基準（表-6・5）
- ② 照明学会 歩行者のための屋外公共照明基準（1994）（表-6・6）
- ③ 東京都 歩道照明施設設置基準（暫定）
- ④ 照明学会関西支部 街路照明の適正化に関する調査分析
- ⑤ CIE国際勧告 CIE Pub.No. 115（1995）
- ⑥ 都市照明のガイド CIE Pub.No. 92（1992）
- ⑦ 西ドイツ 道路照明基準（DIN 5044）

表-6・5 JIS Z 9111 道路照明基準

夜間の 歩行者通行量	地 域	照 度 (lx)	
		水平面	鉛直面
通行量の 多い道路	住宅地域	5	1
	商業地域	20	4
通行量の 少ない道路	住宅地域	3	0.5
	商業地域	10	2

表-6・6 歩行者のための屋外公共照明基準 (照明学会技術基準 JIEC-006, 1994)

場所の分類		推奨照度 (lx)	
使用状況 他	周囲の明るさ	水平面 : Eh	半円筒面・鉛直面
夜間使用が大	明るい	20	4
	中程度	15	3
	暗い	10	2
夜間使用が中	明るい	10	2
	中程度	7.5	1.5
	暗い	5	1
夜間使用が小	明るい	7.5	1.5
	中程度	5	1
	暗い	3	—
階段、 急なスロープ	明るい	20	4
	中程度	15	3
	暗い	10	2

調査した結果、現行の基準では、「通行量、地域特性、道路特性、周囲の明るさ」などを複数の項目を用いて、歩行者空間を分類していることが判った。表-6・7に、歩行者空間の分類を示す。

表-6・7 歩行者空間の分類

歩行者空間の分類	頻度
通行量	6
地域特性	4
道路特性	2
周囲の明るさ	1

また、印象評価実験では、安心感を増すためには照度だけではなく周囲の明るさなども重要な要因であ

ることが示唆されたが、調査した範囲で周囲の明るさを用いた基準は1つしかなく、パラメータは水平面照度と鉛直面照度が大半であった。

6.2.6 安心感と光学測定値の関係

安心感と照度や輝度などの物理量との関係を明らかにすることを目的に、印象評価実験と同時に光学測定を行った。

(1) 実験方法と結果

光学測定は、印象評価実験時に「水平面照度、鉛直面照度、半円筒面照度、等価光幕輝度」について実施した。測定場所は、縦断方向（2灯の照明設備間）を5ポイント、横断方向を3ポイントとした。なお、鉛直面照度は高さ1.5mで測定し、等価光幕輝度（Leq）は高さ1.5mに設置した輝度計にグレアレンズを装着し測定した。

さらに、輝度分布を把握するために、写真測光法を用いて評価場所を画像として記録した。表-10・8に、これに使用した写真機材を示す。

表-6・8 使用した写真機材

機 材	形 式
カ メ ラ	CANON Kiss
レ ン ズ	CANON EF15 F2.8
フィルター	X1 (NIKON)
フィルム	NEOPAN 400 PRESTO

表-6・9に光学測定の結果を、また、表-6・10に写真測光法を用いた画像データから輝度分布や等価光幕輝度を算出した結果を示す。

表-6・9 光学測定結果

評価値番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Eh [lx]	34.6	72.4	33.7	31.4	18.8	6.5	14.8	6.9	13.3	33.8	18.6	21.2	11.4
Eh (min/ave)	0.54	0.29	0.67	0.57	0.27	0.17	0.34	0.36	0.29	0.39	0.37	0.18	0.32
Ev [lx]	37.3	90.7	17.0	17.0	36.2	3.6	10.4	4.6	14.9	19.8	7.0	10.1	6.3
Esc [lx]	28.6	37.1	16.2	13.3	24.2	4.8	11.4	5.2	13.4	21.2	3.1	6.6	5.5
Leq [cd/m ²]	2.8	0.43	1.62	0.93	1.18	0.45	0.18	0.95	0.22	0.14	0.09	0.18	0.10

注意. Eh: 水平面照度の平均値、Ev: 鉛直面照度の平均値、Esc: 半円筒面照度の平均値、
Leq: グレアレンズによる等価光幕輝度

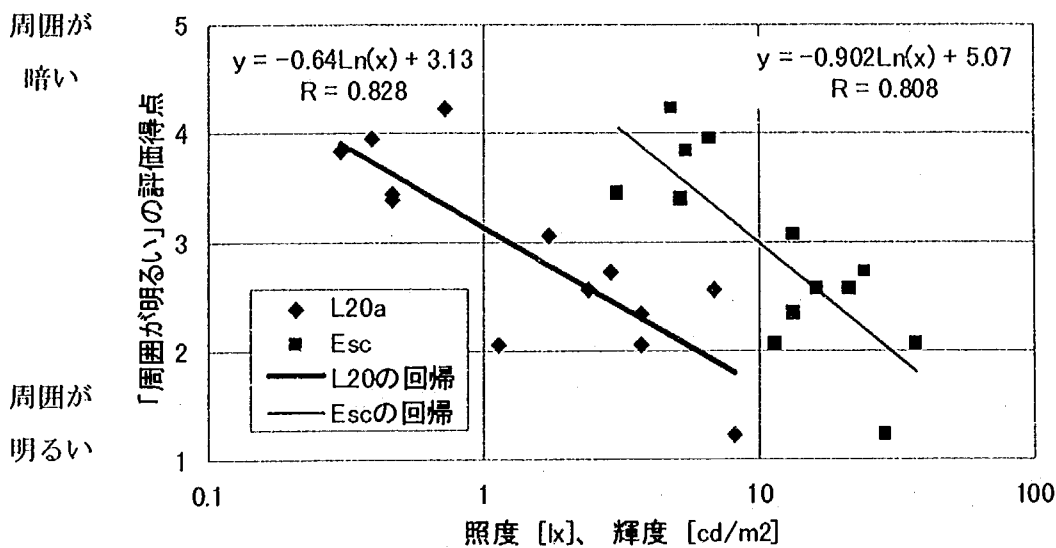
表－6・10 写真測光法による算出データ

評価値番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L20 [cd/m ²]	8.1	3.72	6.8	3.72	2.89	0.72	1.14	0.46	1.73	2.41	0.46	0.39	0.30
Lr [cd/m ²]	6.46	2.05	9.06	1.21	1.08	0.06	0.38	0.23	0.47	0.69	0.52	0.25	0.21
Lr (min/ave)	0.06	0.22	0.08	0.14	0.34	0.20	0.30	0.35	0.16	0.27	0.36	0.18	0.19
Lve [cd/m ²]	0.48	0.31	0.54	0.25	0.19	0.05	0.10	0.04	0.09	0.14	0.04	0.02	0.02

注意. L20 : 中心視野20度の平均輝度、Lr : 路面の平均輝度、Lve : 環境の等価光幕輝度

(2) 安心感と光学測定結果の関係

夜間の歩行者空間における安心感は、先の検討により第1主成分の固有ベクトルが大きい評価言語をコントロールすることによって改善されることが判った。そこで、個々の評価言語と光学測定結果との相関関係を分析した。このうち、強い相関が見られたのは「周囲が明るい」で、平均値や視野角20度の平均輝度 (L20)、半円筒面照度 (Esc) は、図－6・7に示す関係にあることが判った。



図－6・7 評価得点と測定値の関係

以上より、歩行者空間の安心感を改善するには、水平面照度に代表される路面の明るさだけでは不十分で、等価光幕輝度や視線を中心とした視野角20度の平均輝度など新しい概念を用いる必要性を把握した。

6.3 横断歩道照明に関する検討

本節では、6.1節で分類した横断歩道における照明の役割や必要条件を明確にし、望ましい横断歩道の照明方式の提案を目的としている。

なお、ここでは単路部における横断歩道照明のあり方について重点的に検討を行い、一部交差点部の横断歩道について検討した。

検討の流れを以下に示す。

- ①横断歩道照明に関する既存技術を調査し、現状の横断歩道照明の機能、役割を明確にする。
- ②シルエット視、逆シルエット視を満足する横断歩道照明を調査し、横断歩道に要求される機能、見え方の違いを調査する。
- ③シルエット視、逆シルエット視において運転者から見た望ましい照明レベルを求めるため、見え方の実験を行う。

ここで、②の調査については、単路部で直射式照明を実施している個所が容易に見えなかったため、交差点部に設置された直射式照明について調査を行った。

なお、本文中に出てくる「シルエット視」、「逆シルエット視」、「直射式照明」の定義を以下に示す。

- 1) シルエット視 : 対象物の輝度がその背景輝度より低い場合の見え方。横断歩道で考えれば、歩行者の輝度より背景となる路面輝度の方が高い場合を言う。
- 2) 逆シルエット視 : 対象物の輝度がその背景輝度より高い場合の見え方。横断歩道で考えれば、歩行者の輝度より背景となる路面輝度の方が低い場合を言う。
- 3) 直射式照明 : 横断歩道の歩行者を自動車の進行方向から直射光により照明することで、逆シルエット視を実現させる照明方式を言う。

6.3.1 横断歩道照明に関する既存技術の調査

(1) 我が国の横断歩道照明の考え方とその経緯

昭和30年代、高度経済成長にともない、道路網の整備が必要不可欠となった。このため、道路整備が行われるにつれ、交通安全施設も整備されるようになった。我が国の道路整備が行われる中で、交通安全施設として道路照明もまた重要な役割を担うようになった。

まず、我が国の横断歩道照明の役割や要求される機能を博するために、以下の資料について調査した。

a) 基準・規格

- ①旧道路照明施設設置基準・同解説 1967年
- ②旧横断歩道照明基準 (JIS Z 9114) 1969年
- ③道路照明施設設置基準・同解説 1981年
- ④道路照明基準 (JIS Z 9111) 1988年

b) 文献

- ⑤横断歩道の一実験 1965年
- ⑥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 1967年
- ⑦横断歩道照明に関する考察と一実施例に対する調査結果 1967年
- ⑧夜間事故に関する研究 (夜間事故の動向と横断歩行者の視認性) 1993年

以上の文献調査の結果から、過去と現在を比較すると、表-6・11に示すようになる。昭和40年代では連続照明が無い場合、逆シルエット視を前提とした直射式照明が一般的な照明手法であったが、現在

では交差点部に交差点照明が設置されているため、単路部で道路照明の設置されない部分にのみ直射式照明を採用するように考え方が変化した。その結果として、直射式照明が無くなってきたと思われる。

昭和40年代は、直射式照明の研究が盛んに行われていた。その中から直射式照明の長所として、以下のことが言える。

- ①天候による見え方の差が比較的少ない。
- ②局部的に集光することによって、横断歩道領域を強調できる。
- ③自分の車の前照灯が対象物（歩行者）とその背景となる路面との対比を増加する働きがある。
- ④坂の上やカーブなど、対象物の背景となる路面を明るくし難い箇所でも効果がある。
- ⑤横断歩行者の態度や顔の向きまで知ることができる。

表－6・11 昭和40年代と現在との横断歩道照明の違い（道路部に連続照明が無い場合）

昭和40年代	現在
◎直射式照明を採用 （逆シルエットの見え方） ○近い将来、その付近に連続照明が設置されることが予想される場合、シルエットの見え方を満足するように連続照明区間と同じの照明器具を用いても良い。	◎シルエットの見え方を満足するように、連続照明区間と同じ照明器具を用いる。 （横断歩道直前に照明器具を設置しない） ○将来とも、道路照明施設が設置されず横断歩道照明の必要のある場合に限り 直射式照明を採用。

次に、現在の基準・規格から判った、横断歩道照明の役割は、以下のとおりである。

- ①横断歩道の存在を示す。
- ②横断中、および横断しようとしている歩行者を良く視認できるようにする。
そのために要求される機能、設置方法は次のとおりである。
- ①連続照明が無い場合は、横断歩道の向こう側35m以上の路面を明るくする。その際、その道路が連続照明区間に適用される照明器具、設置高さを採用する。
- ②連続照明がある場合は、連続照明区間と同じ照明器具を使用して横断歩道付近の照明を増強し、横断歩道の前後それぞれ35mの範囲を道路部よりも明るくすることが望ましい。
- ③直射式照明を採用する場合は、道路部の照明方式との調和が悪いので、将来とも道路照明施設が設置されない道路で、かつ横断歩道の照明が必要な場合に限り採用しても良い。
- ④低圧ナトリウム灯は、信号を誤認したり標識の効果を低下させたりするなどの恐れがあるので採用しない。

(2) 海外の横断歩道照明の考え方

海外についても、横断歩道照明に要求される役割や機能について調査した。

a) 基準・規格

- ①ドイツ規格 (DIN 67523) 1988年
- ②南アフリカ規格 (SABS 098) part1-1990年、part2-1973年
- ③イギリス規格 (BS 5489) part2-1992年

b) 文献

- ④横断歩道照明について (ドイツ) 1965年

調査結果をまとめると次のようになる。

- ①南アフリカ、ドイツの両国では、逆シルエット視を採用しており、連続照明がある場合については、全ての国においてシルエット視を採用している。
- ②ドイツでは、横断歩道照明の光色を連続照明と違えよう推奨している。
- ③十分な道路照明が施された道路では、補助照明としての横断歩道照明は必要ない。具体的な数値としては、以下に示すものである。
 - ・南アフリカ→平均路面輝度 1 cd/m²以上
 - ・ドイツ →平均路面輝度 2 cd/m²以上
 - 車線軸均斉度 0.7以上
 - 総合均斉度 0.4以上
 - グレア等級 1 以上
- ④逆シルエット視を前提とした横断歩道上の鉛直面照度を得るための補助照明としては、道路灯の増強と直射式照明の2種類がある。

(3) 既存技術のまとめ

国内外の規格、文献を調査した結果、シルエット視だけでなく逆シルエット視でも横断歩道照明の機能が得られることが判った。調査した規格等の内容が、シルエット視と逆シルエット視のどちらで述べられているか、また、逆シルエット視を得る場合に必要な鉛直面照度やグレアの規制値をまとめると、表-6・12のようになる。

表-6・12 各規格のシルエット視、逆シルエット視の分類

規格	シルエット視	逆シルエット視	鉛 直 面 照 度	グ レ ア 規 制 値
現行設置基準	○	○	—	—
旧設置基準	○	○	横断歩道上 平均30 lx以上	—
JIS Z 9111	○		—	—
旧 JIS Z 9111		○	横断歩道上 平均40 lx以上 (最小25 lx以上) 歩道上 最小40 lx以上	鉛直角 : 2000cd以下
南アフリカ	○	○	歩行者の向こう側の車道の水平 面照度の5倍または40 lx以上 (いずれか大きい方を選択)	鉛直角80° : 30cd/1000 lx以下 鉛直角90° : 10cd/1000 lx以下
イギリス	○		—	—
ドイツ	○	○	横断歩道上 平均40 lx以上 (最小35 lx以上)	<運転者側> 鉛直角80° : 30cd/1000 lx以下 または500cd以下 鉛直角90° : 10cd/1000 lx以下 または1000cd以下 <反対側> 鉛直角80° : 50cd/1000 lx以下 または1000cd以下 鉛直角90° : 100cd/1000 lx以下 または2000cd以下

6.3.2 横断歩道照明の実態

既存技術の調査より、逆シルエット視を満足する直射式照明の効果について把握することができた。横断歩道照明のあり方については、横断歩道の構造や道路区分によっても若干異なってくるものと思われる。そこで、現在、直射式照明が設置されている道路、および設置されていない場所の照明レベルや見え方を調査した。

(1) 実態調査の概要

横断歩道照明の中で、直射式照明で行われている場所を選定し、その場所と直射式照明無しの場所において、輝度分布等を測定し調査した。

以下、に調査した概要を示す。

- ・調査日時：平成9年1月9日 17時～20時
- ・天 候：晴れ

・調査場所：東京都足立区綾瀬2～6丁目付近交差点

直射式照明有り交差点…7箇所

直射式照明無し交差点…3箇所

・調査項目：①画像処理を用いた輝度分布計測による各交差点の周囲輝度分布

②代表交差点の横断歩道上の鉛直面照度

③代表交差点の横断歩道上の模擬歩行者の見え方

輝度分布は、画像処理用ビデオカメラを搭載した車輛で、前記調査箇所を走行しながら撮影し、疑似カラー表示で求めた。また、同時に写真撮影も行った。歩行者の見え方と鉛直面照度については、代表交差点で模擬歩行者（白コートと黒コート）を横断させ、運転者側からその状況を撮影した。また、その時の横断歩道上数カ所の鉛直面照度も測定した。鉛直面照度は、道路縦断方向の運転者側と道路横断方向の歩行者側の2方向で、高さを1mとした。

(2) 調査結果

実態調査の結果を、以下に示す。

a) 調査した場所から得られた結果

1) 今回調査した場所は、ほとんどが商業地域で周囲環境も明るく、比較的交通量も多い。よって、道路照明以外の照明も混在するが、路面輝度で $0.5 \sim 2 \text{ cd/m}^2$ 、交差点内で $2 \sim 8 \text{ cd/m}^2$ 、横断歩道の白線で $4 \sim 16 \text{ cd/m}^2$ 、対向車の前照灯の反射による路面輝度が $4 \sim 64 \text{ cd/m}^2$ 程度であった。

2) 鉛直面照度を測定した綾瀬2丁目交差点の横断歩道では、直射式横断歩道照明以外の道路照明等の光も含んではいるが、表-6・12で推奨されている照度値 40 lx を平均値で満足している。

b) 実態調査全体から得られた一般的な結果

3) 運転者側からの歩行者の見え方は、背景の路面輝度や対向車の前照灯などに影響されるが、反射率の高い衣服の歩行者は比較的影響が少なかった。

4) 直射式照明の設置位置は信号柱であるため、横断歩道のほぼ真横が照明器具位置になるが、現状よりも斜め方向から照明すればより効果的である。

5) 直射式照明が有る場合と無い場合の機能を比較すると、表-6・13のようになる。

表－6・13 直射式照明の有無の比較

	直射式照明が有る場合	直射式照明が無い場合
歩行者の見え方	・横断歩行者の存在が容易に視認できる ・歩行者同志も明瞭に視認できる	・横断歩行者の存在が視認しづらい
周囲の照明環境の影響	・周囲が暗い場合は、歩行者や横断歩道自身よりも強調される ・周囲が明るい場合は、より明るい直射式照明が必要になる	・周囲が暗い場合は、ほとんど何も見えない ・周囲が明るい場合は、そのままでも十分見える可能性がある
歩行者の歩き易さ	・横断歩道自身が明るくなり、歩きやすい	・横断歩道上も暗く、歩きづらい
交差点内の路面輝度	・直射式照明が路面輝度に与える影響は少ない ・道路照明、周囲の照明の影響の方が大きい	・同左

6.3.3 運転者から見た望ましい見え方の実験

実態調査を踏まえて、直射式照明が有る場合と無い場合について、どのような見え方になるか、照明レベルがどの程度必要かを求めるために実験を行った。

(1) 検討項目

表－6・14に、検討項目の組み合わせを示す。

表－6・14 検討項目

照明手法	前照灯のみ、シルエット視、逆シルエット視
道路照明	無し、有り (0.7cd/m ² のみ)
歩行者の位置	歩道上、横断歩道上 (走行車線側、対向車線側)
歩行者の服装	5% (黒系)、30% (白系)
自車/対向車の種類	普通乗用車
自車/対向車の前照灯	消灯、走行ビーム、すれ違いビーム
運転者の視点位置	1.2m
天候	晴れ (曇り)
背景輝度	無し

(2) 実験条件

表－6・15に、実験条件を示す。

表－６・１５ 実験条件

実験日	第１回平成８年１２月１８～１９日（道路照明が無い場合、対向車が無い場合）
	第２回平成９年１０月２７～２９日（道路照明が有る場合、対向車が有る場合）
実験場所	建設省土木研究所 試験走路内道路照明実験施設
対象道路	設計速度を６０km/hと設定した第３種および第４種に相当した道路
観測者	第１回８名、第２回１４名（年齢や視力などを無作為に抽出）
観測位置	横断歩道手前７５m（走行速度６０km/h時の視距）
注視時間	１秒
使用光源	高圧ナトリウムランプ

(3) 評価方法

第１回目の道路照明が無く対向車も無い場合の評価では、図－６・８に示す用紙を用いた。第２回目の道路照明が有り対向車も有る場合はより詳細に調査するため、図－６・９に示す用紙を用いて評価を行った。

Q 1. 横断歩道上付近に歩行者は、

☐ いない

☐ 歩道上にいた

☐ 横断歩道上にいた

☐ 歩道上および横断歩道上にいた

Q 2. Q 1で「いた」と答えた場合について、その見え方は、

☐ 非常に見にくい

☐ かなり見にくい

☐ やや見にくい

☐ どちらでもない

☐ やや見やすい

☐ かなり見やすい

☐ 非常に見やすい

図－６・８ 第１回目の評価用紙

Q 1. 横断歩道付近に歩行者は、 ☐歩道上にいた ☐いるかいないか判らない	Q 2. Q 1で「いた」と答えた場合について その見え方は、 ☐非常に見にくい ☐かなり見にくい ☐やや見にくい ☐どちらでもない ☐やや見やすい ☐かなり見やすい ☐非常に見やすい
☐走行車線上にいた ☐いるかいないか判らない	☐非常に見にくい ☐かなり見にくい ☐やや見にくい ☐どちらでもない ☐やや見やすい ☐かなり見やすい ☐非常に見やすい
☐対向車線上にいた ☐いるかいないか判らない	☐非常に見にくい ☐かなり見にくい ☐やや見にくい ☐どちらでもない ☐やや見やすい ☐かなり見やすい ☐非常に見やすい
☐いない	

図-6・9 第2回目の評価用紙

(4) 実験結果

実験によって、以下のことが判った。

a) 第1回実験：道路照明が無く対向車が無い場合

- ・自動車のヘッドライトのみで、注視時間1秒では、横断しようとしている歩道上の人や横断中の人を把握することは困難であり、横断歩道照明が必要である。
- ・シルエット視、逆シルエット視ともに、ヘッドライトのビーム方向により被験者の視認性に影響が出ている。

b) 第2回実験：道路照明があり対向車が有る場合

- ・シルエット視では、背景となる路面輝度は 3 cd/m^2 以上あれば80%以上の視認確率で歩行者を視認できる。見え方を改善するには、路面輝度を 5 cd/m^2 とすることが望ましい。
- ・シルエット視では、歩道および歩道端に立っている歩行者の視認性が悪く、歩道上の歩行者の挙動をドライバーが把握することは難しいと考えられる。
- ・逆シルエット視では、横断歩道上の鉛直面照度が 20 lx 以上あれば80%以上の視認確率で歩行者を視認できる。見え方を改善するためには、平均鉛直面照度が 60 lx 以上必要である。

- ・運転者は、シルエット視による横断歩道照明がなされていても、逆シルエット視で横断歩道上の歩行者を視認しようとしている可能性がある。

c) 総合的な考察

- ・本実験の条件下では、逆シルエット視による横断歩道照明が有効であることを見出した。

6.3.4 望ましい横断歩道照明の検討

以上の結果から、逆シルエット視による横断歩道照明の有効性を見出すことができた。しかし、道路の構造や周囲環境等によってシルエット視と逆シルエット視の適用範囲をどのように決定したらよいか判らないため、その指針を求める必要がある。そこで、道路の構造によってどのような横断歩道照明を用いるべきか分類した。

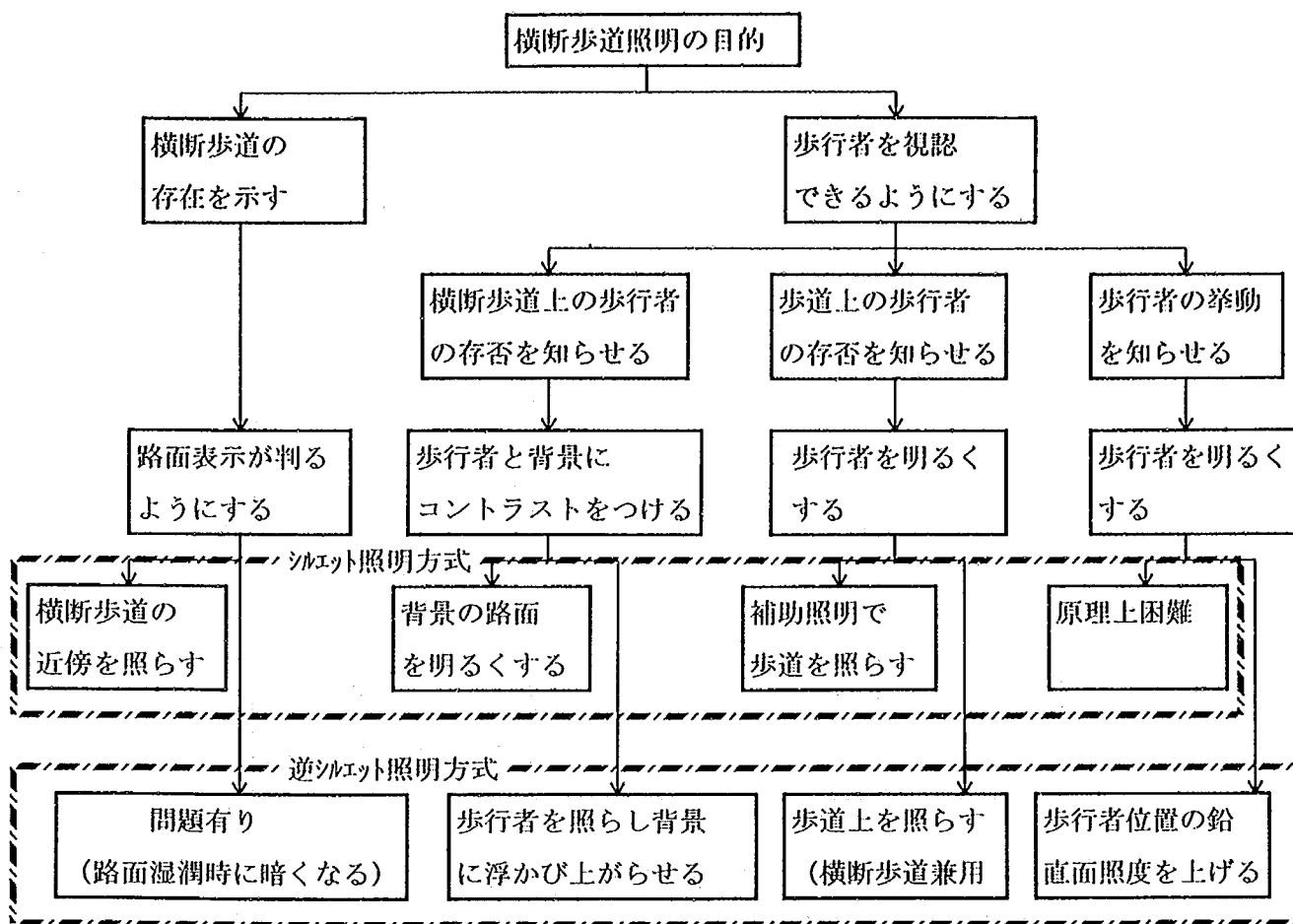
(1) 実際の道路への適用

道路照明施設設置基準・同解説では、連続照明が設置されている道路にはシルエット視を推奨しておりそれ以外の部分でも極力シルエット視を満足するよう推奨している。しかし、今回の実験では、逆シルエット視でも良好な結果が得られている。また、既存技術の調査で述べたように、道路の構造によっては逆シルエット視でなければ横断歩道や歩行者の存在を知らせることができない場合もある。そこで横断歩道照明が必要な場合に、逆シルエット視が有効であると思われる条件についてまとめた。表-6・16に、逆シルエット視が有効であると思われる条件を示す。このうち、1条件でも当てはまる場合は、逆シルエット視を満足する照明方式にする方が望ましいと思われる。

表-6・16 逆シルエット視が有効と思われる条件

道 路 構 造	・横断歩道が曲線部に存在する ・横断歩道が坂の上に存在する ・交差点などで横断歩道の背景が路面にならない部分がある
道 路 照 明	・道路部の照明がされておらず、かつ他の照明設備がない ・横断歩道上が明るい ・歩道部が暗い
歩行者の見え方	・歩行者の態度や顔の向きを知る必要がある
横断歩道の見え方	・横断歩道の存在を強調する必要がある
その他の条件	・雨などで路面が濡れているケースが多い

また、横断歩道照明の目的から見たシルエット視、逆シルエット視を満足するための照明手法を図-6・10に示す。先の条件に合わせて横断歩道にはどのような役割が求められているかを考え、シルエット視、逆シルエット視の選択を行うことを推奨する。



図－6・10 横断歩道照明の目的に応じた照明手法

6.4 交差点照明に関する検討

交差点照明に関しては、事前検討の結果、「交差点は比較的高い路面輝度が必要ではないか」、また「逆シルエット視照明の方が有利ではないか」との意見が多かった。そこで、交差点照明の基準調査、交差点事故の現状調査、事例調査、現状の明るさの検討、そして交差点照明の提案等を行った。

6.4.1 基準等の調査

調査した基準は、日本、イギリス、南アフリカ、ベルギーおよびCIEである。このうち具体的な明るさの数値を扱っているものはCIEのみであり、他の基準については灯具の配置を示している程度である。

我が国の道路照明施設設置基準では、局部照明の一つとして交差点照明が規定されており、その内容は次のとおりである。

「交差点の照明は、道路照明の一般的効果に加えて、これに接近してくる自動車の運転者に対してその存在を示し、交差点付近の状況が判るようにするものとする。」

また、灯具の配置で考慮すべき事項は、以下のとおりとしている。

「路面の輝度分布を考慮し、進路を変更しようとする自動車の前照灯効果の及ばないところを補い、交

差点に接近してくる自動車の運転者に、交差点付近の他の自動車、歩行者を容易に識別できるような照明ができるよう配慮しなければならない。」

CIEでは、交差点のような局部照明を「交通秩序が乱れるエリア」と区分し、原則的には路面輝度が基準となり、そこに接続される道路の輝度より一段高い輝度値を使用すべきとしている。またどうしても輝度基準が全体的に使用できない場合は、照度を全域に使用することができ、その場合は水平面照度で規定している。その場合の照明条件を表-6・17に示す。

表-6・17 交通秩序が乱れるエリアでの照明の必要条件

照明区分	使用面全体の平均照度 E (lx) の最小維持	照度均斉度 U _o (MIN/AVE)
C 0	50	0.40
C 1	30	0.40
C 2	20	0.40
C 3	15	0.40
C 4	10	0.40
C 5	7.5	0.40

表-6・18 交通秩序が乱れるエリアの照明区分の適用例

交通秩序が乱れるエリア	照明区分
アンダーパス	C (N) = M (N)
ジャンクション、三角地帯、ランプ うねった場所、幅員が減少する	C (N) = M (N - 1)
踏切 簡単な	C (N) = M (N)
複雑な	C (N) = M (N - 1)
信号のない円形交差点 (ロータリー交差点)	複雑or大きい C 1 複雑さ中程度 C 2 簡単or小さい C 3
車が列をなすエリア 複雑さ中程度 簡単or小さい	複雑or大きい C 1 C 2 C 3

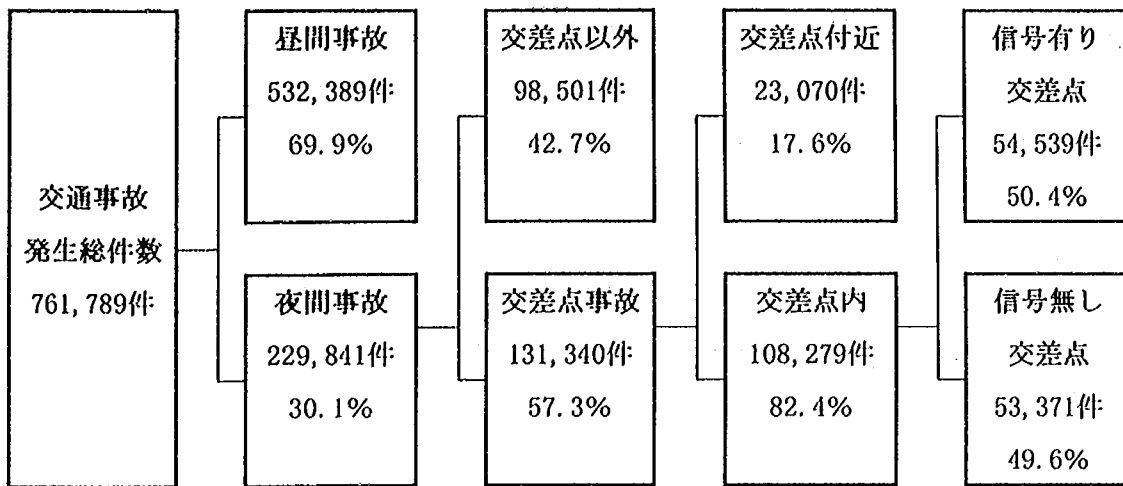
表-6・18のかっこ内の文字 (N) は区分の数字で、C (N) は接続道路の照明区分を示し、C (N) = M (N - 1) は交通秩序が乱れるエリアへの最も重要な道路がM3であれば、C 2であることを意味する。

6.4.2 交差点と事故

(1) 交差点事故の現場

平成7年度の交通事故発生件数は761,789件で、このうち交差点における発生件数は446,841件と全体

の58.7%が交差点に関係する事故であった。図－6・11は、夜間における交差点事故の発生状況を示したものである。



図－6・11 夜間における交差点事故の発生状況

夜間の交通事故を類型別に見ると、多い順に、右折時、出会い頭、駐停車中の衝突、横断歩道横断中、左折時でこれらが占める割合は87%である。特に右折時事故で特徴的なものは次の2項目である。

- 1) 車輛対車輛の事故では、自動車対二輪車の右折時側面衝突
- 2) 車輛対人の事故では、右折車輛と右からの横断歩行者との衝突

交差点での交通事故は、交通量が多く、規模の大きな交差点に目立ち、事故多発交差点の68%が十字形交差点に分類でき、ついで多枝形交差点での事故が多い。

また、交通事故全体の傾向として、夜間の死亡事故は昼間のそれを上回り、特に人対車輛事故は昼間の約2倍発生している。特に夕方から22時の間で、65歳以上の高齢歩行者および自転車乗車中の死者が多いのが特徴である。

(2) 交差点事故の特徴

交差点における事故は、右直事故等におけるドライバー間の認識のズレ、視認性の低下等様々な要因が組み合わさって発生している。ここでは、これらの要因を整理・分類し、道路照明と交通事故が関連する項目を整理するとともに、道路照明が交通事故発生にもたらす影響について把握する。以下は、交差点における事故発生要因を7つの項目に整理したものである。

- 1) 交差点構造
- 2) 障害物の存在
- 3) 視野を妨げ、視認性を低下させる要因
- 4) 環境に対する心理的な要因
- 5) 路面表示、標識
- 6) 路面状態

7) 運転者要因

このように交差点における事故要因は様々であり、個々の要因に関してドライバーはそれぞれ状況判断を行わなければならないことが判る。これらの要因を軽減するために道路環境の観点から対応できる項目として、交差点構造の改良、交通安全施設の整備等があげられる。これらを改良、整備することは、安全な走行環境を確保する上で重要であり、上記項目によって生じた事故に関しても、何らかの救済が施せる可能性があると考えられる。特に夜間においては、走行環境の安全確保が重要であり、とりわけ道路照明等によって交差点を明るくすることは単に交通安全という目的だけでなく、暗闇による不安感を取り除き円滑な交通を確保することによって、事故を抑制する効果がもたらされる。

一方、自動車の前照灯は、自車の走行方向における視認性を向上させるものであるが、交差点全体の状況、前照灯が届かない前方の道路状況、横断歩道を横断しようとしている歩行者・自転車の挙動等を把握することは困難である。

(3) 交差点事故の事例調査

本検討は、交通事故多発交差点に着目し、事故多発交差点としてあげられている1500箇所の中から、主として国道を中心として東京、神奈川地区の交差点97箇所を抽出した。抽出した97箇所の事故のうち、事故が多発する原因としてあげられている項目を、「8.3.2交差点事故の特徴」で分類した事故発生要因7項目に分類すると、表-6・19のようになる。

表-6・19 事故発生要因と件数

事 故 発 生 要 因	件 数
①交差点構造	34件
②障害物の存在	9件
③視野を妨げ、視認性を低下させる要因	30件
④環境に対する心理的な要因	8件
⑤路面表示、標識	1件
⑥路面状態	0件
⑦運転者要因	10件
⑧その他	8件
合 計	100件

注) 一部の事故に関しては要因が重複している。

このうち、光環境が原因と考えられる「③視野を妨げ、視認性を低下させる要因」に関しては30件であった。これについて細かく分類すると、表-6・20のようになる。

光環境における事故発生要因を分析すると、単なる道路照明の未設置、不足による暗い状況が事故発生要因となっているだけでなく、周辺からの光、障害物による光環境の乱れ、すなわち「②周辺が明るいために交差点照明の効果が薄れる」、「③上部構造物による照明効果の低下」によって11件(36.7

%)の事故が発生しており、単に暗いと言うことだけで道路照明を設置しても夜間の視認性が確保されたとは言えないことがわかる。このため、道路照明を設置する際は、周辺環境からの影響も考慮した検討を行う必要がある。

表－6・20 光環境における事故発生要因と件数

光環境における事故発生要因と件数	件数	割合(%)
①夜間の視認性が悪い	18件	60.0
②周辺が明るいために交差点照明の効果が薄れる	3件	10.0
③上部構造物による照明効果の低下	8件	26.7
④視線誘導標の不足	1件	3.3
合計	30件	100

6.4.3 交差点の実態調査

(1) 調査交差点

交通事故多発交差点97箇所の中から代表的な4箇所を選定し現地調査を行った。ここでは、その中で交差点規模が同様な大断面で、周辺環境が比較的明るい場所（交差点A）と暗い場所（交差点B）について光環境測定を行った。これらの交差点の平成2年から平成6年の事故件数および事故類型を表－6・21に示す。

測定項目としては、輝度分布、鉛直面および水平面照度、等価光幕輝度で、その測定概要を表－6・22に示す。なお、輝度分布、鉛直面および水平面照度に関しては、走行車輛の上部から測定を行い、特に鉛直面照度については、その他車輛の前照灯の影響を極力受けないように、照度計受光部の水平から下方20度以上をカットする遮光板を取り付けて測定した。

表－6・21 調査交差点の事故件数

	人対車輛	車 輛 相 互					合 計
		右左折	出会い頭	正面衝突	追突接触	その他	
交差点	10	16	5	0	8	9	48
A	(8)	(8)	(4)	(0)	(3)	(5)	(27)
交差点	2	18	1	1	11	2	35
B	(2)	(8)	(0)	(0)	(5)	(0)	(15)

注) () 内は、夜間事故件数を示す。

表-6・22 測定概要

測定項目	測定概要
輝度分布	画像処理輝度分布測定装置を用い、測定車輛で走行しながら連続録画した。その画像より輝度分布を疑似カラー表示で示す。
鉛直面および水平面照度	測定車輛上部位置 (GL+2m) の、鉛直面照度4方向 (進行方向前後左右) と水平面照度を、交差点中央付近および交差点前後30m付近を測定した。
等価光幕輝度	交差点流入路4箇所の、直進する場合の前方方向と右折する場合の右斜め方向の等価光幕輝度を各流入路停止線位置の歩道より測定した。

(2) 調査結果

照度および等価光幕輝度の測定個所の略図を図-6・12に示し、測定結果を表-6・23および表-6・24に示す。

両交差点を現場で観測したところ、交差点Aでは車輛および歩行者の交通量が多く、明るい印象を受け、交差点BはAよりも交通量は少なく明るさ的にも暗く感じた (明るさ感に関しては、交差点周囲環境の違いによるものが多い)。両交差点とも交差する道路はそれぞれ管理者が異なり、照明設備は標準的な配置ではない。

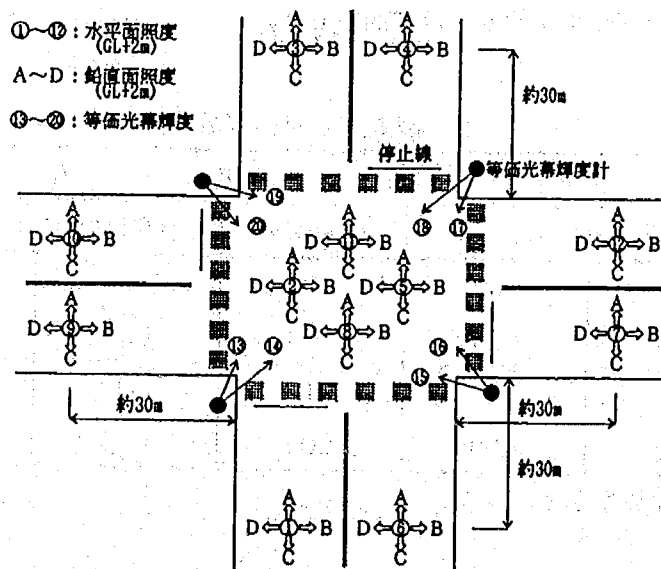


図-6・12 測定個所の略図

表－6・23 路面の照度および輝度測定結果

測定項目 測定番号	交差点A (明るい交差点)					交差点B (暗い交差点)				
	水平面 (lx)	鉛直面 (lx)				水平面 (lx)	鉛直面 (lx)			
		A	B	C	D		A	B	C	D
①	18.2	18.2	18.6	25.5	22.9	15.4	14.1	9.8	12.3	3.9
②	17.2	28.3	24.5	28.4	27.0	6.7	7.2	18.7	17.6	4.6
③	17.3	18.3	17.7	22.7	26.2	43.2	7.9	9.2	17.0	13.4
④	15.8	16.1	29.8	22.1	16.3	10.3	12.2	8.4	9.1	5.9
⑤	18.9	23.9	28.6	23.2	25.2	10.6	12.1	15.3	12.2	5.0
⑥	23.8	33.6	43.3	27.9	16.4	10.9	11.3	8.4	9.7	5.4
⑦	17.1	8.9	18.0	20.2	15.5	14.8	16.7	26.5	18.0	11.3
⑧	25.6	25.5	35.2	41.3	18.9	12.5	5.3	23.6	13.8	4.4
⑨	10.4	28.9	24.9	15.0	16.8	1.3	2.6	2.0	6.7	2.1
⑩	7.8	10.4	18.7	12.0	15.9	0.9	1.6	5.0	1.6	2.8
⑪	27.3	30.8	23.7	22.0	35.8	6.3	10.9	10.9	8.7	5.9
⑫	12.1	9.1	11.3	16.9	22.7	18.1	14.6	31.8	20.4	13.3
路面輝度	交差点内 2～4 cd/m ²					交差点内 1～2 cd/m ²				

表－6・24 等価光幕輝度測定結果 (単位：cd/m²)

測定箇所 測定番号	交差点A (明るい交差点)	交差点B (暗い交差点)
⑬	0.9	0.3
⑭	1.2(1.7)	0.2(0.5)
⑮	1.2	0.3
⑯	0.4(1.2)	0.3(1.0)
⑰	0.7	0.4
⑱	1.0(1.7)	0.8(1.0)
⑲	0.8	0.4
⑳	0.8(1.7)	0.3(0.5)

注) () 内の値は、対向車が前照灯を点灯した場合を示す。

測定値で比較すると、交差点の中央付近の水平面照度（4箇所の平均）は、Aで221x、Bで91xとなりAが2倍以上明るくなっている。路面輝度についても同様にAが2倍程度高い。また、等価光幕輝度についても平均値でAが0.88cd/m²、Bが0.38cd/m²となり、これも2倍程度明るくなっている。今回の測定結果は、道路照明以外の周辺光や前照灯の光が多く含まれ絶対的なものではないが、等価光幕輝度

の測定結果でも判るように、交差点照明を考える上で周辺環境（店舗の明るさ、ネオン、広告灯）の影響を考慮する必要があると思われる。

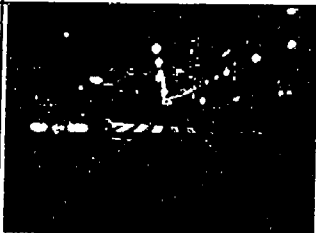
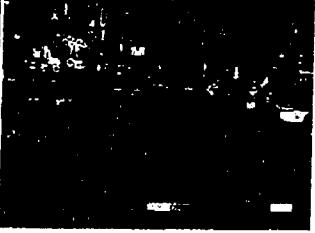
表－6・25に、交差点A、Bの比較として、交差点状況、輝度分布の疑似カラーおよびエッジ処理（輪郭画像表示）したものを示す。ただし、この輪郭画像は、各画素の周辺画素と比較して、2倍以上の輝度比を有する部分とした。

これらを見ても判るように、交差点Aのように周辺環境が明るい場合や交通量が多い場合は、輪郭情報が複雑になり、運転者の錯綜が起こりやすくなると考えられ、また交差点Bのように照明が暗い場合には路肩や白線の輪郭情報がはっきりせず（汚れている場合もある）、流入路進行中の自車位置の確認や右折車から見た直進車の位置確認に影響があると考えられる。

今回の調査では、交差点照明設備以外として、以下の問題があることが判った。

- 1) 交通量が多い場合や視環境が複雑な場合は、運転者に与える情報量が増えるため、錯綜が起こりやすくなる。
- 2) 周囲環境の明るさにより、運転者の目の順応状態が異なる。

表－6・25 調査交差点の比較

	交差点A	交差点B
交差点状況		
輝度分布 疑似カラー 表示		
輝度分布 エッジ処理		

6.4.4 交差点照明の設置方法

1) 現状の交差点照度の検討

道路照明施設設置基準の一般的な配置で、大規模交差点を想定し、交差点部および流入部の照度計算

Figure 1 is a plan view of a four-way intersection. The central intersection area is shaded and labeled "交差点部". To the right, a side road is labeled "流入部". The diagram includes various dimensions in meters (m) and symbols for lighting fixtures.

Dimensions:

- Vertical dimensions on the left: 12m (from the bottom road to the top of the intersection area), 25.5m (from the bottom road to the top of the intersection area).
- Horizontal dimensions at the top: 42m (from the left road to the center), 25.2m (from the center to the right road), 12.6m (from the center to the right road).
- Horizontal dimensions at the bottom: 54.6m (from the left road to the center), 12.6m (from the center to the right road), 25.2m (from the center to the right road), 25.5m (from the center to the right road).
- Horizontal dimensions on the right: 25.2m (from the center to the right road), 12.6m (from the center to the right road), 42m (from the center to the right road).
- Vertical dimensions on the right: 42m (from the top road to the center), 25.2m (from the center to the bottom road), 12.6m (from the center to the bottom road), 54.6m (from the center to the bottom road).
- Dimensions for the side road (流入部): 25.2m (from the center to the side road), 12.6m (from the center to the side road), 42m (from the center to the side road).
- Dimensions for the bottom road: 0.75m (from the left road to the center), 10.5m (from the center to the right road), 3m (from the center to the right road).

Lighting Symbols:

- : 速達照明 (Direct Lighting)
- ⊙ : 交差点照明 (Intersection Lighting)

計算結果は、表-6・26に示すとおりであり交差点部と流入部では、大きな照度差はない。

箇所 ランプ	交差点部			流入部		
	平均	最小	均斉度	平均	最小	均斉度
220W	15.2	10.3	0.68	17.1	9.7	0.57
360W	27.4	18.5	0.68	30.8	17.5	0.57

- 115 -

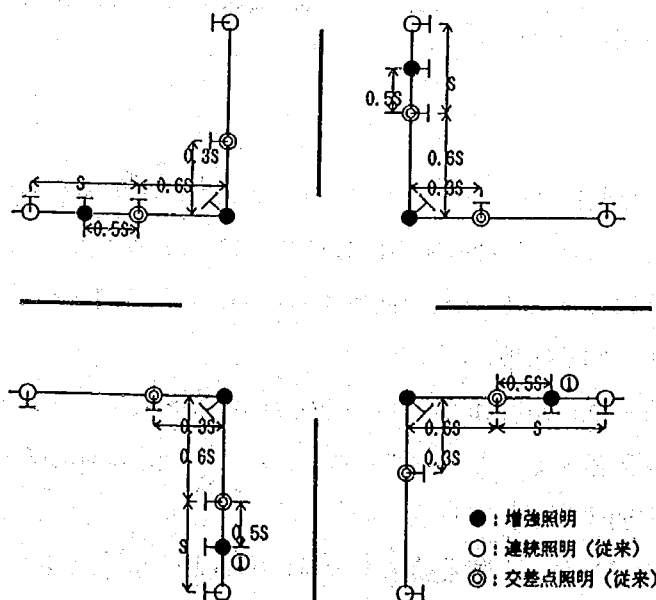
応できる対策案を検討した。表－6・27に、その対策案を示す。

表－6・27 問題点およびその対策案

	問 題 点	対 策 案
事故要因	右折車と対向直進車の事故が多い。	流入部50mと交差点部の照明強化。 照明灯を充実（設置・増設）させ、運転者からの相互の車輛の見え方を改善する。 ⇒鉛直面照度を考慮
	右折車と横断歩行者の事故が多い。	右折運転者に横断歩行者が視認しやすい照明に改善する。 ⇒鉛直面照度を考慮
環境要因	交通量や交差点形状、周囲環境の複雑さによって情報量が多くなり、運転者の錯綜を起こしやすくなる。	複雑な視環境条件のため、識別しやすくする。 ⇒高照度化
	周囲環境（特に明るさ）が、見え方に影響する。	明るさに応じた照度にする。 ⇒照度段階（照明区分）の設定 ⇒周囲の明るさや時刻による調光

(4) 照明器具配置案および照度

従来の交差点における標準的は位置を基本とし、表－6・27より、交差点の照明強化範囲を交差点部と流入部（約50m）とした。流出部に関しても重要であるが、ここでは右折事故が多い現状から特に流入部とした。図－6・14に照明器具配置案を、表－6・28に照度計算値（K S N N H T 220 L の場合）を示す。



図－6・14 照明器具配置案

表-6・28 照度計算値

(単位: lx)

	場 所	平 均	最 小	均 斉 度
標準配置	交 差 点 部	20.4	13.8	0.68
	流 入 部	22.9 (11.7)	13.0 (3.8)	0.57 (0.32)
	横 断 歩 道	21.8 (5.3)	13.9 (3.8)	0.64 (0.71)
検討案	交 差 点 部	49.8	27.5	0.55
	流 入 部	41.4 (21.9)	20.4 (8.6)	0.49 (0.39)
	横 断 歩 道	50.2 (25.8)	31.4 (16.6)	0.63 (0.64)

注) () 内は、鉛直面照度を示し、流入部は第2車線の中心線上、横断歩道は歩道中心線上の路面上1mの交差点方向の値である。

6.5 まとめ

(1) 歩行者用照明

夜間における歩行者空間の「安心感」は、面接調査の結果、「明るさ、人の気配、街路形態」で構成されると推定した。これは、既往の研究結果とほぼ一致した。

次に、照明により「安心感」を向上させることが可能なか把握するために、実空間での印象評価実験を行った。この結果を主成分分析し、3つの主成分が夜間の歩行者空間の印象を90%占め、そのうち第1主成分の寄与率が57%あることを明らかにした。更に、第1主成分は、安心感と強い相関($R=0.93$)があることを明らかにした。

なお、第1主成分から第3主成分は、以下の状況を表していると言える。

☆第1主成分: 【明るさの状況】

☆第2主成分: 【人の気配など近くの状況】

☆第3主成分: 【街路形態などの状況】

これより、第1主成分と関係の深い評価言語をコントロールすることによって安心感を高めることができることがわかった。また、これらの評価言語から、安心感を増すためには、照度だけでなく周辺や空間の明るさも重要な要因であることが示唆された。

一方、現行の照明基準(指針)を調査すると、歩行者は「交通量、地域特性、道路特性、周囲の明るさ」等を複数用いて分類し、水平面照度や鉛直面照度を用いて標準化していることが判った。なお、我々が安心して歩くために必要だと考える「空間の明るさ」を導入した基準は一つしかなかった。

次に、安心感と密接な関係にある物理量を把握するために、印象評価実験時に光学測定を行った。その結果、歩行者空間の安心感を改善するには、水平面照度に代表される路面の明るさの他に、等価光幕輝度や視線を中心とした視野角20度の平均輝度など新たな概念を用いる必要があることが示唆された。

(2) 横断歩道照明

これまで国内外の規格・基準の調査および研究事例の調査、国内の横断歩道照明の実態調査、横断歩道照明の見え方実験などを実施した。その結果、逆シルエット視の有効性が見出され、逆シルエット視が有効になる条件を抽出した。

しかし、逆シルエット照明方式を採用するためには、以下の課題を解決しなくてはならない。

☆歩行者や車両の交通量、道路構造、周辺環境による照明方式の選択方式の選択手法や設置方法

☆歩道上の歩行者の存否や挙動を周辺視で視認するための照明レベル

今後、以上の課題の調査研究を行い、総合的に判断した逆シルエット照明方式の有効な場所やその場所に応じた設置方法を見出すことが必要である。

(3) 交差点照明

基準等の調査では、具体的明るさの数値を扱っているものは、CIE 115のみであり、他の基準（日本、イギリス、南アフリカ、ベルギー）では照明器具の配置だけであった。CIEでは、局部照明を「交通秩序が乱れるエリア」として区分し、原則的には路面輝度が基準となり、そこに接続される道路より一段高い輝度値を使うべきとしている。また、どうしても輝度の基準が全体的に使用できない場合は、照度を全域に使用できるとし、その場合は水平面照度で規定している。

交通事故多発交差点を調査した結果、交通量が多く規模の大きな交差点での事故が目立ち、事故形態では右左折事故の割合が多い傾向にある。事故と照明の因果関係は明らかでないが、交差点改良項目で照明改良を上げている場所は半数以上ある。

交差点は単路部と異なり、右左折行動、対向車や横断歩行者確認等、運転者にとって非常に情報量が多く、一瞬の判断ミスが交通事故を招くことになる。交通事故の大半は運転者の状況判断の誤りで、特に当事者間の見え方に関する認識のズレや認知の遅れによるものが多い。よって、多量の情報の中からどの情報が必要か、あるいはいらぬ情報は何かを素早く判断する必要がある。したがって、判断時間を出来るだけ短く出来る対策を検討しなければならない。照明における対策案としては、①高照度化、②鉛直面照度の考慮、③諸環境（周囲の明るさ、交差点構造、交通量）に対応する照度段階の設定等が考えられる。

照明器具の配置については、従来の設置基準をベースとして、それを増強するという案で検討を行った。すなわちここでは、標準配置を原則とし、それに追加すると言う基本的考え方の基に、以下のことを考慮することが望ましい。

- ①照明の強化範囲は、交差点部および流入出部50mの区間が望ましいが、今回の調査結果から見ると特に流入部を照明強化する必要がある。
- ②CIEやその他調査結果を参考にすると、交差点部および流入部の明るさは連続照明の明るさに対し、より高い値が望ましい。
- ③右左折時の横断歩行者の見え方（横断待機中の歩行者も含む）を考慮した配置等を検討する必要がある。
- ④設置間隔等を考慮して、出来るだけ空間の明るさ（路面上の鉛直面照度）を均一にすることが望ましい。

交差点照明の現状を見ると、照明が不備なケースや貧弱なケースが見受けられる。また、照明が整備されていたとしても、周囲環境の変化や交通量の増加、交差点の大断面化や複雑化により、従来の交差点照明の概念では適合できない場合も生じている。今回は、比較的事故の割合が多い右折時事故（車両相互）や横断歩道横断中事故（人対車両）に着目し、照明における対策案や基本的考え方を検討した。今後、事故以外の要因として、雨天時の問題や道路照明以外の照明方法（投光照明等）についても検討し、最終的にはこれらを踏まえ、交差点照明の具体的基準値等を含めた総合的な対策が必要であると思われる。

第7章 総 括

本資料は、平成5年度から実施された道路技術5箇年計画のテーマのひとつである「高機能インテリジェント道路照明」について、高機能道路照明に関する委員会の成果をとりまとめたものである。

本資料での結論をとりまとめると次のようになる。

『設置高さを考慮した道路照明の検討と開発』では、現行の道路照明施設設置基準にとられない新たな道路照明の設置位置について様々な視点から検討を行った。図-1・1にあるように当初の研究課題から、第2章「道路特性を考慮した照明特性」、第3章「高位置設置の道路照明」、第4章「低位置設置の道路照明」と研究範囲は広がった。

第2章「道路特性を考慮した照明特性」では、まず、CIE（国際照明委員会）勧告、海外の基準等を通じて道路特性に応じて必要とされる明るさを把握し、次に我国における道路形態の分類（自動車専用道、一般道）、設計速度、交通量、視距から道路の分類を行い、明るさの提案を行った。

道路の分類に応じて必要とされる明るさに重み付けを行い明るさを提案した過程は、基準等を提案する際に寄与することを確認した。なお、今回の提案は、あくまでも基準を作成する場合に検討すべき道筋や考え方について、一つの案を示したものである。

第3章「高位置設置の道路照明」では、（1）高位置設置の道路照明、（2）道路構造と照明器具設置位置、（3）高位置設置の道路照明の経済性、（4）高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性、（5）一般国道への応用、（6）高位置設置の道路照明の実用化実験、の6つについて検討を行った。

（1）高位置設置の道路照明の検討では、最大輝度勾配及び車線軸均斉度と快適性との関連性について、道路照明の設置高さと同隔に着目した実験によって検討を行った。その結果、車線軸均斉度と快適性の間に相関を見出すことが出来た。しかし、最大輝度勾配については、有効性を見出すことが出来なかった。また実験によって設置高さ $H=15\text{m}$ 、同隔 $3.5H$ よりも広げられる可能性があることを把握した。（2）道路構造と照明器具設置位置の検討では、歩車道境界の明確化と、路肩付近を明るくする必要性を見出し、オーバーハングについて検討を行った。その結果、オーバーハングを 0m にする事によって、視認性が向上することを確認した。（3）高位置設置の道路照明の経済性の検討では、ボールの設置高さが設置高さ 15m 、同隔 60m （ $4H$ ）以上で既存の設置方法（設置高さ 10.0m 、同隔 35m ）よりも経済性が見出せることを確認した。

（4）高位置設置の道路照明の照明特性と光学特性の検討では、照明器具の持つ配光性能で、照明率が 0.3 以上の性能を持つ照明器具や、設置同隔（ S/H ）を 3.75 以上に拡大することによって有効性を見出せることを確認した。（5）一般国道への応用では、片側2車線道路の場合、設置高さ 12m 、同隔 48m 、高圧ナトリウムランプ 220W を使用することによって、道路照明施設設置基準の範囲で平均路面輝度、総合均斉度を確保でき、設備費や消費電力も低減出来ることを把握した。片側3車線以上の場合、設置高さ 12m 以上のボールの使用や、照明器具の反射板による配光改善によって設置出来る可能性を見出した。（6）高位置設置の道

の実用化実験では、新型の照明器具の試作（2灯型）を行い、設置高さ15m、器具間隔60mとし約1kmに渡って試験施工を行った。その結果、光学性能は設計路面輝度 1 cd/m^2 以上、総合均斉度0.4以上を確保出来ることを確認した。視認性は、既存の設置方法で設置された区間に比較して良好であることを確認した。

第4章「低位置設置の道路照明」では、現行の道路照明を低く設置することによる効果について検討を行った。代表的な設置事例として関西国際空港連絡橋、名古屋高速道路に設置されている照明について調査を行い、その有効性について検討を行った。その結果、視認性向上の観点から有効となる機能を明確化し、これらを生かした開発イメージを作成した。また、経済性や光学的性能向上の必要性、道路環境に応じた有効な適用箇所の検討等、新たな課題を把握した。

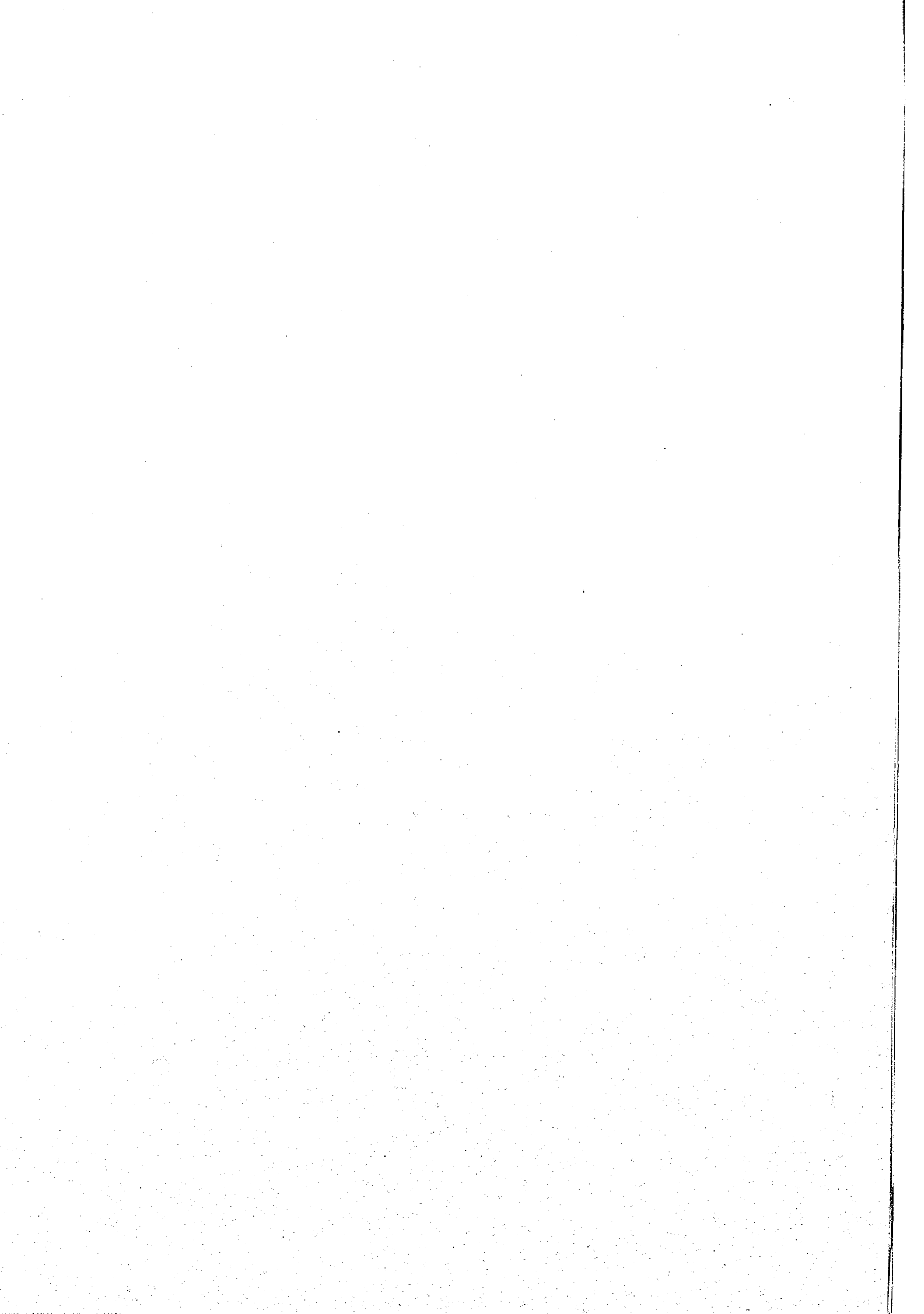
第5章「高視認性舗装と路面の反射特性測定方法」では、既存技術の把握とその応用によって開発の可能性を検討した。その結果、路面自体を発光させる技術では、今後の発光素材に期待を寄せるとともに、高輝度型の路面舗装についても検討を行い、反射技術の把握と視認性向上に寄与する技術であることを把握した。また、新たな課題として、路面の反射特性の測定方法の開発が必要であることを把握した。

第6章「歩行者用照明」では、歩行者が通行する道路環境を対象に新たな項目も導入して検討を行った。交差点照明では、交通事故データの導入を行い光環境と交通事故との関連について分析を行い、交差点内における光環境の問題点と新たな設置方法の提案を行った。横断歩道照明ではシルエット視・逆シルエット視による視認性評価実験を行い、新たな照明手法の可能性を見出した。歩行者用照明では歩行者の安心・快適と感じる光環境を机上検討と実際の歩行者用照明下で定性的な調査を行い、光環境と関連の深い歩行者の心理構成要素を把握した。これらの試みは、従来行われてきた検討にはない新たな視点でのものである。

本研究により、道路照明に求められる基本的な要件を整理することができ、さらに機能性を高めた各種の照明技術を提案することができた。今後は、これらの提案について、道路、交通状況を踏まえ確認、検証を行うことが必要と考えられ、研究の継続が求められるところである。

最後に、検討委員会の成定委員長を初め委員各位、ならびに本資料の作成を中心的に行われた（社）建設電気技術協会および幹事の方々のご努力に謝意を表します。

参 考 文 献



No	題 名	出典	年度
1	高齢者に対する照明の調査と提案 淵田隆義、高橋好正、高橋貞雄、他	照明学会誌 VOL.80	1996
2	照明年報 第6章 視覚 和気典二、市川一夫、玉置明野、他	照明学会誌	1996
3	高齢化社会と照明 高齢者の視覚 鶴飼一彦	照明学会誌 VOL.80	1996
4	高齢化社会と照明 高齢者と推奨照度 高橋貞雄、淵田隆義	照明学会誌 VOL.80	1996
5	夜間の目覚め時の歩行照明の要件 廊下の深夜照明 秋月有紀、坂口敏彦、他	松下電工技法 No.55	1996
6	住宅の階段の照明要件 松下公嗣、他	松下電工技法 No.55	1996
7	高齢者配慮の住宅照明の考え方 横田健治	松下電工技法 No.55	1996
8	第6次特定交通安全施設等整備事業五カ年計画(案)について 曾根真理	交通工学 VOL.31	1996
9	高齢者・障害者にかかわる歩道規格の比較検討 久下晴巳、秋山哲男	舗装 VOL.31	1996
10	既成環境の変更 街路灯の改良による影響 HERBERT D	Geoforum Vol.25	1994
11	インテリアの色彩と照明 インテリア照明の現状と動向 横田健治	照明学会誌 VOL.79	1995
12	高齢者のための住空間に於ける推奨照度 横田健治	照明学会誌 VOL.79	1995
13	特集 照明 高齢者の生活を考慮した照明 高樋忍	殖産住宅相互 VOL.6	1994
14	特集 労働環境 視環境の快適化について 高橋誠	空気清浄 VOL.32	1994
15	高齢者向けの照明 ANDERSON L	LD+A VOL.24	1994
16	高齢者の不快グレア 光色との関係 矢野正、金谷末子、他	照明学会誌 VOL.77	1993
17	照明の役割と有効性 成定康平、他	照明学会誌 VOL.77	1993

18	家庭における高齢者にやさしい照明	金谷末子	照明学会誌	1993
			VOL.77	
19	照明器具の上手な使い方 高齢者に対応したやさしい照明	金谷末子	月刊住まいと電化	1992
			VOL.4	
20	高齢者の視覚と視環境	金谷末子、明石幸生、矢野正	Natl Tech Rep	1992
			VOL.38	
21	色と快適性小特集 照明と快適性	中根芳一	塗装工学	1992
			VOL.27	
22	色光による高齢者の視力	行田尚義、黒木白、他	照明学会全国大会	1992
			VOL.25th	
23	運転者はどのような情報を実際に必要とするか	FASTENMEIER W、他	VDI Ber	1992
			No.948	
24	高齢者の夜間の運転での問題とその削減	OLSON P L	SAE Tech Rep	1992
			Page.6	
25	高齢運転者と歩行者の安全性改善プログラム	EHRlich P H、他	Tech Pap ITEs	1990
			Page.183-191	
26	VDT作業の照明と瞬目数 高齢者と若年齢者との比較	明石行生、金谷末子、他	ヒューマンインターフェースシンポ ジウム論文集	1989
27	中高年齢者の生活環境 高齢化社会と視環境		人間工学	1989
			VOL.25	
28	高齢者福祉施設 高齢者施設の視環境の構成	松本啓俊	建築設備	1989
			VOL.40	
29	高齢者と病的な眼に対する主観的な照明のニーズ	LINDNER H、他	Int J Light Res	1989
			VOL.21	
30	高齢化社会における照明に関する研究調査委員会報告		照明学会誌	1987
			VOL.71	
31	高齢化社会における照明環境 交通路の照明	吉田博	電気・情報関連学会連 合大会	1987
32	高齢・高速・情報化社会における照明の役割	鈴村昭弘	照明学会誌	1985
			VOL.69	
33	交通安全白書		総務庁編	1997
			平成9年度版	
34	JIS 照度基準		日本工業規格	1997
			平成9年度版	
35	生活化学のための人間工学	長町三生	朝倉書店	1989
36	Human Factors in Engineering and Design Seventh Edition		McGraw-Hill	1993
		Sanders M.S. and McCormick,E.J.	New York	

37	Retinal illumination and age Weale, R.A.	Transaction of illumination Engineering Society (London) Investigative	1961
38	Transmission of the Ocular media Boettner, E.A. and Wolter, J.R.	Investigative Ophthalmology	1962
39	高齢者の視覚黄変化に配慮した色彩計画 吉田あこ	高齢者のための建築環 境 彰国社	1994
40	高齢化による視覚の黄変化ーその1 吉田あこ、橋本公克	日本建築学会大会	1989
41	高齢化による視覚の黄変化ーその2 橋本公克、吉田あこ	日本建築学会大会	1989
42	高齢化視界の黄変化と視認性 その1 吉田あこ、橋本公克	日本建築学会大会	1990
43	高齢化視界の黄変化と視認性 その2 橋本公克、吉田あこ	日本建築学会大会	1990
44	消える案内標識と水晶体の透過率ー高齢化視界黄変化の研究(1) 吉田あこ、橋本公克	日本建築学会大会	1991
45	レーザー散乱光による水晶体タンパク粒子径の測定 草田、溝部、吉川、北大路、糸井、富井	あたらしい眼科 2-5	1985
46	まぶしさの快不快限界線(BCD)に関する基礎的研究 市川宏、長南常男	照明学会誌 VOL.48	1964
47	自動車及び歩行者交通の為の照明に関する勧告	国際照明委員会 CIE115-1995	1995
48	公道の照明の実施規範	ベルギー照明委員会 NBN L 18-001	1980
49	公共照明のための特別な場合に対する勧告	ベルギー照明委員会 NBN L 18-002	1988
50	Road Lighting for Wet Conditions	国際照明委員会 CIE Pub.47	1979
51	Technical Report (2.Draft)	国際照明委員会	1997
52	平成8年度 高機能インテリジェント道路照明検討業務 報告書	(社)建設電気技術協会	1997
53	平成9年度 道路照明の高機能化に関する検討業務 報告書	(社)建設電気技術協会	1998
54	平成10年度 道路照明の高機能化に関する検討業務 報告書	(社)建設電気技術協会	1999

55	公共照明の実施基準(パートⅠ:公道の照明)	南アフリカ規格 SABS098	
56	公共照明の実施基準(パートⅡ:公道の照明)	南アフリカ規格 SABS098	
57	道路照明(パート2:交通路の照明に関する実施基準)	イギリス規格 BS5489	
58	道路照明(パート10:高速道路の照明に関する実施基準)	イギリス規格 BS5489	
59	照明用語辞典	(社)照明学会編	1990
60	JIS Z 8113 照明用語	日本規格協会	1993
61	光と照明(光工学の理論と実際) ハンス・ユルゲン・ヘンシエル著、森礼於訳	日本理工出版界刊	1995
62	道路工学 森満雄	理工図書	1994
63	道路照明施設設置基準・同解説	(社)日本道路協会	1981
64	蓄光材料の交通安全への適応 秋山、藤田	第21回日本道路会議	1995
65	蛍光材料の舗装への適応 藤田、秋山	第21回日本道路会議	1995
66	発光性舗装材料の光特性と視認性 酒井、坂口、秋山	第21回日本道路会議	1995
67	プラビーズの視認性について 桜井、西田、藤田	第21回道路会議	1995
68	光反射型舗装の機能について 竹下、野瀬、佐野	第21回道路会議	1995
69	シノパール舗装の特性について 佐藤、中島、宮	道路建設	1978
70	舗装路面の反射率による明るさの評価 土屋、中村	道路建設	1986
71	道路照明の照明レベルに関する実験業務報告	建設省土木研究所	1995
72	薄暮時における路面輝度の変化と自動車灯火の点灯状況	照明学会誌 VOL.75 No.2	1991
73	歩行者のための屋外公共照明基準	照明学会技術基準 JIEC-006	1994