

## 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、次に示す視環境を確保するものでなければなりません。

- ・道路上の障害物または歩行者などの存否および存在位置
- ・道路幅員およ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)の存否および存在位置
- ・車道内の路面の状態(乾湿、凹凸など)
- ・車両の存否および種類、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、良い視環境を確保するためには、次に示す要件を考慮する必要があります。

- ・平均路面輝度が適切であること
- ・路面の輝度均斉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

道路照明における障害物は、一般的に明るい路面を背景として、黒いシルエットとして見えます。そのため路面の明るさ(路面輝度)が十分でない場合には、障害物を視認することができない場合があります。

#### 2.2 輝度分布と見え方

図1.1は、横軸に路面輝度を縦軸に障害物の輝度をとり、対象物の見え方特性を示したものです。斜線部分は、路面と障害物の輝度が同レベルであるため、見えにくいゾーンです。障害物の輝度が高くなるにしたがい障害物の細部まで視認できるよう(逆シルエット視)になり、逆に、低くなれば障害物が影として視認できるよう(シルエット視)になります。

図1.2は最小知覚可能輝度比( $L_r/L_o$ )<sub>min</sub>を得るのに要する平均輝度の増加率( $L_r/L_u$ )と輝度均斉度( $L_{min}/L_r$ )との関係の実験結果を示したものです。路面輝度が均一であれば平均輝度は低くても良いが、不均一な場合には平均輝度を高くする必要があることを示しています。

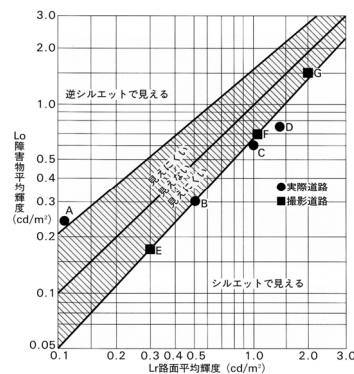


図1.1 対象物の見え方特性

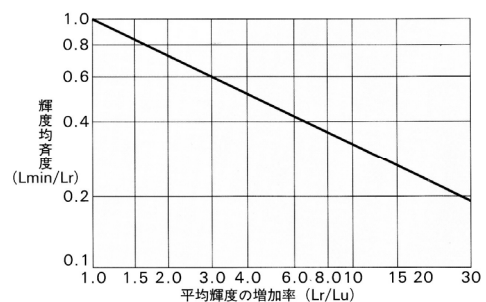


図1.2 最小知覚可能輝度比を得るために要する平均輝度の増加率と輝度均斉度の関係  
(参考文献 Narisada: CIE Barcelona(1971))

#### 2.3 グレア(まぶしさ)

グレア(まぶしさ)には、次に示す2通りがあります。

#### 2.3.1 不快グレア

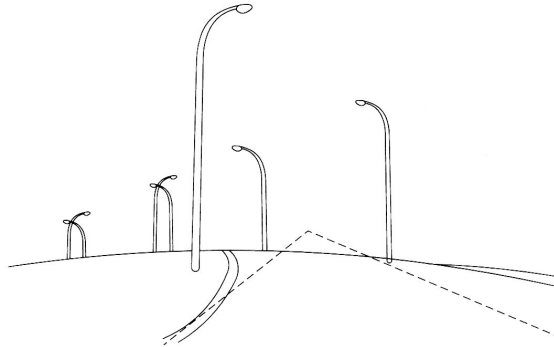
光源の輝きが眼の順応状態に対して大きい場合に、不快な感じを生じさせるまぶしさのことです。

#### 2.3.2 視機能低下グレア

背景の高輝度光源などによって、眼球内に生じる散乱光が視対象物の網膜上にかぶさって物の見え方を低下させるまぶしさのことです。視機能低下グレアは、知覚しうる最小輝度差の増加値で表されます。

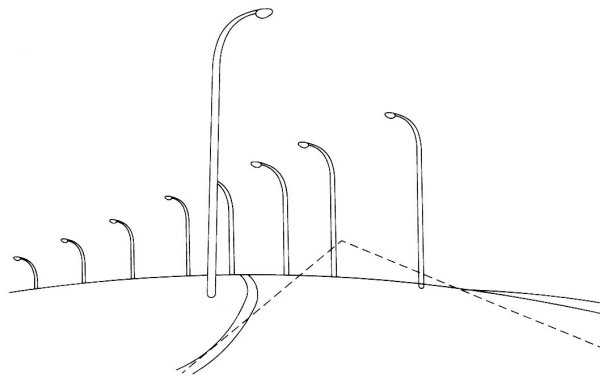
## 2.4 誘導性

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および分合流の状況を予知する必要があります。照明施設によるこのような効果を誘導性といい、図1.3は誘導性の悪い例を図1.4は良い例を示します。



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良い)

図1.4 誘導性が良い例

## 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。

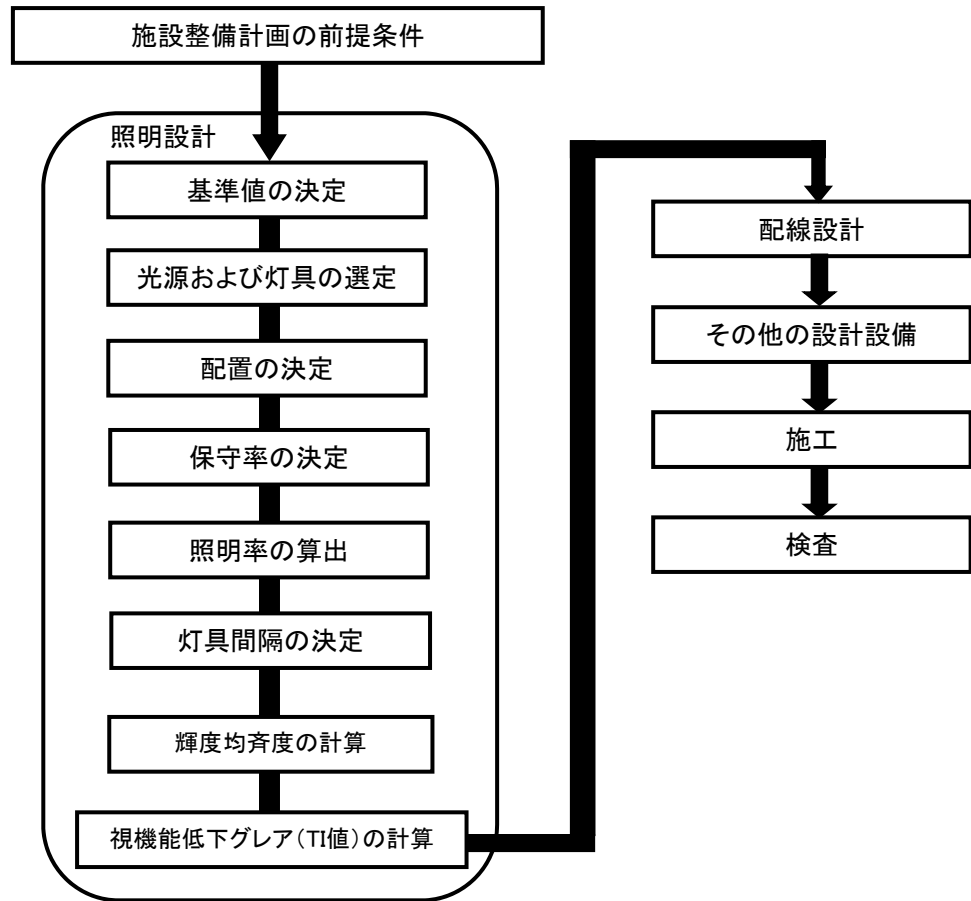


図1.5 道路照明(連続)の設計手順

### 2. 基準値の決定

道路照明の設計を行うにあたり、まず基準値を設定する必要があります。基準値は「道路照明施設設置基準・同解説」に記載されており、以下に示す4つの基準値が定められています。

- ・平均路面輝度
- ・総合均斉度
- ・車線軸均斉度
- ・視機能低下グレア(TI値)

## 2.1 路面輝度

路面輝度の基準値は、表1.1のように定められています。

表1.1 平均路面輝度

単位 (cd/m<sup>2</sup>)

道路分類		外部条件		
		A	B	C
高速自動車国道等		1.0	1.0	0.7
		—	0.7	0.5
一般国道等	主要幹線道路	1.0	0.7	0.5
		0.7	0.5	—
	幹線・補助幹線道路	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をいう。

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をいう。

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をいう。

(参考文献 (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、道路分類およ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、状況に応じて(設計速度が低く、交通量も少ない時など)表1.1の下段の値をとることができます。

また、特に重要な道路、またはその他特別の状況にある道路においては、表1.1の値にかかわらず、平均路面輝度を2cd/m<sup>2</sup>まで増大することができます。

## 2.2 総合均斉度

総合均斉度は、0.4以上を原則とします。

## 2.3 車線軸均斉度

車線軸均斉度は表1.2の値とすることが望ましいです(推奨値)。

表1.2 車線軸均斉度

道路分類		車線軸均斉度
高速自動車国道等		0.7以上
一般国道等	主要幹線道路	0.5以上
	幹線・補助幹線道路	—

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

## 2.4 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加TIを原則として表1.3の値とします。

表1.3 相対閾値増加TI

単位 (%)

道路分類		相対閾値増加
高速自動車国道等		10以下
一般国道等	主要幹線道路	15以下
	幹線・補助幹線道路	

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

### 3. 光源および灯具の選定

#### 3.1 光源の選定

光源はLEDを標準として、以下の要件を考慮して選定します。

- ・効率が高く寿命が長いこと
- ・周囲温度の変動に対して安定していること
- ・光色と演色性が適切であること

#### 3.2 灯具の選定

道路照明に使用される灯具は、次に示す2つのタイプに分類することができます。

##### 3.2.1 カットオフ

水平に近い光を極力カットした配光になっており、運転者にまぶしさを与えない器具です。このような配光の器具は、道路交通に影響を及ぼすような光の無い道路(周囲が暗い道路)で使用するのに適しています。

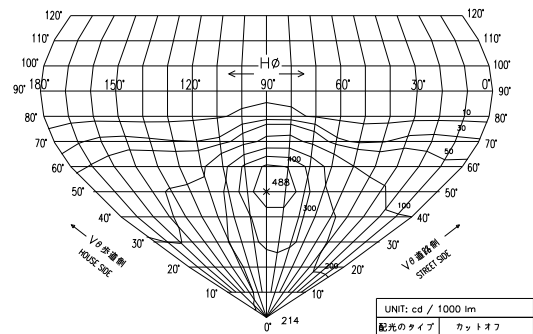
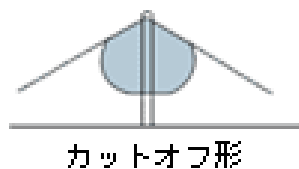


図1.6 カットオフ形の配光図

##### 3.2.2 セミカットオフ

水平に近い光を抑え、運転者のまぶしさを少なくしつつ、縦断方向への光の伸びも考慮している配光です。カットオフ器具より照明間隔を広くしても均斉度の低下をカバーできる配光です。しかし、光が周囲に広がるため、光害の原因となる可能性が有ります。

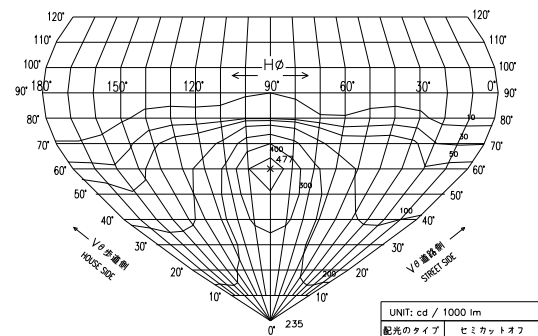


図1.7 セミカットオフ形の配光図

### 3.3 光源および灯具の例 道路照明に用いられる光源と灯具の例を以下に示します。

#### ・LED道路照明

---



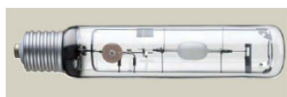
LEDモジュール



カットオフ照明器具

#### ・HID道路照明

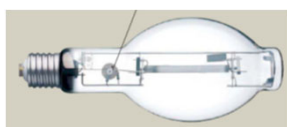
---



セラミックメタルハライドランプ



セミカットオフ照明器具



高圧ナトリウムランプ



セミカットオフ照明器具  
(後方カット型)

## 4. 配置の決定

### 4.1 照明方式

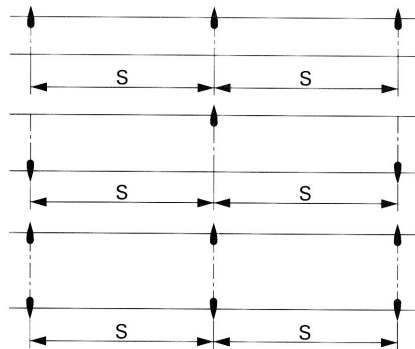
道路照明方式には、ポール照明方式、高欄照明方式、構造物取付照明方式、ハイマスト照明方式があり、目的や場所に応じて使い分ける必要があります(表1.4参照)。ポール照明方式を採用することがほとんどですが、最近は高欄照明方式を採用する場合も増えてきています。

表1.4 照明方式の比較

項目	ポール照明	高欄照明	構造物取付照明	ハイマスト照明
概要	地上8～12mのポールの先端に照明器具を取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所で高欄に低ワットの灯具を取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	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ポールの連立により誘導性がある</li> <li>●比較的経済的である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●誘導性が良い</li> <li>●昼間の景観が良い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ポールなどの支持物が不要であり、建設費が安価となる場合がある</li> <li>●昼間の景観が良い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ポールの本数が少なく、スッキリとした景観になる</li> <li>●シンボルとして利用できる</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>●保守作業の場合、道路を規制する必要がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●幅の広い道路では均斉度が悪い</li> <li>●取付け高さが低くグレアの生じる可能性が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●取付位置や照明器具の選定に制限がある</li> <li>●取付け高さが低くグレアの生じる可能性が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●誘導性に欠ける</li> <li>●施設外に光がもれる</li> </ul>
用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>●インターチェンジ</li> <li>●パーキングエリアのランプウェイ</li> <li>●道路本線</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●空港周辺で灯具の高さに制限がある場所</li> <li>●ポールが設置できない場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●遮音壁のある道路</li> <li>●トラス橋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●インターチェンジ</li> <li>●パーキングエリア</li> <li>●料金所広場</li> </ul>

## 4.2 灯具の配列

道路照明の灯具の配列には、片側配列、千鳥配列および向き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  
曲線道路または市街地道路ならびに中央分離帯のある道路に用います。
- 千鳥配列  
直線道路では良好ですが曲線道路では誘導性が悪く、路面輝度の均一性が低下します。
- 向き合せ配列  
直線道路ならびに広い曲線道路に適し、誘導性は良好です。

図1.8 道路照明の配列

## 4.3 灯具の取付高さ

取付高さは、現在多く使用されている8m、10mおよび12m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準ずるものとします。

## 4.4 オーバーハング

路面が濡れているときでも照明効果があまり悪くならないようにするには、路面上に点在する水の膜による輝度分布を考慮してオーバーハングを検討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0とすることが望ましいとされてきましたが、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では、その配光特性により湿った路面においても、灯具の横方向に配光のピークがある灯具よりも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1.9、図1.10に示す配光の種別により選定するとよいでしょう。

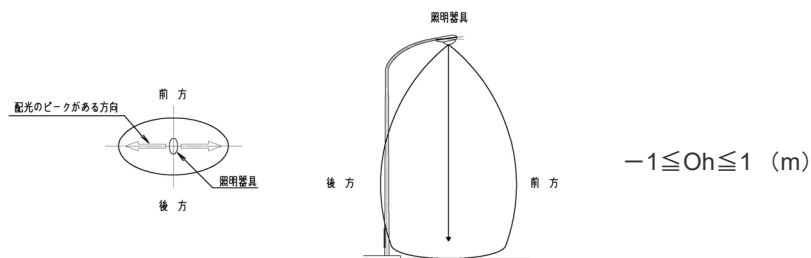


図1.9 横方向に配光のピークがある灯具

(参考文献 (社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

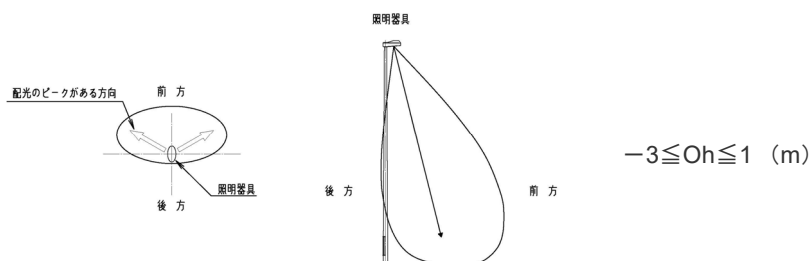


図1.10 横方向よりもやや前方に配光のピークがある灯具

(参考文献 (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

光源の光束の低下、灯具の汚れなどによって路面輝度・照度が設置当初の値より減少します。この減少の程度を設計時点で見込む係数が保守率です。

この減少の程度は、道路構造、交通状況はもとより光源の交換時間と交換方式、灯具の清掃頻度などによって異なります。

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1.5 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 (社)日本道路協会:道路照明施設設置基準・同解説(2007))

## 6. 車道照明率の算出方法

図1.11に示す条件での車道照明率は、式-1、式-2より求めることができます。

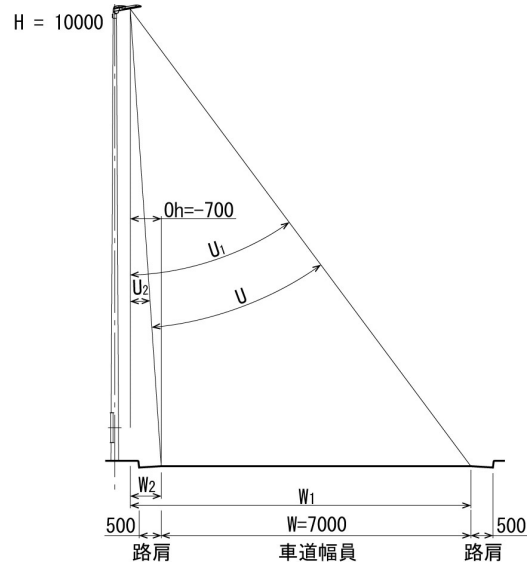


図1.11 車道の断面図

・式-1より、灯具側の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、灯具側の路肩照明率( $U_2$ )を求めます。

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

・車道照明率 $U$ は次の通り求めます。

$$U = U_1 - U_2$$

## 7. 灯具間隔の計算

照明灯具(路面輝度)の間隔を得るための計算は、(式-3)で行います。

$$S = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{Lr_1 \cdot W \cdot K} \quad \dots\dots(\text{式-3})$$

- ここに
- $Lr_1$ : 平均路面輝度(基準値)( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
  - $F$ : 灯具光束( $\text{lm}$ )
  - $U$ : 車道照明率
  - $M$ : 保守率
  - $N$ : 配列係数 (千鳥配列、片側配列  $N=1$  向き合せ配列  $N=2$ )
  - $S$ : 器具間隔( $\text{m}$ )
  - $W$ : 車道幅員( $\text{m}$ )
  - $K$ : 平均照度換算係数( $\text{lx}/\text{cd}/\text{m}^2$ )  
(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. 輝度均斉度の計算

### 8.1 総合均斉度

総合均斉度 $U_o$ は式-4にて求めます。

$$U_o = \frac{L_{\min}}{L_{r_2}} \quad (\text{式-4})$$

ここに  $L_{\min}$ : 最小部分輝度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

$L_{r_2}$  : 平均路面輝度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) (逐点法による)

総合均斉度算出に必要な路面輝度の計算は、CIE Pub.30.2-1982に基づき図1.12の計算点(全100箇所)に対して行います。灯具の配列が千鳥配列の場合は2スパンで計算を行うため計算点は200点となります。視点位置は車線中央の高さ1.5mとし計算範囲手前から60m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 $0.7\text{m}$ )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5mを超える場合は計算点を増やして5m以内にします。また交通方式が一方交通の場合は、視点位置が走行車線からの計算のみとなります。

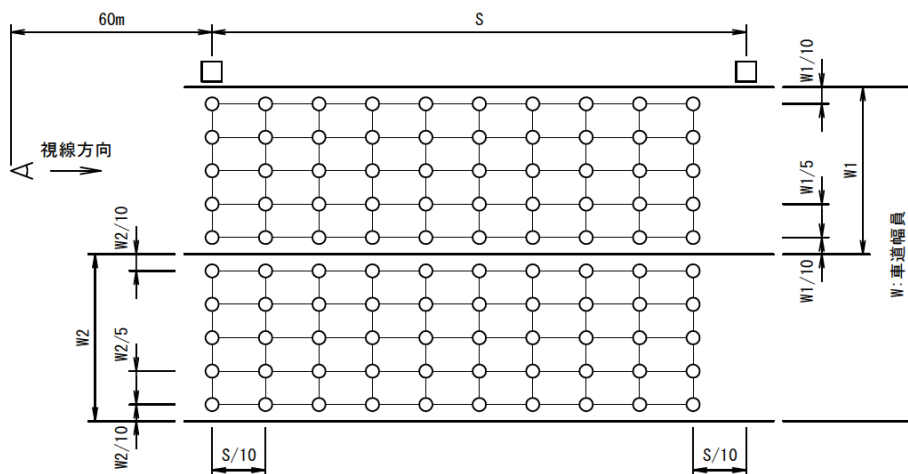


図1.12 総合均斉度の計算点

## 8.2 車線軸均斉度

車線軸均斉度UIは式-5にて求めます。

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

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

車線軸均斉度算出に必要な路面輝度の計算は、CIE Pub.30.2-1982に基づき図1.13の計算点(全10箇所)に対して行います。灯具の配列が千鳥配列の場合は2スパンで計算を行うため計算点は20点となります。視点位置は車線中央の高さ1.5mとし計算範囲手前から60mとします。道路横断方向に対しては車線中央1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。ただし、計算点の間隔が5mを超える場合は計算点を増やして5m以内にします。また交通方式にかかわらず全ての車線において計算を行います。

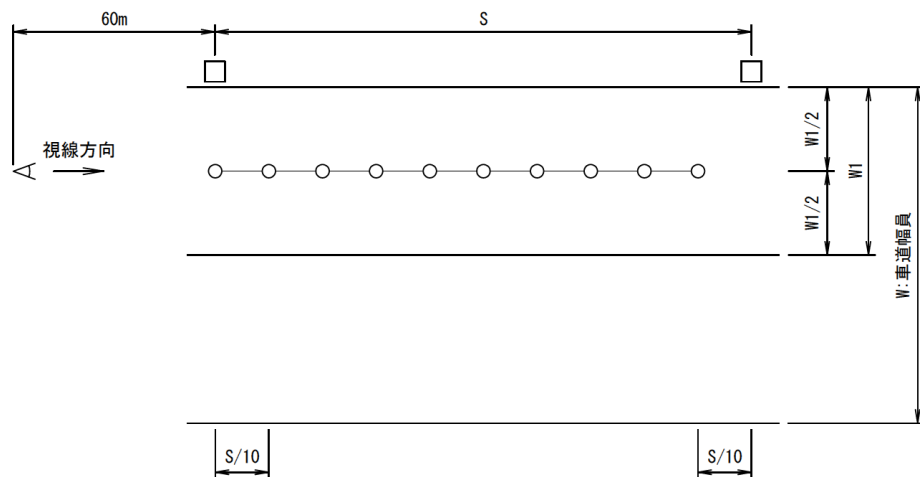


図1.13 車線軸均斉度の計算点(視線位置: 走行車線)

9. 相対閾値増加TIの計算

相対閾値増加TIは式-6、式-7にて求めます。

$$L_r \leq 5 \text{ (cd/m}^2\text{) の場合} \quad TI = 65 \cdot \frac{L_v}{L_{r_3}^{0.8}} \quad (\%) \quad \text{(式-6)}$$

$$L_r > 5 \text{ (cd/m}^2\text{) の場合} \quad TI = 95 \cdot \frac{L_v}{L_{r_3}^{1.05}} \quad (\%) \quad \text{(式-7)}$$

ここに  $L_{r_3}$ : 平均路面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

ただし、 $L_{r_4}$ : 平均路面輝度 (計算値) の初期値とする。

$L_v$ : 運転者の視野内の照明器具による等価光幕輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

等価光幕輝度は、眼球内散乱の程度を表し、図1.14のようにグレア源による視線と垂直な面における照度と、視線とグレア源とのなす角度によって決まります。等価光幕輝度 $L_v$ は、照度が高く角度が小さいほど高くなります。

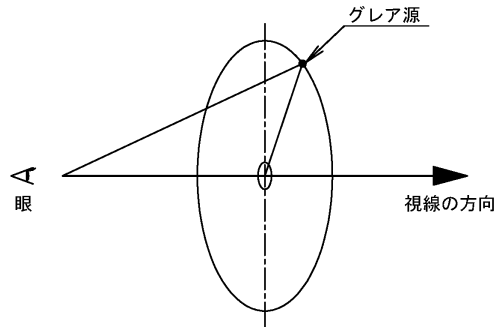


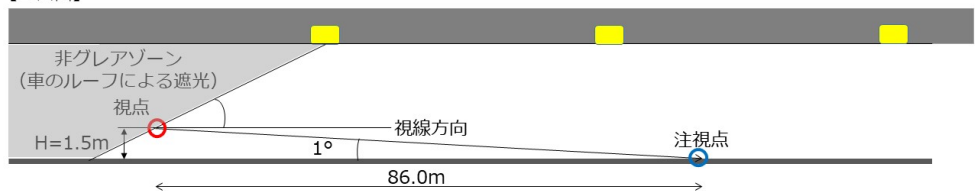
図1.14 等価光幕輝度の概念図

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

等価光幕輝度の計算範囲は、千鳥配列の場合2S(2スパン)とし、それ以外の配列の場合は灯具間隔S(1スパン)とします。計算点は図1.15のように視点の位置を基点として、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5mを超える場合は計算点を増やして5m以内にします。

全ての計算点のうち、等価光幕輝度が最大となる位置のTI値を式-6、式-7にて求めます。

【立面図】



【平面図】

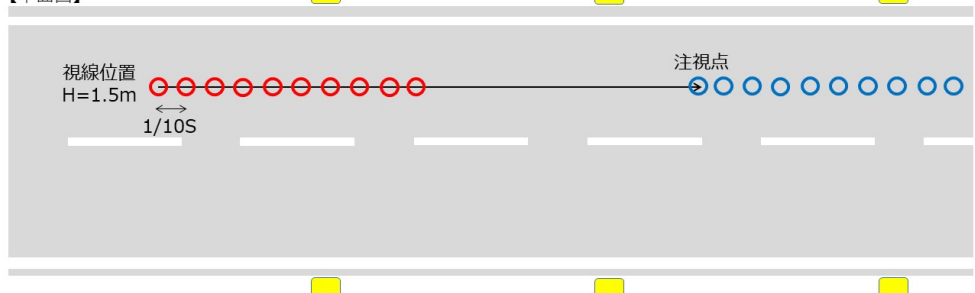


図1.15 相対閾値増加TI値の計算点

### 3.1.3

#### 計算例(連続照明)

#### 1. 設計条件

表1.6、表1.7に示す設計条件で計算します。計算に使用する車道の断面図を図1.16に示します。

表1.6 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
定格光束	11600(lm)

表1.7 性能指標値

平均路面輝度	1.0(cd/m <sup>2</sup> )
総合均斉度	0.4以上
車線軸均斉度	0.5以上
視機能低下グレア	15(%)以下

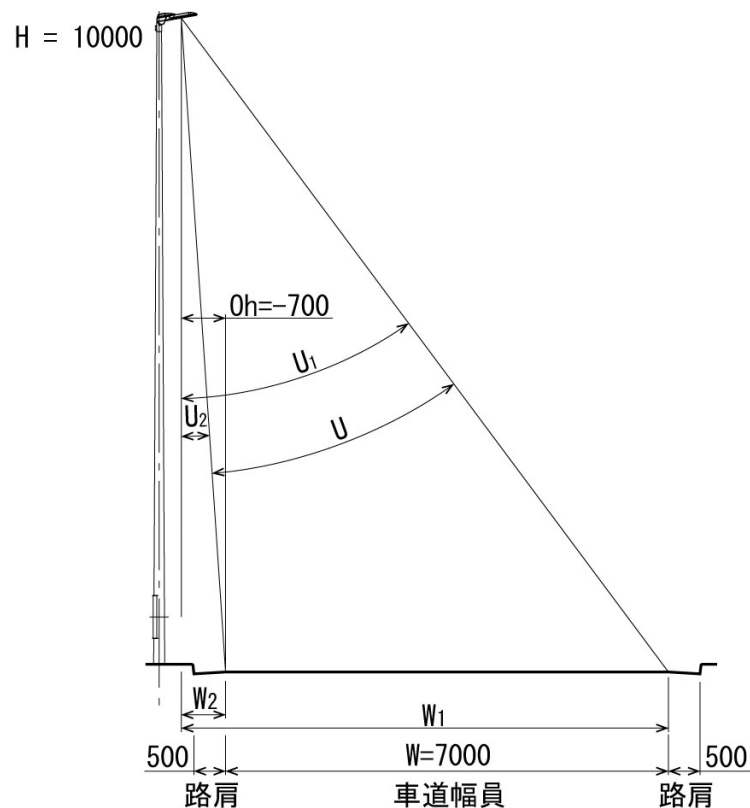


図1.16 車道の断面図

## 2. 車道照明率の算出

設計に使用する照明灯具の直射照明率曲線は、図1.17とします。図1.16、図1.17より車道照明率を求めます。

- ・下式より、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1.17)より  $U_1 = 0.582$

- ・下式より、路肩照明率( $U_2$ )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1.17)より  $U_2 = 0.043$

- ・車道照明率 $U$ は次の通り求めます。

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

## 3. 路面輝度の算出

下式より平均路面輝度を計算します。

$$Lr_4 = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{S \cdot W \cdot K} \qquad Lr_4 = \frac{11600 \cdot 0.539 \cdot 0.7 \cdot 1}{40 \cdot 7.0 \cdot 15} = 1.04$$

ここに

$Lr_4$ : 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 向き合せ配列 N=2)

S: 器具間隔(m)

W: 車道幅員(m)

K: 平均照度換算係数( $lx/cd/m^2$ )

(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)

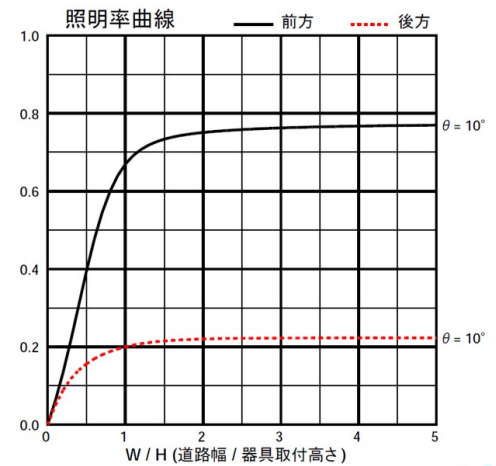


図1.17 照明率曲線の例

#### 4. 輝度均斉度の計算

逐点法および式-4、式-5によって総合均斉度および車線軸均斉度を計算します。

##### 4.1 総合均斉度の計算

表1.8 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<sup>2</sup>)

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

$$U_o = \frac{L \min}{L r_2} = \frac{0.42}{0.91} = 0.461$$

##### 4.2 車線軸均斉度の計算

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<sup>2</sup>)

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

$$U_l = \frac{L \min(l)}{L \max(l)} = \frac{0.78}{1.43} = 0.545$$

表1.10 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<sup>2</sup>)

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

$$U_l = \frac{L \min(l)}{L \max(l)} = \frac{0.58}{1.03} = 0.563$$



5. 相対閾値増加TI値の計算  
 逐点法および式-6により等価光幕輝度を算出します。

表1.11 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<sup>2</sup>)

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

$$TI = 65 \cdot \frac{Lv}{Lr_3^{0.8}} = 65 \cdot \frac{0.102}{1.48^{0.8}} = 4.8$$

表1.12 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<sup>2</sup>)

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

$$TI = 65 \cdot \frac{Lv}{Lr_3^{0.8}} = 65 \cdot \frac{0.079}{1.48^{0.8}} = 3.7$$