

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)_{min}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。

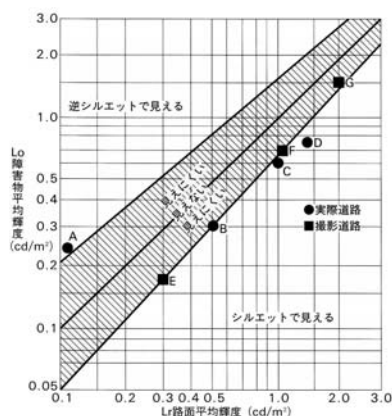


図1.1 対象物の見え方特性

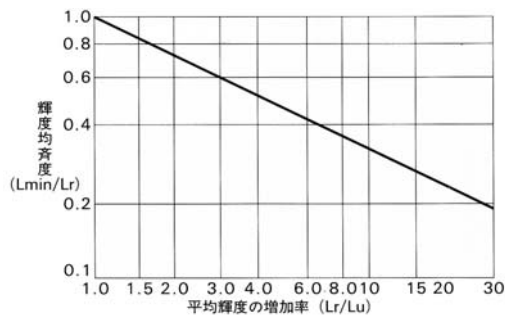


図1.2 最小知覚可能輝度比を得るために要する平均輝度の増加率と輝度均斉度の関係 (参考文献 CIE Barcelona 1971)

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

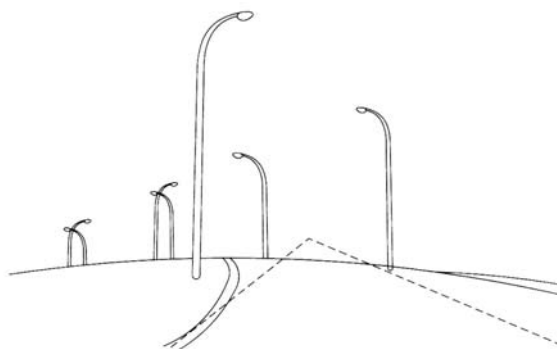
光源の輝きが眼の順応状態に対して大きい場合に、不快な感じを生じさせるまぶしさのことです。

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。

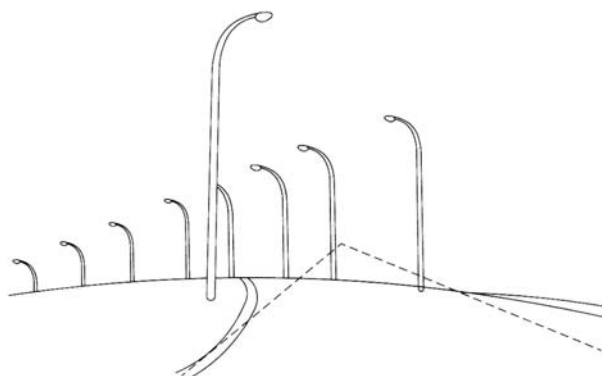
2.4 誘導性

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



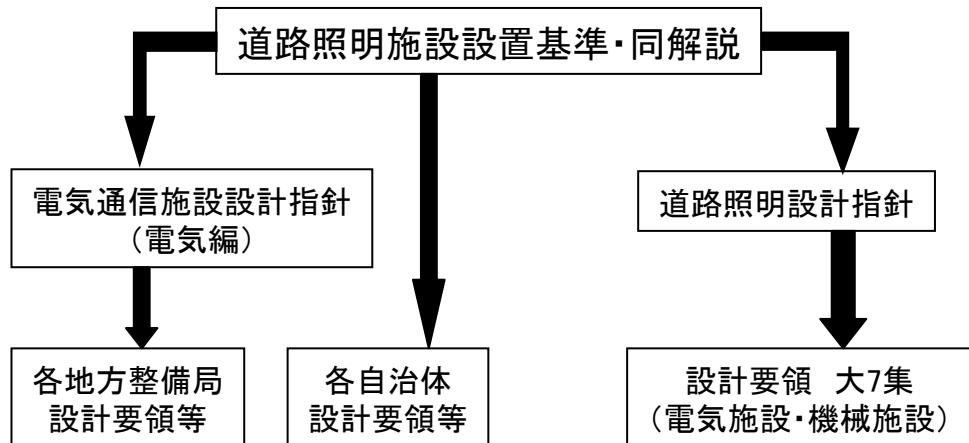
曲線部における片側配列の透視図
(路面の輝度分布が良好で誘導性も良い)

図1.4 誘導性が良い例

3.1.2 道路照明設計

1. 道路照明関連の基準

ここでは道路照明関連の基準について説明します。道路照明を設計するためには主に「道路照明施設設置基準・同解説」を用います。この他に、「道路・トンネル照明器材仕様書」、「電気設備技術基準」、「内線規程」といった規格類を使用します。



2. 道路照明設計の手順

2.1 連続照明

連続照明の設計は、図1.5に示す手順で行います。

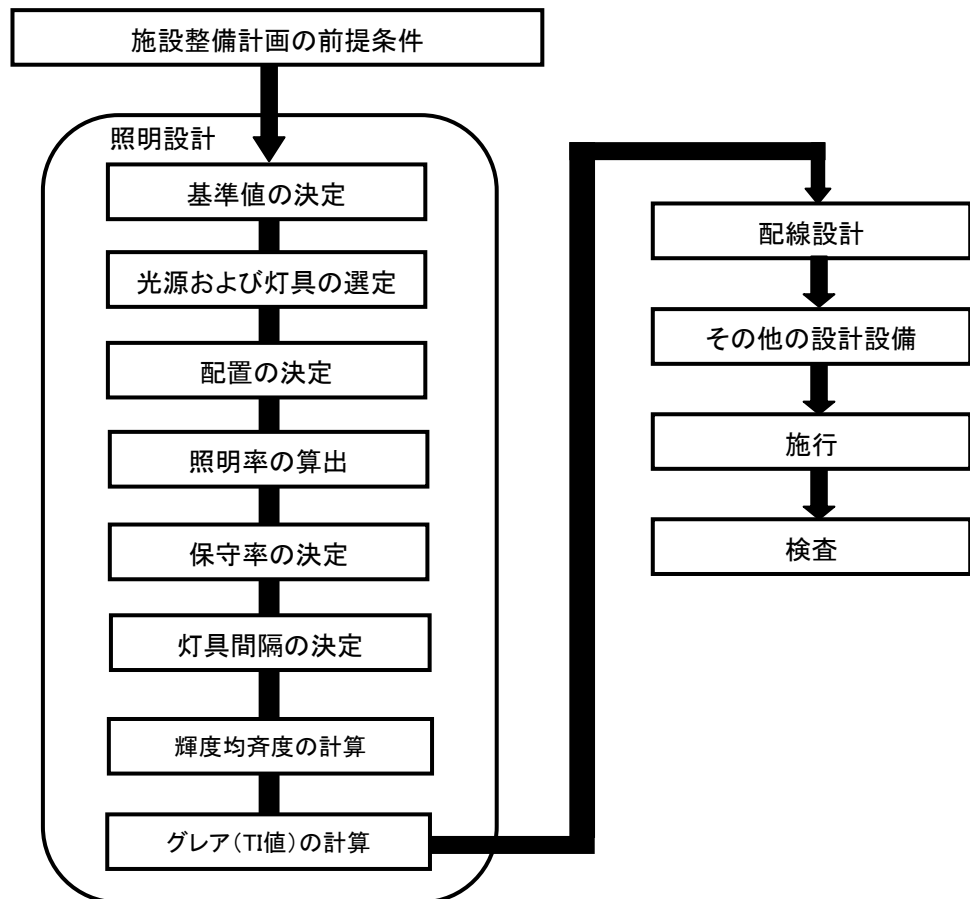


図1.5 道路照明(連続)の設計手順

3. 道路照明の基準値設定

道路照明の設計を行うにあたり、まず、所要輝度や輝度均斉度などの基準値を設定する必要があります。

- ・路面輝度
- ・総合均斉度
- ・車線軸均斉度
- ・視機能低下グレア

3.1 路面輝度

路面輝度の基準値は、表1.1のように道路照明施設設置基準・同解説にて定められています。

表1.1 平均路面輝度

単位 (cd/m²)

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 道路照明施設設置基準・同解説(H19,10月)(社)日本道路協会)

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2(cd/m²)まで増大することができます。

3.2 総合均斉度

総合均斉度は、0.4以上を原則とします。

3.3 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 道路照明施設設置基準・同解説(H19,10月)(社)日本道路協会)

3.4 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加を原則として表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 道路照明施設設置基準・同解説(H19,10月)(社)日本道路協会)

4. 照明方式

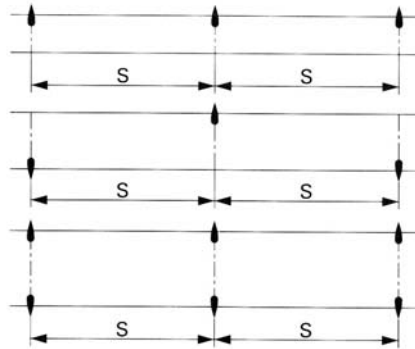
道路照明方式には、ポール照明方式、ハイマスト照明方式、高欄照明方式、およびカテナリー照明方式などがあります。目的や場所に応じた使い分けを、各照明方式別に比較し表1.4に示します。

表1.4 照明方式の比較

項目	ポール照明	ハイマスト照明	高欄照明	カテナリー照明
照明方式	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	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	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	一般には、道路に沿って、中央分離帯に長い間隔(50~100m)でポールを立て、ワイヤーを張り照明器具を懸垂して道路を照明する方式
誘導性	○	△	◎	◎
均斉度	○	○	○	◎
グレア	○	◎	△	○
経済性	◎	◎	△	○
保守性	◎	◎	△	△
長所	<ul style="list-style-type: none"> ●ポールの連立により誘導性がある ●比較的経済的である 	<ul style="list-style-type: none"> ●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 	<ul style="list-style-type: none"> ●誘導性が良い ●昼間の景観が良い 	<ul style="list-style-type: none"> ●均斉度が向上する。 ●誘導性が良い ●ポールの数が少なくできる
短所	<ul style="list-style-type: none"> ●各ポール毎に配線が必要 ●保守作業の場合、道路を規制する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ●誘導性に欠ける ●施設外に光がもれる 	<ul style="list-style-type: none"> ●幅の広い道路では均斉度が悪い ●取付け高さが低くグレアの生ずる可能性が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ●ワイヤーで器具を吊っているため風等により灯具が揺れる ●保守が困難
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	インターチェンジ パーキングエリア 料金所広場	空港周辺で灯具の高さに制限がある場所 ポールが設置できない場所	一般道路 広い道路

5. 道路照明の配列方式

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1.6 道路照明の配列

6. 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、性能指標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。

7. 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いましたが、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1.7、図1.8に示す配光の種別により選定するとよいでしょう。

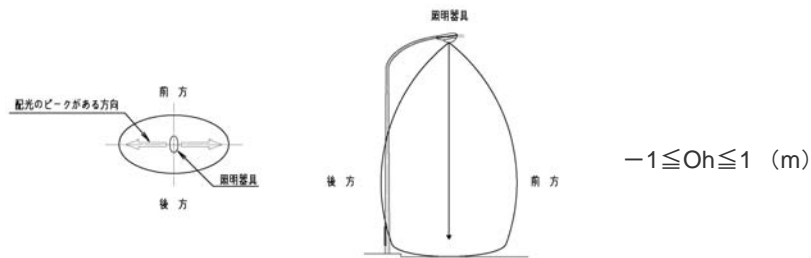


図1.7 横方向に配光のピークがある灯具

(参考文献 道路照明施設設置基準・同解説(H19,10月)(社)日本道路協会)

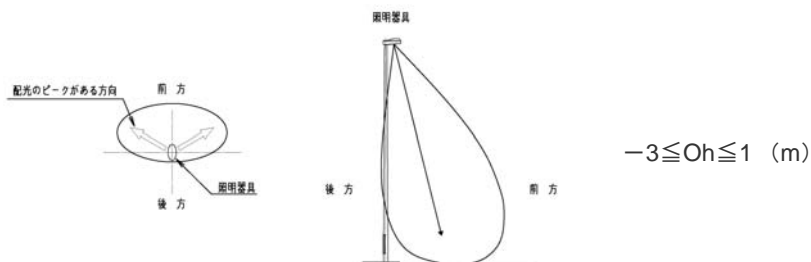


図1.8 横方向よりもやや前方に配光のピークがある灯具

(参考文献 道路照明施設設置基準・同解説(H19,10月)(社)日本道路協会)

8. 道路照明の光源

道路照明用ランプとして、必要な要件を以下に示します。

- ・効率が低い
- ・寿命が長い
- ・寿命末期までの光束低下が少ない
- ・周囲温度の影響を受けにくい
- ・光色と演色性が適切

9. 道路照明の器具

道路照明に使用される器具は、次に示す3つのタイプに分類することができます。

9.1 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。しかし、光が横方向に伸びないため、灯具間隔を広く取ると均斉度が悪くなります。

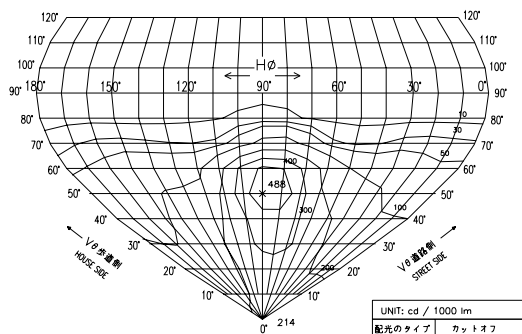
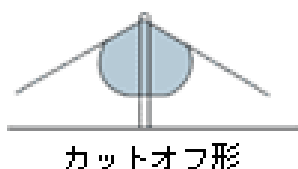


図1.9 カットオフ形の配光図

9.2 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、横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。

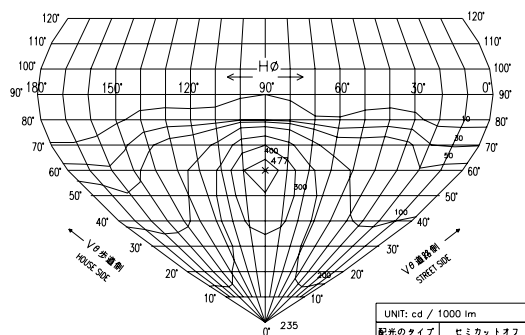


図1.10 セミカットオフ形の配光図

9.3 ノンカットオフ

水平方向の光を制御していない器具で、周囲が明るい場所等に使用される器具です。現在、自動車交通を中心とした道路照明としては、ほとんど使用されません。



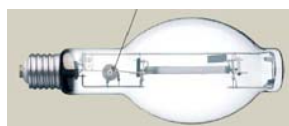
10. 道路照明器具と光源の例
トンネル照明器具と光源の例を以下に示します。



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)



水銀ランプ



カットオフ照明器具

3.1.3 計算式

1. 路面輝度、器具間隔の計算

路面輝度や照明器具の間隔を得るための計算は、相互反射分を加味する光束法(式-1)で行います。

$$S = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{Lr \cdot W \cdot K} \dots\dots(式-1)$$

- ここに
- Lr: 平均路面輝度 (cd/m²)
 - F : ランプ光束 (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/m²)
(路面舗装がアスファルトの場合:15 コンクリートの場合:11)

2. 車道照明率の算出方法

図1.11に示す車道照明率(相互反射加味)は、式-2、式-3にて求めます。

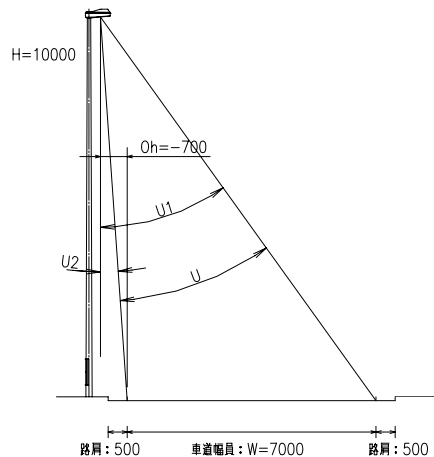


図1.11 車道の断面図

・式-2より、照明率(U1)を求める。

$$\frac{W_1}{H} = \frac{(W + |Oh|)}{H} \quad (式-2)$$

・式-3より、照明率(U2)を求める。

$$\frac{W_2}{H} = \frac{|Oh|}{H} \quad (式-3)$$

・車道照明率Uは次の通り求める。

$$\begin{aligned} Oh \geq 0 \text{ の場合 } & U = U1 + U2 \\ Oh < 0 \text{ の場合 } & U = U1 - U2 \end{aligned}$$

図1.11における車道の場合は、 $Oh < 0$ より
 $U = U1 - U2$ となる。

3. 輝度均斉度の計算

・総合均斉度

総合均斉度 U_o は式-4にて求めます。

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

ここに L_{\min} : 最小部分輝度 (cd/m²)
 L_r : 平均路面輝度 (cd/m²)

・車線軸均斉度

車線軸均斉度 U_l は式-5にて求めます。

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

ここに $L_{\min}(l)$: 車線中心線上の最小部分輝度 (cd/m²)
 $L_{\max}(l)$: 車線中心線上の最大部分輝度 (cd/m²)

4. 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。

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

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

ここに L_r : 平均路面輝度 (cd/m²)
 L_v : 運転者の視野内の照明器具による等価光幕輝度 (cd/m²)

3.1.4

計算例(連続照明)

1. 設計条件

表1.5、表1.6に示す設計条件にて最大器具間隔を算出します。計算に使用する車道の断面図を図1.12に示します。

表1.5 設計条件

車道幅員	7.0(m)
保守率	0.70
配列方式	片側配列
平均照度換算係数	15(lx/cd/m ²)
器具取付高さ	10.0(m)
器具振向け角度	0°
光源光束	11000(lm)
路面舗装	アスファルト

表1.6 性能指標値

平均路面輝度	0.7(cd/m ²)
総合均斉度	0.4以上
車線軸均斉度	0.7以上
視機能低下グレア	15(%)以下

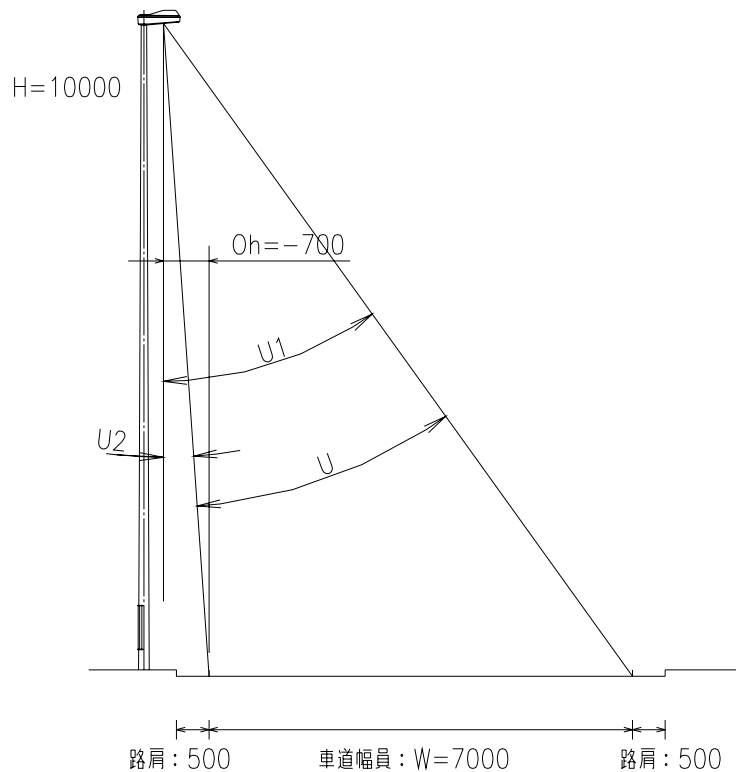


図1.12 車道の断面図

2. 使用器具の直射照明率曲線

設計に使用する器具と光源の直射照明率曲線は、図1.13とします。

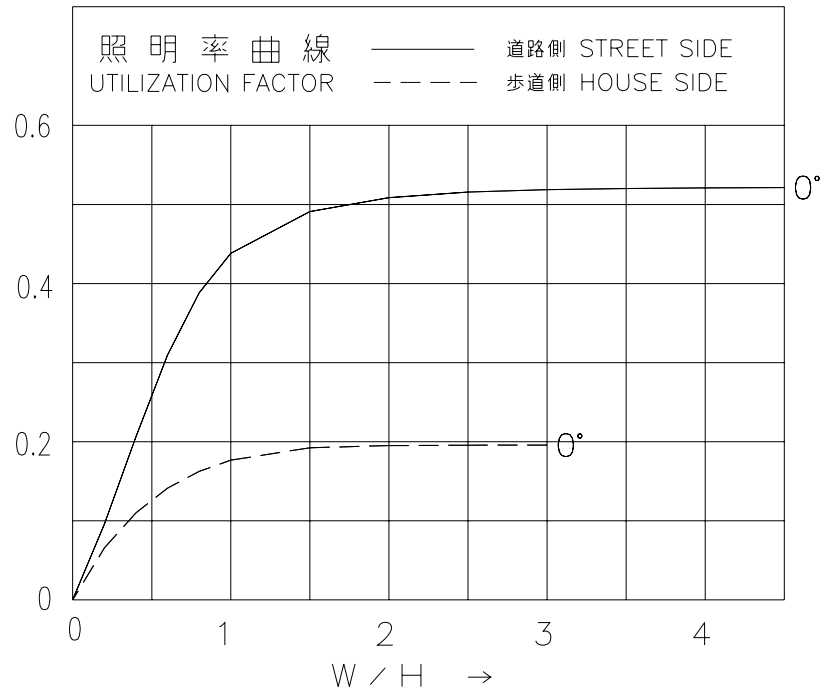


図1.13 照明率曲線の例

3. 車道照明率の算出

図1.12、図1.13より車道照明率を求めます。

・式-2より、照明率(U1)を求める。

$$\frac{W_1}{H} = \frac{(W + |Oh|)}{H} \quad (\text{式-2})$$

$$\frac{(7 + 0.7)}{10} = 0.77 \quad \rightarrow \text{照明率曲線図(図1.13)より} \quad U1 = 0.376$$

・式-3より、照明率(U2)を求める。

$$\frac{W_2}{H} = \frac{|Oh|}{H} \quad (\text{式-3})$$

図1.10における計算例

$$\frac{0.7}{10} = 0.07 \quad \rightarrow \text{照明率曲線図(図1.11)より} \quad U2 = 0.033$$

・照明率Uは次の通り求める。

$$Oh \geq 0 \text{ の場合 } U = U1 + U2$$

$$Oh < 0 \text{ の場合 } U = U1 - U2$$

図1.12における計算例の場合は、 $Oh < 0$ より
 $U = U1 - U2 = 0.376 - 0.033 = 0.343$ となる。

4. 器具間隔の算出

式-1より平均路面輝度を満たす器具間隔を算出します。式-1に各値を代入すると以下のようになります。

$$S \leq \frac{11000 \cdot 0.343 \cdot 0.7 \cdot 1}{7 \cdot 0.7 \cdot 15} = 35.93m$$

以上より器具間隔は、35.9(m)とします。

5. 輝度均斉度の計算

器具間隔が35.9(m)の場合の総合均斉度および車線軸均斉度を計算します。輝度均斉度は逐点法によって輝度計算を行い、Lmin/Laveによって総合均斉度を、Lmin/Lmaxによって車線軸均斉度を算出します。表1.7、表1.8に逐点法による輝度計算の結果を示します。

表1.7 逐点法による輝度計算の結果(走行車線) 単位(cd/m²)

	0	3.59	7.18	10.77	14.36	17.95	21.54	25.13	28.72	32.31
6.65	0.84	0.78	0.8	0.88	0.91	1.03	1.02	0.96	0.79	0.8
5.95	0.86	0.79	0.79	0.87	0.9	1.04	1.05	1	0.81	0.82
5.25	0.83	0.75	0.73	0.81	0.86	0.98	1.03	0.98	0.82	0.81
4.55	0.77	0.7	0.67	0.76	0.78	0.89	0.94	0.94	0.78	0.77
3.85	0.7	0.65	0.61	0.69	0.7	0.77	0.85	0.89	0.74	0.73
3.15	0.63	0.6	0.55	0.62	0.61	0.67	0.76	0.78	0.68	0.69
2.45	0.57	0.57	0.5	0.54	0.54	0.59	0.68	0.69	0.61	0.64
1.75	0.5	0.53	0.44	0.47	0.47	0.52	0.58	0.6	0.54	0.6
1.05	0.42	0.46	0.38	0.41	0.41	0.46	0.5	0.52	0.47	0.53
0.35	0.35	0.4	0.33	0.35	0.36	0.39	0.43	0.44	0.4	0.45

$$U_o = \frac{L \min}{L_r} = 0.33/0.68=0.485$$

$$U_l = \frac{L \min(l)}{L \max(l)} = 0.73/1.03=0.708$$

表1.8 逐点法による輝度計算の結果(追越車線) 単位(cd/m²)

	0	3.59	7.18	10.77	14.36	17.95	21.54	25.13	28.72	32.31
6.65	0.78	0.74	0.78	0.87	0.92	1.04	1.03	0.97	0.78	0.79
5.95	0.88	0.83	0.85	0.94	0.99	1.11	1.12	1.04	0.84	0.86
5.25	0.92	0.85	0.87	0.95	0.98	1.12	1.13	1.06	0.87	0.86
4.55	0.86	0.81	0.8	0.89	0.92	1.04	1.05	1.02	0.84	0.83
3.85	0.77	0.74	0.72	0.83	0.83	0.88	0.95	0.97	0.78	0.77
3.15	0.69	0.68	0.65	0.72	0.7	0.76	0.84	0.85	0.71	0.72
2.45	0.62	0.62	0.56	0.61	0.61	0.65	0.74	0.73	0.64	0.67
1.75	0.53	0.56	0.49	0.52	0.51	0.57	0.63	0.64	0.57	0.62
1.05	0.44	0.48	0.41	0.44	0.45	0.49	0.53	0.54	0.49	0.54
0.35	0.36	0.42	0.34	0.37	0.38	0.41	0.45	0.46	0.41	0.47

$$U_l = \frac{L \min(l)}{L \max(l)} = 0.49/0.64=0.765$$

以上より、S=35.9(m)だと輝度均斉度の基準値を満たすことができます。

6. TI値の計算

器具間隔がS=35.9(m)の時のTI値を計算します。TI値は、逐点法により等価光幕輝度を算出し、式-6に代入し求めることができます。

式-6に各計算結果を代入すると以下のようになります。

・走行車線側

$$TI = 65 \cdot \frac{0.114}{1.0^{0.8}} = 7.4$$

・追越車線側

$$TI = 65 \cdot \frac{0.074}{1.0^{0.8}} = 4.8$$

以上より、S=35.9(m)だとTI値の基準値を満たすことができます。

本設計条件においては器具間隔が35.9(m)の場合、器具間隔が最大になります。