

3.1 道路照明

3.1.1

道路照明とは

1. 道路照明の目的と視環境

道路照明の目的は、夜間において、道路交通を安全かつ円滑に走行できるようにすることであり、次に示す視覚情報が得られる視環境を構築するものでなければなりません。

- ・道路上の障害物又は歩行者などの存否及び存在位置
- ・道路幅員及び道路線形などの道路構造
- ・道路上の特殊箇所(交差点、分岐点、屈曲部など)の存否及び存在位置
- ・車道内の路面の状態(乾湿、凹凸など)
- ・車両の存否及び種類、速度、移動方向
- ・道路周辺の状況

2. 道路照明の要件

道路照明において、良好な視環境を確保するためには、以下に示す要件を考慮する必要があります。

- ・平均路面輝度(又は空間照度)が適切であること
- ・路面の輝度均斎度が適切であること
- ・グレアが十分抑制されていること
- ・適切な誘導性を有すること

2.1 路面輝度

路上の障害物は、一般的に明るい路面を背景としてシルエットで見えます。そのため路面の明るさ(路面輝度)が十分でない場合には、障害物を視認できないことがあります。

2.2 路面の輝度分布と見え方

図1.1は、横軸に路面輝度、縦軸に障害物の輝度をとり、障害物の見え方を示したものです。斜線部分は、路面と障害物の輝度対比が小さく障害物が見えにくいゾーンです。斜線部分の上側は障害物が明るく(逆シルエットで)見え、下側は障害物が黒く(シルエットで)見えます。シルエット視と逆シルエット視の例を図1.2に示します。

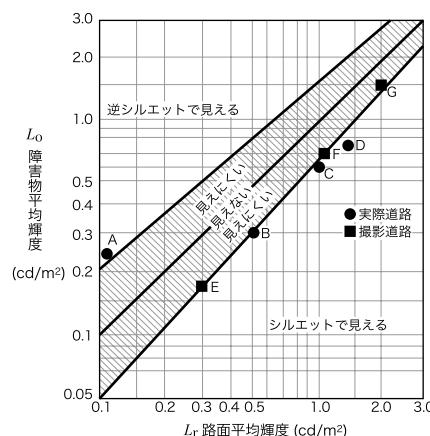


図1.1 障害物の見え方特性

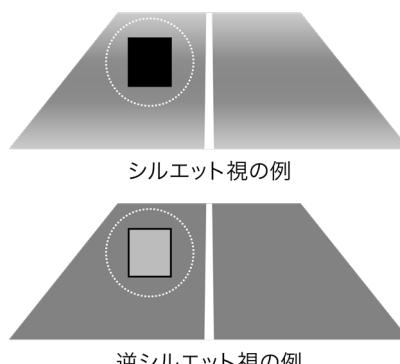


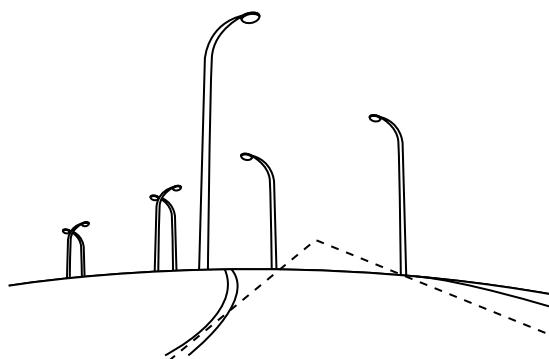
図1.2 シルエット視と逆シルエット視

2.3 グレア(まぶしさ)

視野の中に不適当な輝度分布があるか、輝度の範囲が広すぎるか、又は過度の輝度対比があるために、視野内の細部や物体を見る能力が減少(視機能低下グレア)、もしくは不快感(不快グレア)を生じさせる視覚の条件又は状態をいいます。

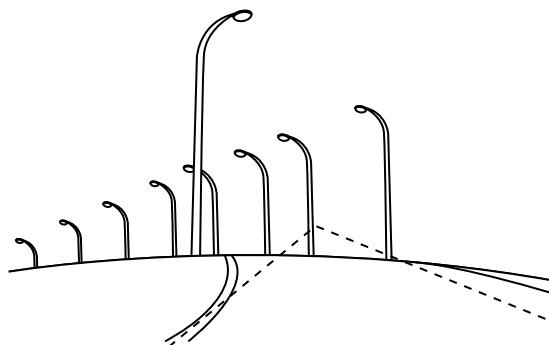
2.4 誘導性

運転者が道路を安全に走行するためには、前方の道路の線形の変化及び分合流の状況を予知する必要があります。適切に設置された照明施設には優れた誘導効果があります。
曲線部における誘導性の悪い例を図1.3に、よい例を図1.4に示します。



曲線部における千鳥配列の透視図
(路面の輝度分布が不均一で誘導性も悪い)

図1.3 誘導性が悪い例



曲線部における片側配列の透視図
(路面の輝度分布が良好で誘導性もよい)

図1.4 誘導性がよい例

3.1.2

道路照明設計
(連続照明)

1. 連続照明の設計手順

連続照明の設計は、図1.5に示す手順で行います。

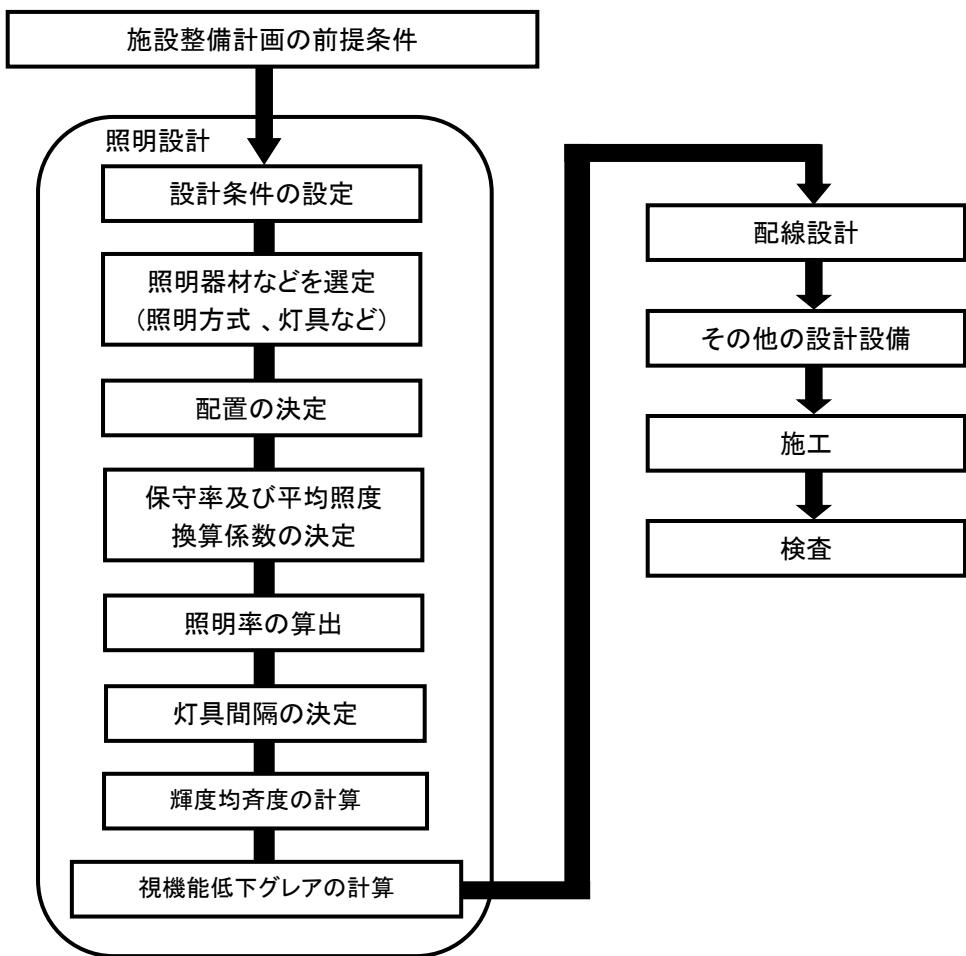


図1.5 道路照明(連続照明)の設計手順

2. 設計条件の設定

道路照明の設計を行うにあたり、まず設計条件となる性能指標を設定する必要があります。道路照明施設設置基準には、以下に示す4つの指標が規定されています。

- ・平均路面輝度
- ・輝度均齊度(総合均齊度 U_o 、車線軸均齊度 U_l)
- ・視機能低下グレア($\gamma\gamma$ 値)
- ・誘導性

2.1 平均路面輝度

平均路面輝度は、表1.1に示すように定められています。

表1.1 平均路面輝度

単位 cd/m²

外部条件 道路分類	A	B	C
高速自動車国道など	1.0	1.0	0.7
	-	0.7	0.5
一般国道など	1.0	0.7	0.5
	0.7	0.5	-
	0.7	0.5	0.5
	0.5	-	-

外部条件A：道路交通に影響を及ぼす光が連続的にある道路沿道の状態

外部条件B：道路交通に影響を及ぼす光が断続的にある道路沿道の状態

外部条件C：道路交通に影響を及ぼす光がほとんどない道路沿道の状態

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

平均路面輝度は、道路分類及び外部条件に応じて表1.1の上段の値を標準としますが、状況によって(設計速度が低く、交通量も少ない時など)下段の値をとることができます。

また、特に重要な道路、又はその他特別の状況にある道路においては、表1.1の値に関わらず、平均路面輝度を2.0 cd/m²まで増大することができます。

2.2 輝度均齊度

路面上の障害物の見え方を左右する総合均齊度 U_o ($= L_{min}/L_o$) は、0.4以上となるようにします。前方路面の明暗による不快感の程度を左右する車線軸均齊度 U_l ($= L_{min(l)}/L_{max(l)}$) は、表1.2の値とすることが推奨されています。

表1.2 車線軸均齊度

道 路 分 類	車線軸均齊度
高速自動車国道など	0.7 以上
一般国道など	0.5 以上
	-

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

2.3 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加 ΔI を原則として表1.3の値とします。

表1.3 相対閾値増加 ΔI

単位 %

道 路 分 類	相対閾値増加
高速自動車国道など	10 以下
一般国道など	15 以下
	15 以下

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

3. 照明機材の選定

3.1 照明方式の選定

道路照明方式には、ポール照明方式、低位置照明方式(高欄照明方式を含む)、構造物取付照明方式、ハイマスト照明方式があり、目的や場所に応じて使い分ける必要があります(表1.4参照)。多くの場合ポール照明方式が採用されますが、低位置照明方式の採用が増えています。

表1.4 各照明方式の特徴

	ポール照明方式	低位置照明方式	構造物取付 照明方式	ハイマスト照明方式
概要	地上8~12mのポールの先端に灯具を取り付け照明にするもので広く使用されている方式	ポール照明方式が採用できない場所や周辺への漏れ光に配慮が必要な場所で高欄などに低ワットの灯具を取り付けて道路を照明する方式	道路上又は道路側方に設置されている構造物に直接照明器具を取り付けて照明する方式	照明塔などによる高所からの照明で、通常地上高20~40m程度の照明塔に大容量の光源を多数取付けて照明する方式 照明器具が地上に下りてくるようにした昇降装置付もある
長所	●ポールの建立により誘導性が得られる ●比較的経済的である	●昼間の景観がよい	●ポールなどの支障物が不要であり、建設費が安価となる場合がある ●昼間の景観がよい	●ポールの本数が少なく、スッキリとした景観になる ●シンボルとして利用できる
短所	●保守作業のために、道路を規制する必要がある	●幅の広い道路では均斎度が悪い ●取付高さが低くグレアが生じる可能性がある	●取付位置や照明器具の選定に制限がある ●取付高さが低くグレアの生じる可能性がある	●誘導性が得られない ●施設外に光が漏れる可能性がある
用途	●インターチェンジ ●パーキングエリアのランプウェイ ●道路本線	●空港周辺で灯具の高さに制限がある場所 ●漏れ光に配慮したい場所	●遮音壁のある道路 ●トラス橋	●インターチェンジ ●パーキングエリア ●料金所広場

3.2 灯具の選定

灯具に実装されるLED光源や放電ランプ(高圧ナトリウムランプ、メタルハライドランプ、セラミックメタルハライドランプ、蛍光ランプ)には、以下の要件が求められます。

- ・高効率で寿命が長いこと
- ・光色と演色性が適切であること
- ・周囲温度の変動に対して、効率、寿命、光色、演色性などの特性が安定していること

道路照明に使用される灯具の配光は、カットオフ配光とセミカットオフ配光に分類できます。一般にはカットオフ配光の灯具が用いられますが、設置条件や周辺環境に応じてセミカットオフ配光の灯具も選定できます。

表1.5 道路灯の配光

単位 : cd/1,000 lm

角度	水平角	90°		
		鉛直角	90°	80°
カットオフ配光		10 以下	30 以下	
セミカットオフ配光		30 以下	120 以下	

カットオフ配光 : 車両運転者に対するグレアを厳しく制限した配光

セミカットオフ配光 : 車両運転者に対するグレアをある程度制限した配光

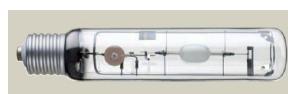
灯具の例を下記に紹介します。



LEDモジュール



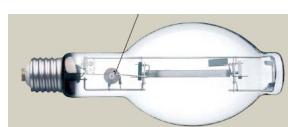
カットオフ配光



セラミックメタルハライドランプ



セミカットオフ配光



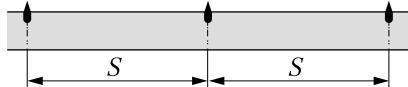
高圧ナトリウムランプ

セミカットオフ配光
(後方カット型)

4. 配置の決定

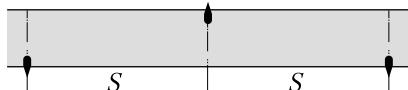
4.1 灯具の配列

道路照明の灯具の配列には、片側配列、千鳥配列及び向合せ配列があります。各配列の特徴を以下に示します。



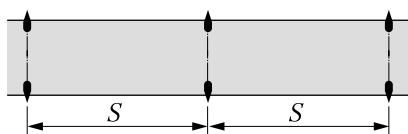
●片側配列

市街地道路や、曲線部又は中央分離帯のある道路に適しています



●千鳥配列

直線道路に適した配列で、曲線道路では路面輝度の均斎度や誘導性が低下します



●向合せ配列

直線道路や広い曲線道路に適した配列で、誘導性は良好です

図1.6 道路照明の配列

4.2 灯具の取付高さ

ポール照明方式の取付高さは、8 m、10 m 及び12 m の3種類が標準となります。ただし、光学特性の基準値を満足する場合はこの限りではなく、樹木や構造物により設置高さに制約がある場合などもこれに該当します。なお、低位置照明方式の取付高さは、1.0 m ~ 2.0 m程度となります。

4.3 オーバーハング Oh

路面が濡れているときの照明効果の低下を軽減するためには、路面上の水膜による輝度分布の変化に考慮してオーバーハングを決定する必要があります。灯具の横方向に配光のピークがある灯具では、オーバーハングをゼロとすることが望ましいとされています。一方、灯具の横方向よりもやや前方に配光のピークがある灯具は、その配光特性により湿った路面においても、比較的良好な光学特性が得られます。このため、オーバーハングは図1.7、図1.8に示す配光の種別により選定するといいでしよう。ただし、オーバーハングはできるだけ小さくすることが望ましいです。

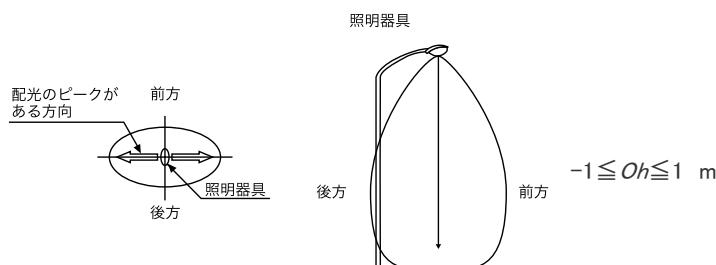


図1.7 横方向に配光のピークがある灯具

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

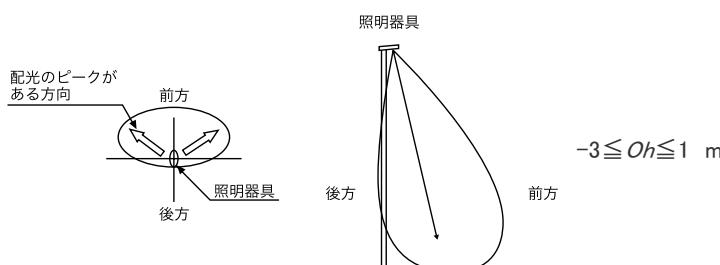


図1.8 横方向よりもやや前方に配光のピークがある灯具

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

5. 保守率の決定

路面輝度や照度は、光源光束の低下や灯具の汚れなどによって少しづつ減少(経年変化)します。この減少の程度は、道路構造、交通状況はもとより光源の点灯時間、灯具の清掃頻度などによつて異なります。この減少の程度を設計時点で見込む係数が保守率です。

道路照明の設計に用いる保守率は、0.7を標準として、道路構造や交通状況に応じて±0.05の範囲で選択できます。

表1.6 保守率の推奨値

区分	保守率
連続(局部)照明	0.65~0.75

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

6. 照明率の算出方法

図1.9に示すように、灯具が道路外にある場合の照明率は、式-1、式-2より求めることができます。

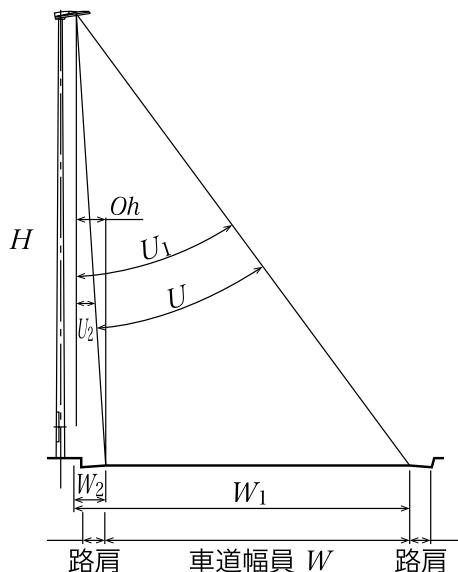


図1.9 車道の断面図

・式-1より、路肩と車道を含めた照明率(U_1)を求めます。

$$U_1 = \frac{W_1}{H} = \frac{(W + |Oh|)}{H} \quad (\text{式-1})$$

・式-2より、路肩の照明率(U_2)を求めます。

$$U_2 = \frac{W_2}{H} = \frac{|Oh|}{H} \quad (\text{式-2})$$

・照明率 U は次の通り求めます。

$$U = U_1 - U_2$$

7. 灯具間隔の計算

路面輝度を得るための灯具間隔は、式-3で求めます。

$$S = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{L_{r1} \cdot W \cdot K} \quad (\text{式-3})$$

ここに L_{r1} : 平均路面輝度 cd/m^2
 F : 灯具光束 ℓm
 U : 照明率
 M : 保守率
 N : 配列係数 (片側配列・千鳥配列 $N=1$ 、向合せ配列 $N=2$)
 S : 灯具間隔 m
 W : 車道幅員 m
 K : 平均照度換算係数 $\ell\text{x}\cdot\text{cd}^{-1}\cdot\text{m}^2$
(路面舗装がアスファルトの場合:15 コンクリートの場合:10)

8. 輝度均斎度の計算

8.1 総合均斎度

総合均斎度 U_o は式-4 にて求めます。

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_r} \quad (\text{式-4})$$

ここに L_{\min} : 最小部分輝度 cd/m^2
 L_r : 平均路面輝度 cd/m^2 (逐点法による)

総合均斎度 U_o の算出に必要な路面輝度の計算は、JIS Z 9111:2022 に基づき図1.10の計算点に対して行います。灯具の配列が千鳥配列の場合は、2スパンに対して計算を行う必要があります。視点位置は車線中央の高さ1.5 m、かつ計算範囲の手前60 mからとします。道路横断方向に対しては、車線ごとに $W/5$ 間隔 ($W=3.5 \text{ m}$ の場合0.7 m) で5点の計算点を設けます。また、道路縦断方向に対しては、手前側の灯具と同じ位置から、灯具間隔 S の1/10間隔で10点の計算点をとります。ただし、計算点の間隔が5 mを超える場合は計算点を増やして5 m以内となるように設定します。

なお、複数車線の総合均斎度 U_o は、隣り合う2車線を対象に算出するのがよいとされています。

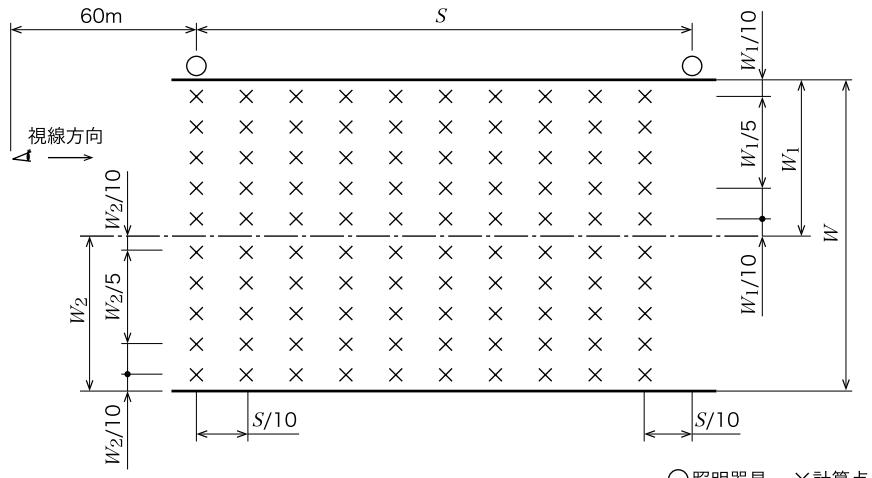


図1.10 総合均斎度の計算点

なお、低位置照明方式の場合は、輝度計算に必要な路面の反射特性データがCIEで標準化されていないため、照度均齊度を用いることが望ましい。この場合の計算点位置は、図1.11 のように JIS Z 9111:2022 に示されています。

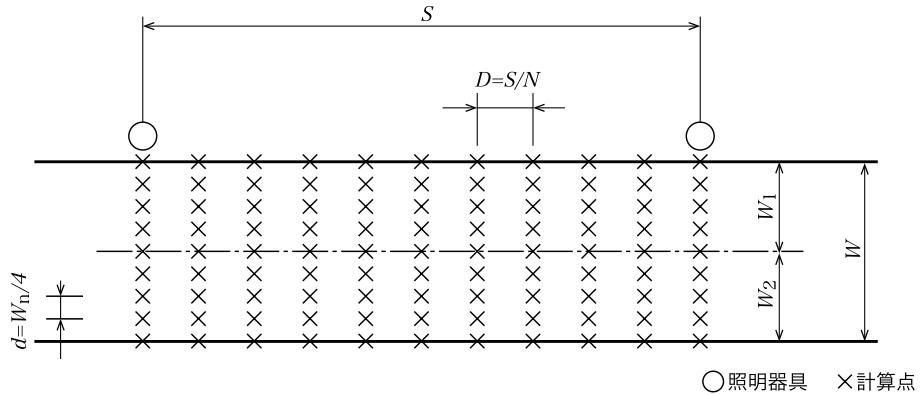


図1.11 路面照度の計算点

8.2 車線軸均齊度

車線軸均齊度 U_ℓ は式-5にて求めます。

$$U_\ell = \frac{L_{\min(\ell)}}{L_{\max(\ell)}} \quad (\text{式-5})$$

ここに $L_{\min(\ell)}$: 車線中心線上の最小部分輝度 cd/m^2
 $L_{\max(\ell)}$: 車線中心線上の最大部分輝度 cd/m^2

車線軸均齊度 U_ℓ の算出に必要な路面輝度の計算は、JIS Z 9111:2022 に基づき図1.12の計算点(全10か所)に対して行います。灯具の配列が千鳥配列の場合は、2スパンが計算対象となるため計算点は20点となります。ただし、計算点の間隔が5 mを超える場合は、計算点を増やして5 m以内になるよう調整します。いずれの場合も、視点位置は車線中央の高さ1.5 m、かつ計算範囲の手前60 mからとします。また、車線軸均齊度 U_ℓ は、交通方式に関わらず全ての車線において計算を行います。

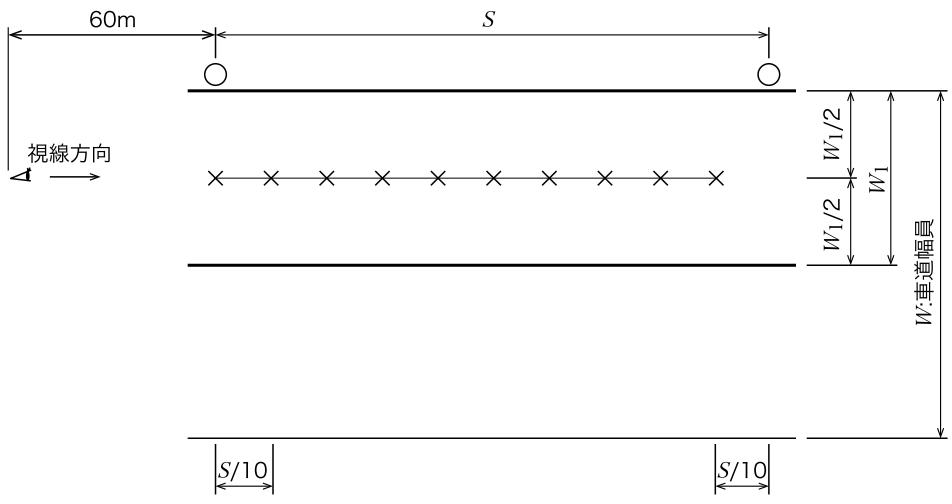


図1.12 車線軸均齊度の計算点(視線位置:走行車線)

9. 相対閾値増加 TI の計算

相対閾値増加 TI は、式-6 もしくは式-7 を用いて求めます。なお、この式で求まる TI 値は、23歳の観測者に対するものです。

$$L_r \leq 5 \text{ cd/m}^2 \text{ の場合} \quad TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_r^{0.8}} \% \quad (\text{式-6})$$

$$L_r > 5 \text{ cd/m}^2 \text{ の場合} \quad TI = 95 \cdot \frac{L_v}{L_r^{1.05}} \% \quad (\text{式-7})$$

ここに L_r : 平均路面輝度 cd/m^2

(ただし、平均路面輝度の初期値)

L_v : 運転者の視野内に存在する照明器具による等価光幕輝度 cd/m^2

等価光幕輝度 L_v は、眼球内における散乱の程度を表し、図1.13のように視線とグレア源とのなす角度と、垂直な面における照度によって決まります。したがって、等価光幕輝度 L_v は、グレア源が視線中心の近くにあるほど高くなります。

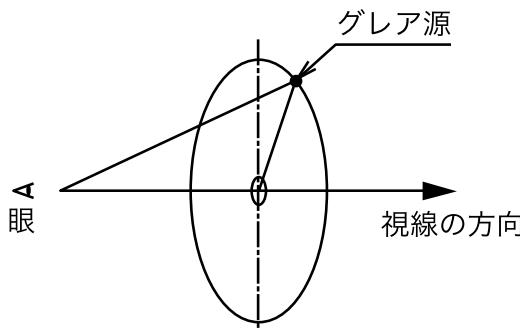


図1.13 等価光幕輝度の概念図

(参考文献 (公社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

等価光幕輝度 L_v の計算は、図1.14に示すように視点の位置を基点として、10点(灯具間隔の1/10倍)に対して行う必要があります。ただし、計算点の間隔が5 mを超える場合は計算点を増やして5 m以内になるよう調整します。全ての計算点のうち、等価光幕輝度 L_v が最大となる位置の TI 値を式-6 もしくは式-7 にて求めます。

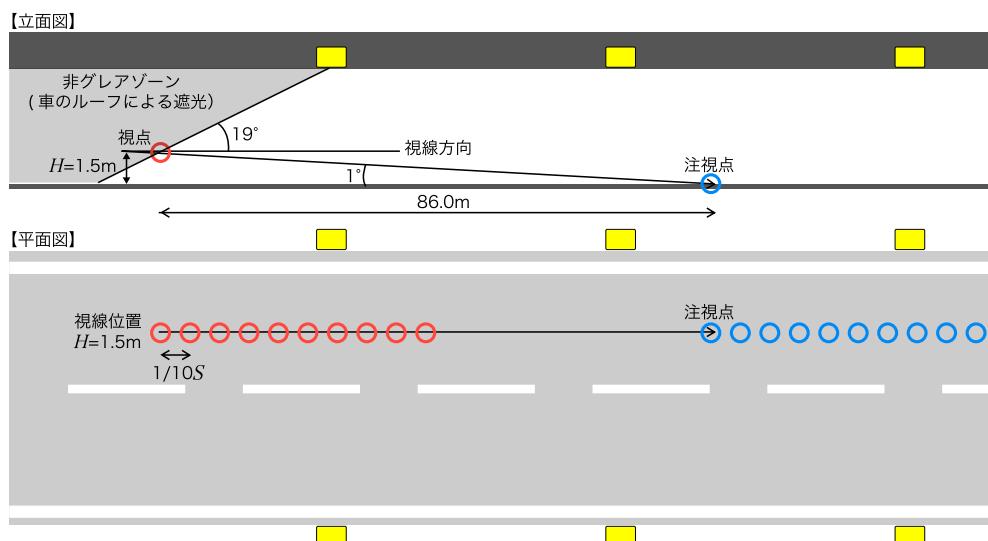


図1.14 相対閾値増加 TI の計算点

3.1.3

計算例(連続照明)

1. 設計条件

表1.7、表1.8 及び図1.15に設計条件を示します。

表1.7 設計条件

交通方式	一方交通
車道幅員	7.0 m
灯具高さ	10.0 m
オーバーハング	-0.7 m
保守率	0.70
配列	片側配列
灯具間隔	40 m
路面舗装	アスファルト
器具光束	11,600 ℥m

表1.8 性能指標値

平均路面輝度	1.0 cd/m ²
総合均齊度	0.4以上
車線軸均齊度	0.5以上
視機能低下グレア	15% 以下

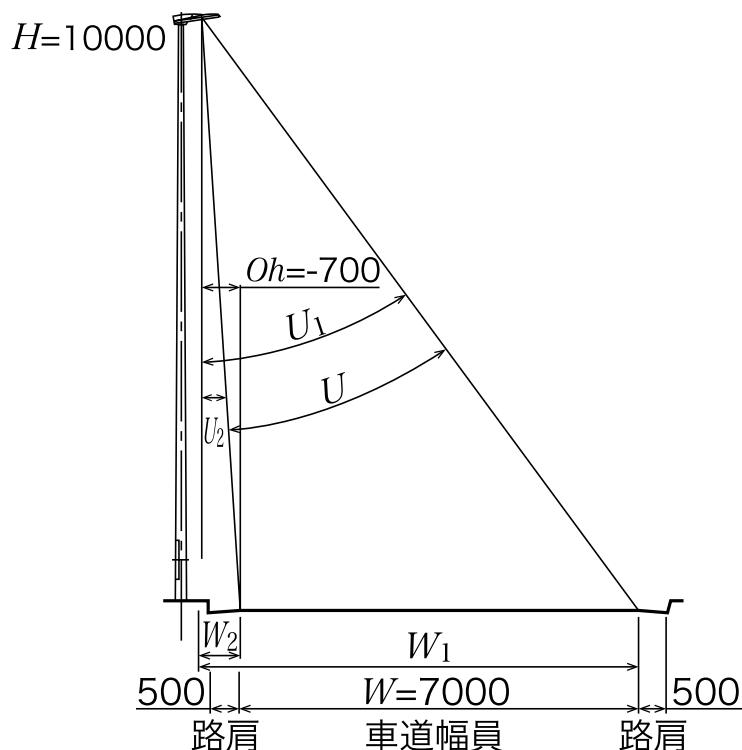


図1.15 車道の断面図

2. 平均路面輝度の算出

はじめに平均路面輝度の算出に用いる照明率を求めます。

灯具の直射照明率曲線は図1.16とします。図1.15と図1.16より、照明率を求めます。

- 下式により、灯具側路肩と車道を含んだ
照明率(U_1)を求めます。

$$U_1 = \frac{W_1}{H} = \frac{(W + |Oh|)}{H}$$

$$\frac{(7 + 0.7)}{10} = 0.77$$

→ 照明率曲線図(図1.16)より $U_1 = 0.582$

- 下式より、路肩部の照明率(U_2)を求めます。

$$U_2 = \frac{W_2}{H} = \frac{|Oh|}{H}$$

$$\frac{0.7}{10} = 0.07$$

→ 照明率曲線図(図1.16)より $U_2 = 0.043$

- 車道照明率 U を求めます。

$$U = U_1 - U_2 = 0.582 - 0.043 = 0.539$$

- 次に、下式より平均路面輝度を計算します。

$$L_r = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{S \cdot W \cdot K} = \frac{11600 \cdot 0.539 \cdot 0.7 \cdot 1}{40 \cdot 7.0 \cdot 15} = 1.04$$

ここに L_r : 平均路面輝度(計算値) cd/m^2

F : 灯具光束 lm

U : 車道照明率

M : 保守率

N : 配列係数 (千鳥配列・片側配列 $N=1$ 、向合せ配列 $N=2$)

S : 器具間隔 m

W : 車道幅員 m

K : 平均照度換算係数 $\text{lx} \cdot \text{cd}^{-1} \cdot \text{m}^2$

(路面舗装がアスファルトの場合:15、コンクリートの場合:10)

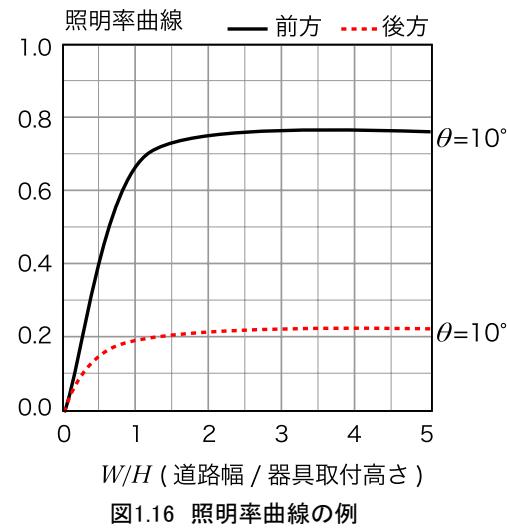


図1.16 照明率曲線の例

3. 輝度均齊度の計算

総合均齊度 U_o 及び車線軸均齊度 U_ℓ は、逐点法により求めた路面輝度から計算します。

3.1 総合均齊度の計算

逐点法により求めた路面輝度の結果を表1.9に示します。この値と式-4 を用いて総合均齊度 U_o を求めます。

表1.9 逐点法による輝度計算の結果(視線位置:走行車線)

単位 cd/m^2

m	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
6.65	0.78	0.79	0.79	0.82	1.09	1.39	1.42	1.39	1.31	1.04
5.95	0.9	0.87	0.83	0.83	1.04	1.29	1.39	1.41	1.39	1.15
5.25	1.05	0.94	0.84	0.78	0.93	1.15	1.27	1.38	1.43	1.24
4.55	1.1	0.98	0.86	0.74	0.83	1	1.15	1.28	1.43	1.29
3.85	1.1	1.01	0.85	0.69	0.72	0.88	1.02	1.17	1.37	1.29
3.15	1.07	1	0.82	0.64	0.65	0.76	0.92	1.05	1.27	1.26
2.45	0.99	0.94	0.76	0.6	0.58	0.69	0.81	0.93	1.13	1.16
1.75	0.86	0.83	0.69	0.54	0.52	0.62	0.72	0.82	0.98	1.01
1.05	0.68	0.69	0.61	0.49	0.47	0.56	0.63	0.71	0.84	0.83
0.35	0.51	0.55	0.52	0.44	0.42	0.51	0.56	0.62	0.7	0.65

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_r} = \frac{0.42}{0.91} = 0.461$$

3.2 車線軸均齊度の計算

表1.9の逐点法により求めた輝度値を基に、式-5 を用いて車線軸均齊度 U_ℓ を求めます。

表1.10 逐点法による輝度計算の結果(視線位置:走行車線)

単位 cd/m^2

m	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
5.25	1.05	0.94	0.84	0.78	0.93	1.15	1.27	1.38	1.43	1.24

$$U_\ell = \frac{L_{\min(\ell)}}{L_{\max(\ell)}} = \frac{0.78}{1.43} = 0.545$$

表1.11 逐点法による輝度計算の結果(視線位置:追越車線)

単位 cd/m^2

m	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
1.75	0.87	0.84	0.71	0.58	0.58	0.68	0.79	0.87	1.01	1.03

$$U_\ell = \frac{L_{\min(\ell)}}{L_{\max(\ell)}} = \frac{0.58}{1.03} = 0.563$$

4. 相対閾値増加 TI 値の計算

逐点法及び式-6 により等価光幕輝度を算出します。

なお、平均路面輝度の初期値は $1.48 \text{ cd/m}^2 (=1.04/0.7)$ とします。

表1.12 逐点法による等価光幕輝度の計算結果(視線位置:走行車線)

単位 cd/m^2

m	-23.4	-19.4	-15.4	-11.4	-7.4	-3.4	0.6	4.6	8.6	12.6
5.25	0.102	0.003	0.004	0.005	0.007	0.010	0.014	0.020	0.034	0.056

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_r^{0.8}} = 65 \cdot \frac{0.102}{1.48^{0.8}} = 4.8$$

表1.13 逐点法による等価光幕輝度の計算結果(視線位置:追越車線)

単位 cd/m^2

m	-23.4	-19.4	-15.4	-11.4	-7.4	-3.4	0.6	4.6	8.6	12.6
1.75	0.079	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.014	0.021	0.032	0.050

$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_r^{0.8}} = 65 \cdot \frac{0.079}{1.48^{0.8}} = 3.7$$