

1.1 照明用語と単位

1-1

1.1.1 光と放射

関連資料
JISZ8113:照明用語
(1998)

ISO/CIE 11664-1: CIE
standard colorimetric
observers(2019)

◆可視放射(visible radiation)

人の目に入って、直接に視感覚を起こすことのできる放射のことをいいます。

一般に、波長域380 ~ 780(nm)

◆赤外放射(infrared radiation)

波長域が可視光よりも長く1(mm)程度までの放射のことをいいます。

IR-A 780 ~ 1,400(nm)

IR-B 1.4 ~ 3(μ m)

IR-C 3(μ m) ~ 1(mm)

◆紫外放射(ultraviolet radiation)

波長域が可視光よりも短く、100(nm)程度までの放射のことをいいます。

UV-A 315 ~ 400(nm)

UV-B 280 ~ 315(nm)

UV-C 100 ~ 280(nm)

◆分光分布(spectral distribution)

波長 λ を中心とする微小波長幅内に含まれる放射量の波長に対する分布のことをいいます。一般的には、5(nm)間隔の相対値で表されます。

◆CIE標準比視感度(spectral luminous efficiency)

比視感度とは、特定の観察条件において、ある波長 λ の単色放射が比較の基準とする放射と等しい明るさであると判断されたときの、波長 λ の単色放射の放射輝度の相対値の逆数で通常、最大値が1となるように基準化したものをいいます。標準比視感度とは、CIE(国際照明委員会)で合意された値(図1.1)のことです。

V(λ): 明所視における標準比視感度(最大視感度:555(nm) 683(lm/W))

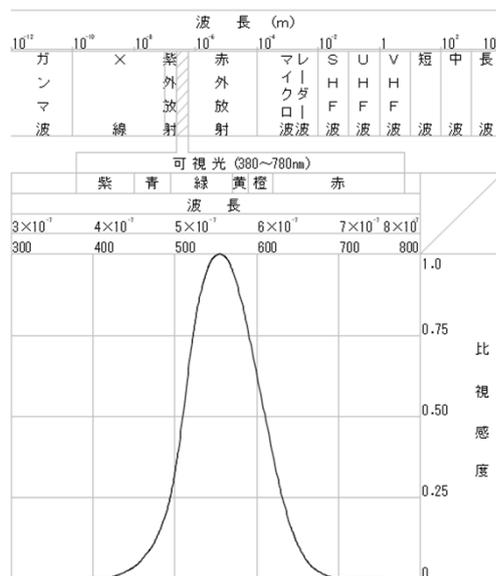


図1.1 光・放射と視感度

(参考文献 ISO/CIE 11664-1: CIE standard colorimetric observers(2019))

◆視感効率(luminous efficiency)

放射束に対する、その放射束をCIE標準比視感度で重み付けした量の比をいいます。一般に、光源の発光効率と呼ばれています。

◆光束(luminous flux)

放射束を、CIE標準比視感度に基づいて評価した量をいいます。一般に、光の量を表します。

単位:ルーメン(lm)

◆光度(luminous intensity)

光源からあらゆる方向に向かう光束の単位立体角当たりの光束(図1.2)のことをいい、光の強さを表します。単位:カンデラ(cd)

また立体角 ω について、単位球(半径1m)の表面積は、立体角 ω では、 4π (sr)になります。

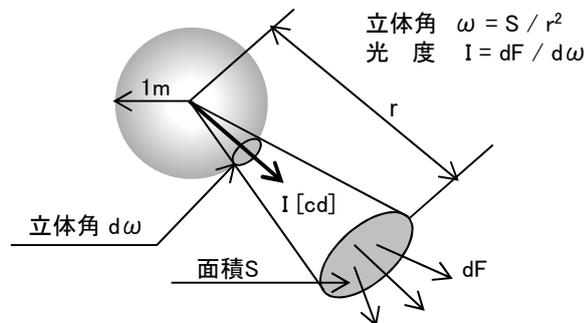


図1.2 立体角と光度

◆配光(distribution of luminous intensity)

光源の各方向への光度分布のことをいいます。

◆輝度(luminance)

ある方向に向かう光度の、その方向に垂直な面の単位面積当たりの割合のことをいいます。一般に、発光(反射、透過)面の明るさの程度を表します。単位:(cd/m²)

◆光束発散度(luminous exitance)

微小面からすべての方向に発散する光束の、単位面積当たりの割合のことをいいます。

◆照度(illuminance)

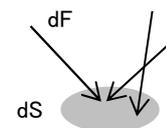
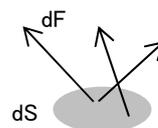
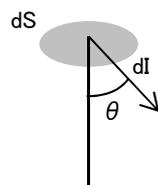
微小面にすべての方向から入射する光束の、単位面積当たりの割合のことをいいます。

照度(ℓ_x)は単位面積当たりの入射光束、光束発散度($\ell_x = \text{lm}/\text{m}^2$)は単位面積当たりの発散光束、輝度(cd/m²)は単位面積当たりの光度であり方向性をもちます(図1.3)。

輝度 $L = dI / (dS \cdot \cos \theta)$

光束発散度 $M = dF / dS$

照度 $E = dF / dS$



dI-----ある方向の微小光度
dS-----微小面積
dF-----微小面積から入射もしくは発散する光束

図1.3 輝度・光束発散度と照度

◆光量(quantity of light)

光束を時間について積分した量のことをいいます。単位:ルーメン秒(lm・s)

1.1.2 目と視覚

関連資料
JIS Z 8113: 照明用語
(1998)

視力 (visual acuity)

目が物の形の細部を見分ける能力。あるいは、2個の点または線を分離して見分け得る最小視角(分)の逆数(図1.4)のことをいいます。

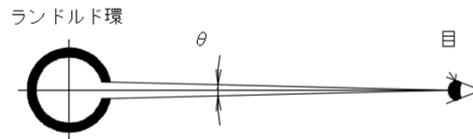


図1.4 視角と視力

◆中心視 (central vision)

対象物の像を網膜の中心のくぼみに結像して見ることをいいます。

中心のくぼみ(中心窩:約1分)には、錐体(cones)と呼ばれる視細胞が密に分布していて、色の識別力および視力が最も良い部分です。

◆周辺視 (peripheral vision)

中心のくぼみより外の網膜(retina)の周辺部で見ることをいいます。桿体(rods)と呼ばれる視細胞が多く分布していて、微弱な光やその変化および動きを検出する能力が高い部分です。

◆明所視 (photopic vision)

数(cd/m²)以上の輝度に視覚系が順応していて、主に錐体が働いているときの視覚の状態をいいます。

◆暗所視 (scotopic vision)

百分の数(cd/m²)以下の輝度に視覚系が順応していて、主に桿体が働いているときの視覚の状態をいいます。

◆薄明視 (mesopic vision)

明所視と暗所視の中間の輝度に視覚系が順応していて、主に錐体と桿体の両方が働いているときの視覚の状態をいいます。

◆グレア (glare)

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、また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の減少もしくは不快感のどちらか、または両方を生じさせる視覚の条件または状態をいいます。

◆直接グレア (direct glare)

視野内、特に視線に近い方向にある輝度の大きい面によって生じるグレアのことをいいます。

◆反射グレア (glare by reflection)

反射像が観察する物体と同じか、または近い方向にあるような正反射によって生じるグレアのことをいいます。

◆不快グレア (discomfort glare)

必ずしも物が見分けにくくはありませんが、不快感を伴うグレアのことをいいます。

◆減能グレア (disability glare)

必ずしも不快感を伴うことはありませんが、物が見分けにくくなるグレアのことをいいます。

◆光幕反射 (veiling reflection)

見るものと重なって、輝度対比を低下させることによって物体の細部を部分的または全面的に見分けにくくする正反射、または指向性が強い拡散反射のことをいいます。

◆等価光幕輝度 (equivalent veiling luminance)

高輝度の光が目に入射すると屈折、拡散し眼球内をほぼ一様な輝度で輝かせます。これは、レースのカーテンを通してものを見るとときと同様の効果を生じ、コントラストの低下により視覚機能を低下させます。このときに眼球内に生じる一様な輝度を「等価光幕輝度」と呼びます。

◆フリッカ (flicker)

輝度または色が時間的に変化する光が目に入るとき、定常な光刺激として感じられない現象をいいます。

◆輝度刺激閾 (luminance threshold)

光刺激の存在がやっと知覚できるときの輝度に関する刺激閾のことをいいます。

◆視認性(visibility)

対象物の存在または形状の見えやすさの程度をいいます。

◆可読性(legibility)

文字または記号の読みやすさの程度をいいます。

1.1.3 色

関連資料

JIS Z 8113: 照明用語 (1998)

JIS Z 8720: 測色用の標準イルミナント(標準の光)及び標準光源 (2012)

IES: Lighting Handbook (2000)

◆CIE標準の光(CIE standard illuminants)

CIE(国際照明委員会)が相対分光分布によって規定した測色に用いる光(図1.5)をいいます。

標準光源A : 温度2856(K)の黒体が発する光。白熱電球を代表します。

C : 相関色温度6774(K) 平均的な昼光の可視波長域を代表します。

D65: 相関色温度6504(K) 昼光の可視・紫外波長域を代表します。補助標準光としてD50、D55、D75及びBが定められています。

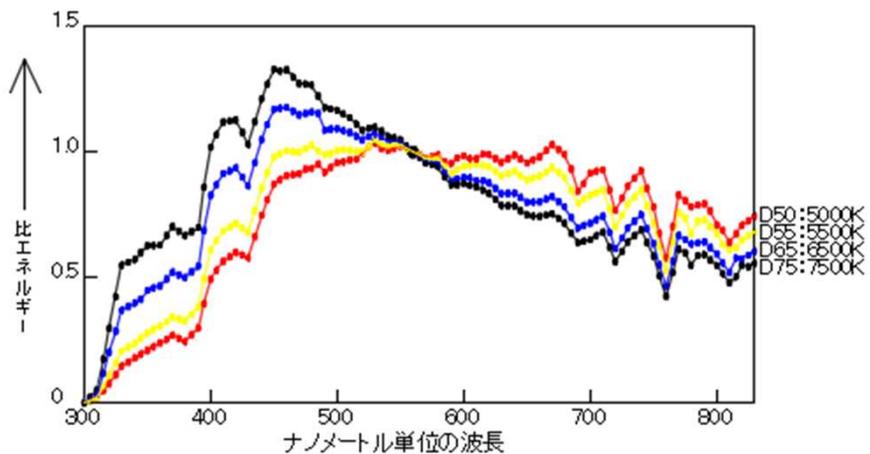


図1.5 CIE合成昼光

(参考文献 JIS Z 8720: 測色用の標準イルミナント(標準の光)及び標準光源(2012))

◆演色(color rendering)

照明光が物体の色の見え方に及ぼす影響のことです。光源の特性と考えたときは、演色性といえます。演色評価数(color rendering index)は、試料光源で照明したある物体の色刺激値(心理物理色)が、その色順応状態を適切に考慮した上で、基準イルミナント(照明光)で照明した同じ物体の心理物理色と一致する度合いを示す値のことです。JISでは、色ずれのない(完全に合っている)状態を100としています。

特殊演色評価数(special color rendering index: Ri): 試験色1~15個々の値。

平均演色評価数(general color rendering index: Ra): 試験色1~8の平均値。

◆黒体(blackbody)

黒体放射を発する熱放射体のことです。熱放射体から発散する放射が、外部から入射する放射とすべての波長、方向および偏光成分について平衡状態にあるとき、その放射を黒体放射といいます。黒体放射は温度だけに依存し、その大きさはプランクの放射則によって与えられます(図1.6)。

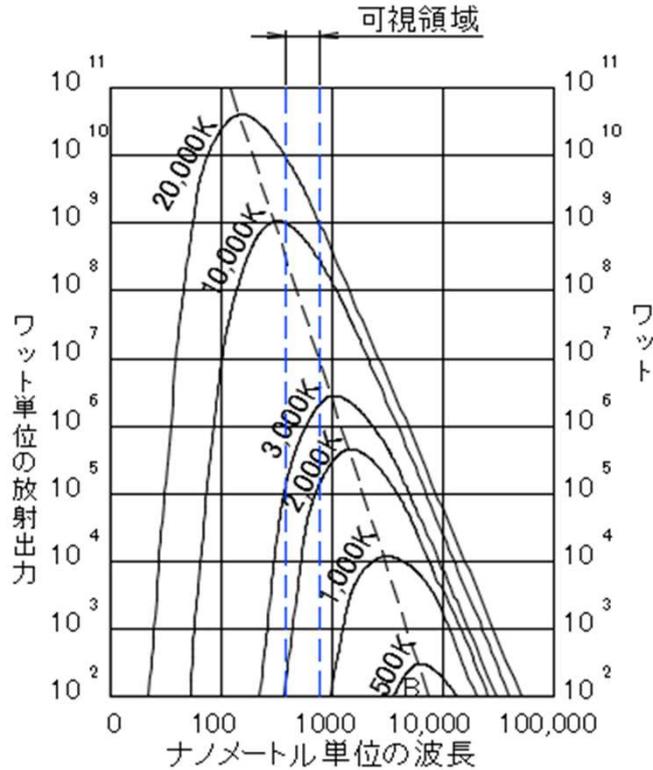


図1.6 黒体放射と色温度
(参考文献 IES: Lighting Handbook(2000))

◆色温度(color temperature)

色温度は、与えられた放射の色度と等しい色度を持つ黒体の温度のことをいいます。相関色温度(correlated color temperature)は与えられた放射の色度が黒体放射軌跡上にない場合に、分布温度(distribution temperature)は相対分光分布が黒体放射に近似できる場合に用います。単位：ケルビン(K)

◆逆相関色温度(reciprocal correlated color temperature)

相関色温度の逆数のことをいい、知覚に関して等間隔性が高いとされます。単位：毎メガケルビン(MK⁻¹)

1.1.4 材料の光学特性

関連資料
JIS Z 8113: 照明用語
(1998)

平山ほか: 建築学大系
22, 室内環境計画
(1969)

◆反射率(reflectance)

物体に入射した放射束、または光束に対する反射した放射束、または光束の比(ρ)のことをいいます。特に光束に対しては、視感反射率(luminous reflectance: ρ_v)として区別される場合があります。

◆正反射率(regular reflectance: ρ_r)

正反射した放射束または光束の比をいいます。

◆拡散反射率(diffuse reflectance: ρ_d)

拡散反射した放射束または光束の比をいいます。(図1.7)。また、光束の比は下の式で表されます。

$$\rho = \rho_r + \rho_d$$

おもな材料の反射率を表1.11に示します。

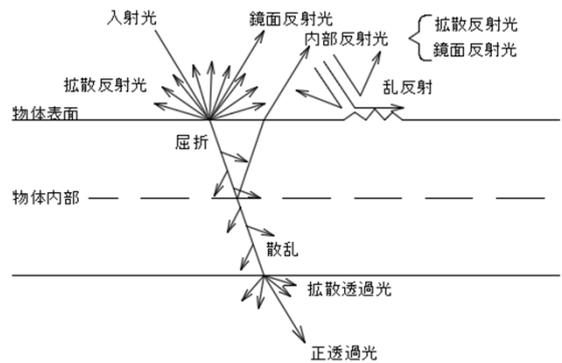


図1.7 反射・透過モデル

表1.1 材料の反射率(主として45° 入射の全反射率)(%)

1. 正反射性材料 (垂直入射)		3. 塗料		7. 石材及び壁素材	
銀面	93	白色ペイント、エナメル、珐瑯	80～85	白色タイル	70～80
アルミ特殊合金電解研磨面	90～95	単色ペイント一般	30～70	淡色タイル	50～70
ガラス鏡面(アルミ合金)	80～85	濃色ペイント一般	15～40	白色大理石	50～60
水銀、アルミ	70～75	4. 紙類 (壁紙、襖紙、その他)			
金、クローム、ニッケル、白金、すず	60～70	白紙：奉書	85～91	淡色人造石	30～50
銅、銅、タンクステン	50～60	白紙：吸取紙、ケント、鳥の子	70～80	淡色煉瓦(新)	30～40
すず箔、銀箔、アルミ箔	20～30	白アート紙	60～65	石材一般	25～50
透明ガラス	10～12	白紙粗製(障子紙)	30～50	赤煉瓦(新)	25～35
黒色ガラス	5	トレーシングペーパー	20～25	コンクリート、セメント瓦、単色スレート	20～30
水面	2	新聞紙	40～50	濃色タイル、濃色人造石、同瓦、同スレート	10～20
2. 拡散性材料		淡色壁紙、襖紙一般	40～70	ねずみ色鉄平石	5～15
1. 金属およびガラス		濃色壁紙、襖紙一般	20～40	赤煉瓦(古)	5～10
炭酸マグネシウム(特性、反射率基準)	98	ハトロン紙	25～35	白漆喰壁(新)	75～85
硫酸バリウム	93	黒紙	5～10	黄大津壁	70～75
酸化アルミ	80～85	黒紙(色票用)	1～5	白壁一般	55～75
アルミラッカー	60～70	5. 布類			
つや消しアルミ	60～80	白布：フランネル、富士絹	60～70	茶大津、淡色壁一般	40～60
粗面クローム	50～60	白紙：木綿、麻	40～70	和風砂壁(茶他淡色)	20～40
亜鉛引鉄板(新)	30～40	淡色カーテン	30～50	濃色壁一般	15～25
乳色ガラス(全乳)	60～70	トレーシングクロス	25～30	和風砂壁(緑他濃色)	5～15
スキカゲガラス	30～40	濃色トレーシングクロス	20～30	8. 床素材	
摺ガラス、型板ガラス	30～40	黒布：服地	7～15	畳(新)	50～60
2. 純色色票 (マンセル)		黒布：木綿、シュス	2～3	淡色ビニルタイル、アスタイル	40～70
赤 5R 4/14	13	黒布：ピロード	0.4～3	濃色同	10～20
黄 5Y 8/12	56	6. 木材及び建築木部			
緑 5G 5/8	19	桐(新)	65～75	9. 地表面	
青 5B 4/8	11	檜(新)	55～65	新雪	80～98
紫 5P 4/12	13	杉(新)	30～50	古雪	40～70
		杉赤目板(新)	25～35	白砂利	20～40
		クリヤラッカー-明色仕上面	40～60	砂利、コンクリート、舗石	15～30
		色付ラッカー、ニス	20～40	アスファルト舗装	15～20
		外壁板張(新)	40～55	枯草原	10～30
		外壁板張(古)	10～30	砂原	10～20
		外壁板張(オイルステイン)	10～20	葎原、田圃値平均	5～15
				都会地平均	5～10
				濡土、樹林地平均	3～7

(参考文献 平山ほか:建築学大系22, 室内環境計画(1969))

◆光沢(gloss)

正反射光成分の大小や反射光指向性の鋭さなどに関係し、物体表面に他の輝いている物体や光源が映り込む程度によって生じる、物体表面についての視知覚の現れ方のことをいいます。正反射光の割合や、拡散反射光の方向成分などに注目して、物体の光沢の程度を一次的に表したものを光沢度(glossiness)といます。

◆ランベルトの余弦法則(Lambert's law)

注目する面を取囲む半球内のすべての方向に対して、放射輝度または輝度が等しいような面素について、任意の方向の放射輝度または光度 $I(\theta)$ を、法線方向の放射輝度または光度 I_n および法線と注目する方向とがなす角 θ から、次式のように与える法則のことをいいます。

$$I(\theta) = I_n \cos \theta$$

◆均等拡散面(Lambertian surface)

どの方向から見ても輝度が一樣となる理想的な面のことをいいます。均等拡散反射面(uniform reflecting diffuser)、均等拡散透過面(uniform transmitting diffuser)等があります。

$$M = \pi \cdot L \quad (M: \text{光束発散度})$$

注目する波長で反射率や透過率が1であるものを完全拡散反射面(perfect reflecting diffuser)、完全拡散透過面(perfect transmitting diffuser)といます。

1.2 光色と演色性

1.2.1

光色

関連資料

JIS Z 8725:光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法(1999)

JIS Z 9125:屋内作業場の照度基準(2007)

JIS Z 9110:照明基準総則(2010)

光源から出る光の色を光源色(light source color)といい、一般には光色(color appearance)と呼ばれます。光源色の中でも、分光分布がほぼ可視域全体に広がっていて、肉眼で白色にみえる光を「白色光(white light)」といいます。白色光は、その色度が黒体放射軌跡上にある場合には「色温度」で、それから外れる場合には「相関色温度」で表されます(単位は K(ケルビン))。

白色光の差は、逆相関色温度で表されます(単位は毎MK⁻¹(メガケルビン))。これは、人間がもつ知覚の等間隔性は、色温度の差よりもむしろその逆数の差の方が大きいとされることによります。

ランプの光色は、ランプが放射する光の見掛けの色(ランプの色度)に関係し、相関色温度によって表現します。ランプは、相関色温度に応じて通常表2.1のように分類します。

表2.1 光源の光色グループ

光色	相関色温度T _{cp} (K)
暖色	3300 未満
中間色	3300 ~ 5300
涼色	5300 を超える

(参考文献 JIS Z 9110:照明基準総則(2010))

1.2.2

演色性

関連資料

JIS Z 8726:光源の演色性評価方法(1990)

CIE13.3 : Method of Measuring and specifying Colour Rendering Properties of Light Sources (1995)

光源の演色性の評価の概念と手順の概要を示します。(図2.1)(表2.2)(表2.3)

◆評価しようとする光源(試験光)と同じ色温度の基準光を選定する

完全放射体(黒体放射):5,000(K)未満

CIE(国際照明委員会)合成昼光:(5,000(K)以上、4,600(K)以上の昼白色蛍光ランプ)

◆試験光と基準光による試験色No.1~No.15の色空間上の位置を求める

◆試験光と基準光の色空間上の距離(ΔE)を求める

◆特殊演色評価数: $R_i=100-4.6 \cdot \Delta E (i=1 \sim 15)$

◆平均演色評価数: $R_a=(R_1+R_2+\dots+R_8)/8$

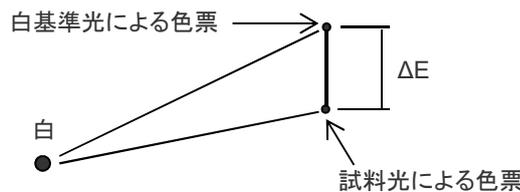


図2.1 色空間上の色差と演色評価の概念図

表2.2 平均演色評価数を求めるための試験色

	試験色	マンセル記号
No.1		7.5R6/4
No.2		5Y6/4
No.3		5GY6/8
No.4		2.5G6/6
No.5		10BG6/4
No.6		5PB6/8
No.7		2.5P6/8
No.8		10P6/8

表2.3 特殊演色評価数を求めるための試験色

	試験色	マンセル記号
No.1~8	(表2.2参照)	
No.9		4.5R4/13
No.10		5Y8/10
No.11		4.5G5/8
No.12		3PB3/11
No.13		5YR8/4
No.14		5GY4/4
No.15		1YR6/4

(参考文献 図2.1・表2.2・表2.3: CIE13.3: Method of Measuring and specifying Colour Rendering Properties of Light Sources(1995), JIS Z 8726:光源の演色性評価方法(1990) ※No15は、JISのみ)

1.2.3 演色区分

関連資料
CIE15.3: Colorimetry
(1986)

物体色の再現性は演色性(光源の種類によって物体の色の見え方が変わって見える)で評価されます。演色性はRa(平均演色評価数)で数値的に表わされ、自然光で見た色を基準に最高100から色ズレが大きいほど数値は小さくなります。演色評価数と使用場所は表2.4に示します。

表2.4 使用場所と演色グループ

演色性グループ	平均演色評価数の範囲	使用場所	
		好ましい	許容できる
1A	$Ra \geq 90$	色比較、検査、臨床検査、美術館	—
1B	$90 > Ra \geq 80$	住宅、ホテル、レストラン、店舗、オフィス、学校、病院	—
2	$80 > Ra \geq 60$	一般的作業の工場	オフィス、学校
3	$60 > Ra \geq 40$	粗い作業の工場、トンネル、道路	一般的作業の工場
4	$40 > Ra \geq 20$	トンネル、道路	演色性がそれ程重要でない作業の工場

(参考文献 CIE15.3: Colorimetry (1986))

蛍光灯の光源色は、XYZ表色系における色度によって、昼光色、昼白色、白色、温白色及び電球色の5種類に区分されます。それぞれの色範囲は、xy色度図上においてそれぞれ図2.2に示す四辺形となります。

1.2.4 蛍光灯の光色と演色区分

関連資料
JIS Z 9112: 蛍光灯の光源色及び演色性による区分(2019)

図2.2の区分による平均演色評価数及び特殊演色評価数の最低値は、表2.5及び表2.6によります。

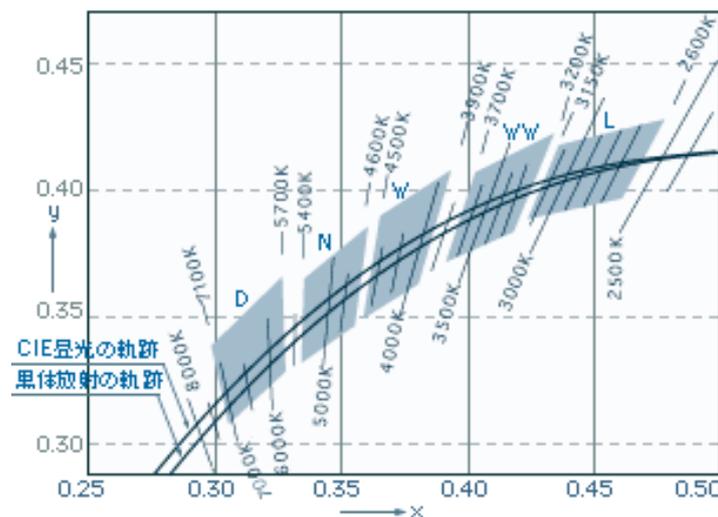


図2.2 xy色度図上における蛍光灯の光源色の色度範囲

(参考文献 JIS Z 9112: 蛍光灯の光源色及び演色性による区分(2019))

表2.5 広帯域発光形蛍光ランプの演色評価数の最低値

演色性の種類	光源色の種類	記号	演色評価数の最低値							
			Ra	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
普通形	昼光色	D	69	—	—	—	—	—	—	—
	昼白色	N	67	—	—	—	—	—	—	—
	白色	W	57	—	—	—	—	—	—	—
	温白色	WW	54	—	—	—	—	—	—	—
演色A	昼白色	N-DL	75	—	—	—	—	—	—	65
	電球色	L-DL	65	—	—	—	—	—	—	50
演色AA	昼光色	D-SDL	88	76	—	—	—	—	—	88
	昼白色	N-SDL	86	72	—	—	—	—	—	86
	白色	W-SDL	84	68	—	—	—	—	—	84
	温白色	WW-SDL	82	64	—	—	—	—	—	82
演色AAA	昼光色	D-EDL	95	88	88	93	88	93	93	93
	昼白色	N-EDL	95	88	88	93	90	93	93	93
	電球色	L-EDL	90	80	78	85	78	85	90	88

(参考文献 JIS Z 9112: 蛍光ランプの光源色及び演色性による区分(2019))

表2.6 狭帯域発光形蛍光ランプの演色評価数および3波長域放射束比の最低値

演色性の種類	光源色の種類	記号	演色評価数の最低値及び3波長域放射束比の最低値		
			Ra	R15	rt
3波長域発光形	昼光色	EX-D, ED	80	85	50
	昼白色	EX-N, EN			
	白色	EX-W, EW			
	温白色	EX-WW, EWW			
	電球色	EX-L, EL			

(参考文献 JIS Z 9112: 蛍光ランプの光源色及び演色性による区分(2019))

1.3 明るさと物の見え方

1.3.1 明視の条件

- 明視の条件
物が良く見えるため(明視)の5つの条件
- 1) 明るさ
 - 2) 色
 - 3) 対比
 - 4) 大きさ
 - 5) 時間(動き)

1.3.2 明るさと視力

関連資料
(一社)照明学会:あたら
しい明視論(1966)

視力は、視角(θ :分)の逆数($1/\theta$)で定義され、背景輝度(目が順応していると考えられる輝度)が高いほど向上します(図3.1)。目は、数(lx)から約1万(lx)までは、明るさが等比級数的に増加すれば、それに比例して細かなものまで見分けられるようになります。

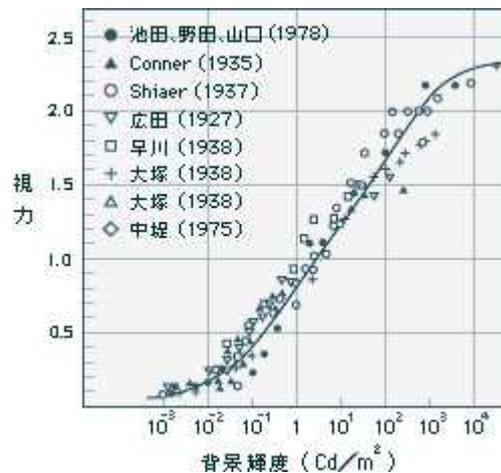


図3.1 明るさと視力
(参考文献 (一社)照明学会:あたらしい明視論(1966))

1.3.3 色

2つの物の明るさ(輝度)が同じであっても、色の種類(色相)や鮮やかさ(彩度)が異なれば両者を区別することができます。

1.3.4 輝度対比(C)

関連資料
IES: Lighting Handbook
(2000)

図3.2は、識別できる最小輝度対比(輝度対比弁別閾値)を示した例で、視対象の輝度(L_o)、背景輝度(L_b)、視対象の大きさ(視角:分)、見る時間(秒)との関係を示したものです。背景輝度(目が順応していると考えられる輝度)が高いほど、視対象の大きさが大きいほど、見る時間が長いほど、わずかな対比まで識別できることを表しています。

$$C = (L_b - L_o) / L_b \quad C: \text{輝度対比} \quad L_b: \text{背景輝度} \quad L_o: \text{視対象物の輝度} \quad (\text{ただし } L_b > L_o)$$

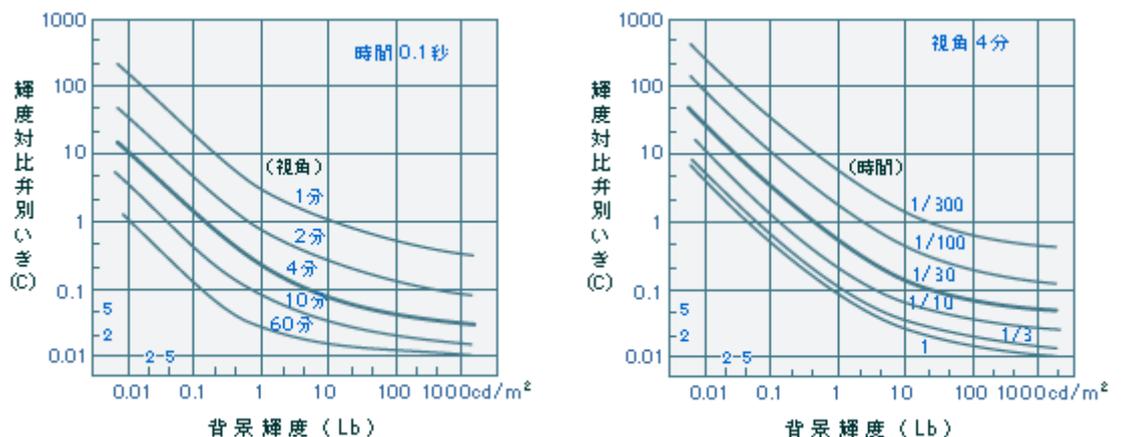


図3.2 知覚できる最小の輝度対比
(参考文献 IES: Lighting Handbook(2000))

1.3.5 大きさ

関連資料
(一社)照明学会：
照明の基礎知識(中級編)(2005)

大きな建物でも遠くにあれば見えにくく、反対にケシ粒ほどの物でも近くにあれば見やすいものです。このことは見易さというものが、視対象物の大きさのみで決まるのではなく、視対象物を見る時の視角、言い換えれば網膜の上に投影される像の大きさで決まることということを意味しています。前述したランドルト環による視力検査も、これと同様な考え方に基づいています。一般に目を視対象に近づけるほど見やすくなりますが、ピント合わせには限界があります。通常、読書などを快適に行うための距離は30cmといわれ、この距離のことを明視の距離と呼んでいます。

1.3.6 時間(動き)

関連資料
(一社)照明学会：
照明の基礎知識(中級編)、2005年

同じ電車でも、動いている場合と止まっている場合とでは見やすさが異なります。新幹線のように特に速い電車では、大まかな形しか識別出来ず、車両の文字などは読むことが出来ません。文字などを読むためには、ある程度の時間が必要で、動きが遅い物ほど見やすくなります。

1.3.7 照度と読みやすさ

関連資料
河合ほか:照度と読みやすさとの関係を表す簡単な実験式, 照明学会誌, 57-9(1973)

照度が高くなるほど文字など読みやすくなります。図3.3はJIS照度基準の基礎資料であり、照度と文字の読みやすさの程度との関係を明らかにされたものです。輝度対比80(%)、2(mm)角の活字を30(cm)の距離で読む場合、読みやすさ70(普通)の場合に約2,000(lx)、読みやすさ60(だいたい読める)の場合に約300(lx)の照度が必要になります。

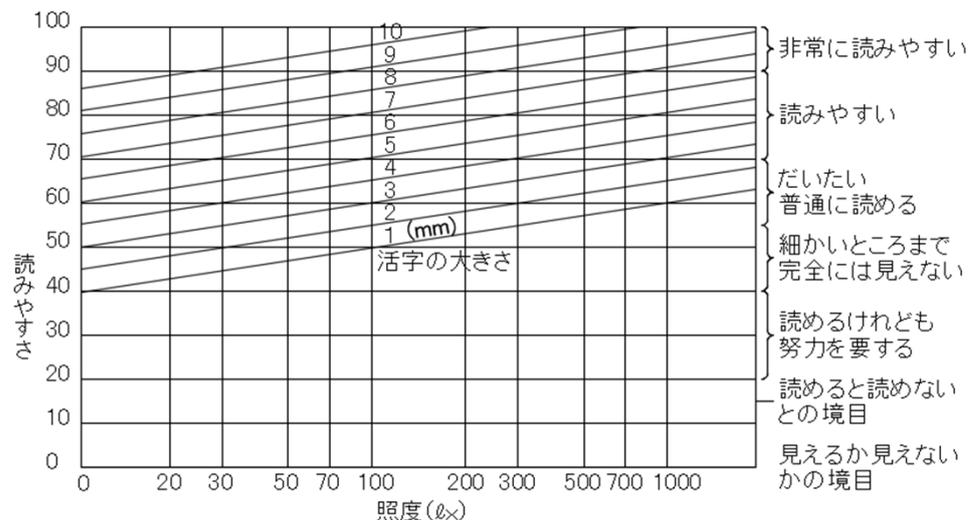


図3.3 照度と読みやすさの関係

(参考文献 河合ほか:照度と読みやすさとの関係を表す簡単な実験式, 照明学会誌, 57-9(1973))

輝度対比約80(%)、観察距離30(cm)の場合のものですが、この根拠となった実験結果を一般式にすると次のようになります。

$$S = 11 \log E + 0.5C + 9\sqrt{D}(A - 1) + 32$$

- S---読みやすさ
- E---照度12.5~1,120(lx)
- C---輝度対比9~94(%)
- D---観察距離30~200(cm)
- A---活字の大きさ0.2~1.0(cm)

1.3.8 周囲の明るさと視力

関連資料
 (一社)照明学会:あたら
 しい明視論(1966)

視対象の周囲が明るくても暗くても視力は低下します。図3.4は、横軸に「周囲の輝度/中心の輝度」を、縦軸に「視力」をとり、周囲の輝度をパラメータに、周囲の明るさと視力との関係を示したものです。周囲の輝度と中心の輝度が等しい場合に視力はほぼ最大となり、その比が大きくても小さくても視力が低下します。特に、周囲が明るい場合には、視力の低下が顕著になります。

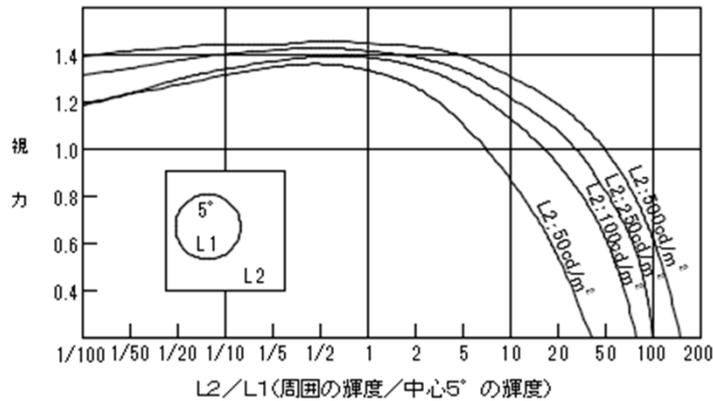


図3.4 周囲の明るさと視力
 (参考文献 関連資料 (一社)照明学会:あたらしい明視論(1966))

1.3.9 明るさと年齢

関連資料
 (一社)照明学会:あたら
 しい明視論(1966)

加齢が進み、高年齢になるほど視力が低下します。図3.5は、年齢による視力の推移を示したものです。図3.6は、現在の年齢によって照度を補正するための例です。これより、高齢者は20歳代の人よりも2~3倍高い照度を必要としていることがわかります。

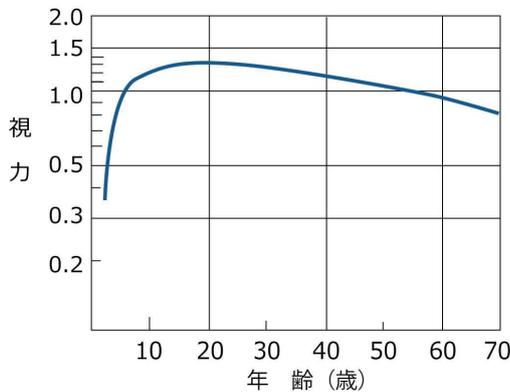


図3.5 年齢と視力
 (参考文献 (一社)照明学会:あたらしい明視論(1966))

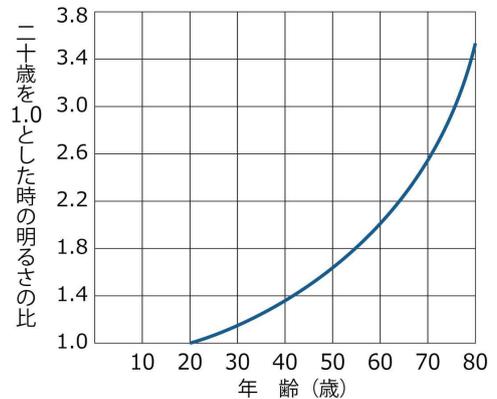


図3.6 20歳を基準としたとき、年齢による必要な明るさの相違
 (参考文献 (一社)照明学会:あたらしい明視論(1966))

1.4 グレア評価

1-13

1.4.1 グレア

グレア (glare) とは、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、また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の減少 (減能グレア: disability glare) もしくは不快感 (不快グレア: discomfort glare) を生じさせる視覚の条件または状態をいいます。グレアを生じさせる面から分けると次のようになります。

- 直接グレア (direct glare)
視野内、特に視線に近い方向にある輝度の大きい面によって生じるグレア。
- 反射グレア (glare by reflection)
反射像が観察する物体と同じか、または近い方向にあるような正反射によって生じるグレア。
- 光幕反射 (veiling reflection)
見るものと重なって、輝度対比を低下させることによって物体の細部を部分的または全面的に見分けにくくする正反射、または指向性が強い拡散反射。

1.4.2 不快グレアの評価

関連資料
JIS Z 9110:
照明基準総則(2010)

(1) UGR (Unified Glare Rating)

暫定CIE法 (CGI) に代わって1995年にCIEが推奨した方法です。数値が小さいほどグレアが少ないことを示し、BGIとほぼ同じ意味を持つとされています。UGRの方が約3単位高くなるという研究もあります。

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{P^2} \right)$$

L_b---背景の輝度 (cd/m²)

L---その環境にある各照明の発光部分の輝度 (cd/m²)

ω---光源の立体角 (sr)

P---光源の位置指数 (m)

また、L_bは下記で表されます。

$$L_b = \frac{E_i}{\pi}$$

E_i---観察者の目の位置での
間接照度 (lx)

表4.1 UGR段階とグレアの程度の関係

UGR段階	グレアの程度
28	ひどすぎると感じ始める
25	不快である
22	不快であると感じ始める
19	気になる
16	気になると感じ始める
13	感じられる
10	感じ始める

(参考文献 JIS Z 9110: 照明基準総則(2010))

関連資料
ISO 8995:
The lighting of indoor
work systems(1989)

(2) 輝度制限法

この方法は、照明器具単位のグレアの程度を表そうとするもので、鉛直角 45° 以上の照明器具の輝度制限値を定める方法で、ISO 8995 (The lighting of indoor work systems)に示されています。また、公共施設用照明器具のグレア分類は、これが基礎になっています (図4.1) (図4.2) (図4.3)。

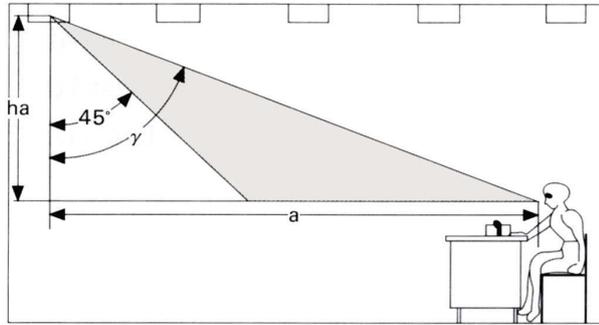


図4.1 輝度制限法

(参考文献 ISO 8995: The lighting of indoor work systems(1989))

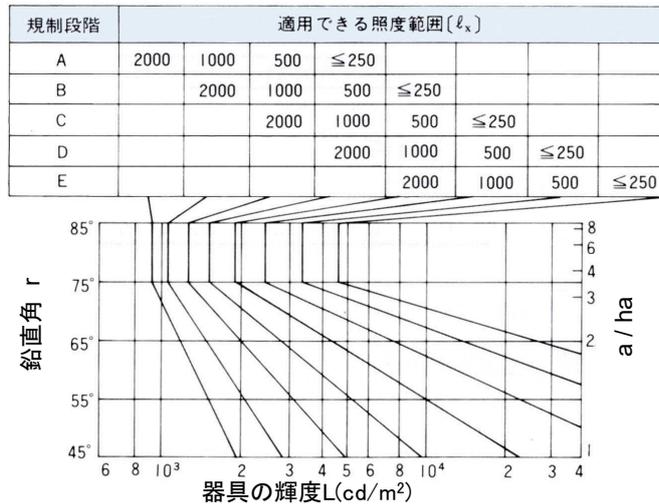


図4.2 長辺が視線に直角に取付けられ、側面から光が出ている照明器具に対する 限界輝度

(参考文献 ISO 8995: The lighting of indoor work systems(1989))

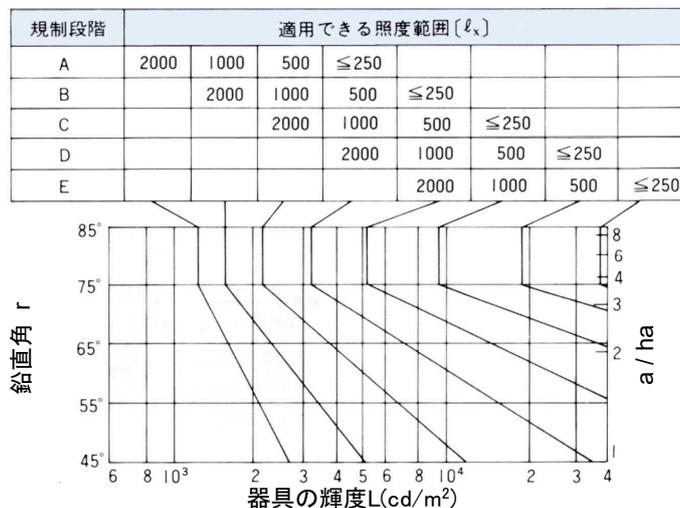


図4.3 長辺が視線に平行に取付けられた照明器具および、側面から光が出ていない器具に対する限界輝度

(参考文献 ISO 8995: The lighting of indoor work systems(1989))

1.4.3 道路照明の不快グレア評価

関連資料
CIE31: Glare and uniformity in road lighting installations (1976)

道路照明器具が連続して配置される場合の不快グレアの程度は、グレアコントロールマーク (G) で評価されます。

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3(\log I_{80} / I_{88})^{0.5} - 0.081 \log I_{80} / I_{88} + 1.29 \log F + 0.97 \log L + 4.41 \log h - 1.46 \log p$$

- G-----グレアコントロールマーク
- I_{80} -----道路平行断面方向の鉛直角80°の光度----- $50 < I_{80} < 7,000$ (cd)
- I_{80} / I_{88} -----同上鉛直角80°の光度と88°の光度の比----- $1 < I_{80} / I_{88} < 50$
- F-----同上鉛直角76°の照明器具の発光面積----- $0.007 < F < 0.4$ (m²)
- L-----路面平均輝度----- $0.3 < L < 7$ (cd/m²)
- h-----目と照明器具の高さの差----- $5 < h < 20$ (m)
- p-----1km当たりの照明器具の数(台)

表4.2 評価数と印象

G	グレアの程度
1	unbearable (耐えられない)
3	disturbing (邪魔になる)
5	just admissible (許容できる限界)
7	tolerable (あまり気にならない)
9	unnoticeable (気にならない)

(参考文献 CIE31: Glare and uniformity in road lighting installations(1976))

1.4.4 屋外(スポーツ)施設の不快グレア評価

関連資料
JIS Z 9127: スポーツ照明基準 (2011)

この方法は、任意の点から照明塔の地際又は水平方向を見た場合の不快グレアの程度を評価する方法で、グレア比(GR)で評価されます (図4.4)(表4.3)。

$$GR = 27 + 24 \log_{10}(Lvl / Lve^{0.9})$$

$$Lvl = 10 \sum (E_{eye} / \theta^2)$$

$$Lve \doteq 0.035 E_h \rho / \pi$$

- GR-----グレア比
- Lvl-----グレア光による等価光幕輝度 (cd/m²)
- Lve-----反射光による等価光幕輝度 (cd/m²)
- E_{eye}-----視線方向の照度 (lx)
- θ -----グレア光と視線のなす角度 (sr)
- E_h-----フィールド面の平均水平照度 (lx)
- ρ -----反射率 (%) (芝: 約15%)

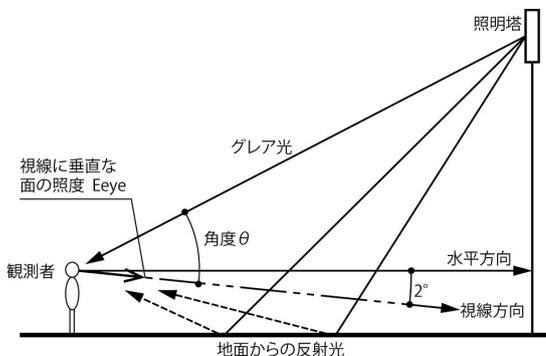


図4.4 屋外(スポーツ)施設のグレア評価

表4.3 GRとグレアの程度との関係

GR段階	グレアの程度
90	耐えられない
70	邪魔になる
50	許容できる限界
30	あまり気にならない
10	気にならない

(参考文献 JIS Z 9127: スポーツ照明基準(2011))

**1.4.5
減能グレアの評価
(視機能低下グレア)**

関連資料
(公社)日本道路協会:
道路照明施設設置基準
・同解説(2006)

減能グレアは、知覚しうる最小輝度差の増加量(TI)で表されます。

$$TI \doteq (\Delta L_g - \Delta L_o) / \Delta L_o \times 100 \quad (\%)$$

ΔL_g : グレアがあるときの知覚しうる最小輝度差(cd/m²)

ΔL_o : グレアがないときの知覚しうる最小輝度差(cd/m²)

減能グレアによる知覚しうる最小輝度差の増加は、ある均一輝度を有する光幕(等価光幕輝度)を視対象と目の間にかけてときの、知覚しうる最小輝度差の増加に置き換えて考えることができます。

**1.4.6
道路・トンネル照明
の減能グレア評価**

関連資料
(公社)日本道路協会:
道路照明施設設置基準
・同解説(2007)

道路照明など背景輝度分布が路面の平均輝度で表せる場合には、視機能低下グレアの程度を相対閾値の増加量(TI:グレアのない状態に対してグレアがあることによって障害物などの視認性が低下する割合)として、次式で求めることができます。

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

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

L_r ---平均路面輝度 (cd/m²)

L_v ---運転者の視野内の灯具による等価光幕輝度 (cd/m²)

等価光幕輝度と相対閾値増加の計算で特に注意が必要なのは、照明施設の完成当初の状態で計算するということであり、相対閾値増加を計算する際に用いる等価光幕輝度および平均輝度は、保守率を1として計算をします。

上記の2つの式で必要となる等価光幕輝度 L_v は、以下の式により表されます。また、道路・トンネルにおいては、表4.4の値を原則とします。

$$L_v = 10 \times \sum_{i=1}^n \frac{E_{vi}}{\theta_i^2}$$

E_{vi} ---グレア源 i による視線と垂直な面における照度 (lx)

θ_i ---視線とグレア源 i のなす角度(°)

i ---対象とする灯具数(台)

表4.4 相対閾値増加

道路・トンネル分類		相対閾値増加(%)
高速自動車国道等		10以下
一般国道	主要幹線道路	15以下
	幹線・補助幹線道路	
トンネル		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))

1.4.7 街路照明器具の輝度規制

関連資料
JIEC-010:
歩行者の安全・安心のための屋外照明基準
(2014)

街路照明器具が歩行者などに与えるグレアは、その発光部分の見かけの大きさ(立体角)と輝度との関係で取り扱うことができます(図4.5)。照明学会では、これを簡略化し、鉛直角85度方向の光度を、取付高さに応じて表4.5に示す値以下と規定しています。

図4.6は、各種基準や研究結果との関係をまとめたものです。

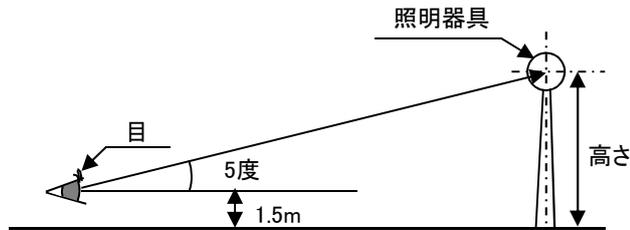


図4.5 街路照明器具の輝度規制

表4.5 照明器具のグレア規制(取付け高さ10m未満のもの)

鉛直角85度以上の輝度	20,000cd/m ² 以下 (注)		
照明器具の高さ	4.5m以下	4.5~6.0m	6.0m以上
鉛直角85度方向の光度	2,500cd	5,000cd	12,000cd

(注) 鉛直角85度方向の光度から推定してもよい。

(参考文献 JIEC-010:歩行者の安全・安心のための屋外照明基準(2014))

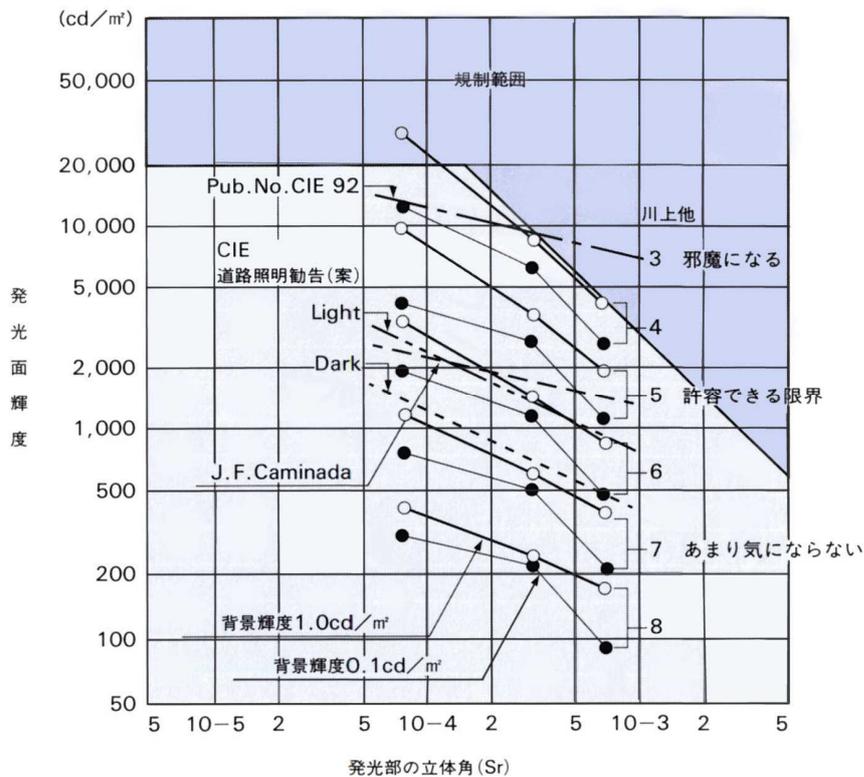


図4.6 発光面輝度・発光部の立体角とグレアの程度

(参考文献 JIEC-010:歩行者の安全・安心のための屋外照明基準(2014))