

屋内環境における不快グレア

グレアは照明器具の発光部や室内における窓面のように、周囲に比べ高輝度物体が視野内にあるとき、これが他の視対象物を見えにくくしたり、またその存在が不快感を与える状態をいいます。とくに光源から眼球に入射する光が眼球内で散乱すると、視対象物の見かけの明るさやコントラストが低下し見えにくくなります。これを減能グレアと呼びます。これに対し、高輝度物体の存在によって心理的に不快感を感じ

る場合を不快グレアといいます。これは測光的に同じ刺激が与えられたとしても、それがどのような照明環境下かどうかで異なった反応を生じます。このため不快グレアは室内、道路、スポーツグラウンドなどの異なる照明環境に対応した評価システムによって規定されています。ここでは特に屋内環境における不快グレアについて概要を示します。

1 不快グレア評価法の歴史

グレアは70年来にわたり研究されているテーマで、ここではその経緯について3つの時代に区分し展望してみましょう。

①グレア研究開始期(1910～1920年代)

黒澤によると、1916年にNuttingは、まぶしさを感じはじめる輝度を順応レベルから求める実験式を示しました。また1928年にはまぶしさによる見え方の低下が、照度低下に換算した形で示されました。同じ頃HolladayやStilesらにより、点光源による網膜の順応照度を算出する式が示されました。これは後に、主に屋外におけるグレアを評価する際、基礎となる等価光幕輝度の計算式として確立されます。

②不快グレア評価法確立期(1940～1960年代)

1940年代に、Harrison・Meakerはグレアファクター(GF)に関する論文を発表し、Luckiesh・Guthらは1949年にはじめてBCD(Borderline between Comfort and Discomfort)を定式化しました。これをきっかけに、各国の研究者による不快グレア研究が活発化しました。

これらの研究成果をもとに国ごとの評価法の規格化、基準化が進められ、1960年代のCIEウィーン・ワシントン大会では各国の評価法が比較されました。この頃までに各国独自の評価法が出揃ったことになり、不快グレア評価法確立期と呼ぶことができます。

はからずも40～60年代は蛍光灯普及の時代

でもあり、決して不快グレア研究の活性化と無関係とはいえないでしょう。

この間、戦後の復興期にあたる日本では、どちらかというと高輝度な蛍光灯はまぶしいものではなく明るく照らすものと受けとめられ、そのまぶしさによる不快感についてはあまり問題視されていなかったようです。

1964年(昭39)になって、市川、長南がLuckiesh・Guthの実験方法に準じてBCDに関する実験を実施しました。その中で、日本人のグレアに対する感覚は幾分欧米人とは異なる点が報告されています。これが日本における不快グレア研究の第1歩といえます。

③国際標準化期(1970年代～)

1960年代より国際的にオーソライズされた不快グレア評価法の確立が望まれました。というのは、アメリカ、カナダで用いられているVCP法(Visual Comfort Probability Method)、イギリス、ベルギー、南アフリカ、スカンジナビア諸国などで用いられているGI法(Glare Index System)、西ドイツ、フランス、オーストラリア、イタリア、日本などで用いられている輝度規制法(Luminance Limiting System)などと様々な評価方法が確立され、基準化されていたからです。

1980年代CIEを中心に標準化が試みられましたが、実際には、各国で異なる不快グレア評価法が運用されつつありました。このような中、真のオーソライ

ズを目指し1995年CIE Pub.117「屋内照明における不快グレア」がまとめられました。2001年にUGRを取り入れた「屋内作業場の照明基準」が公布され、2002年にはISO8995-2002として制定されて、現在はISO 8995-1:2002となっています。日本ではISO 8995-1は翻訳されJIS Z 9125:2007となっています。現在のところ、このUGRが屋内照明における不快グレア評価法の国際標準システムといえます。しかしながら、一般照明用途としてLED照明が普及するにつれて、発光面が不均一なLED照明器具の場合、UGRでは不快グレアの程度が正しく評価されない可能性が実験により示唆され※、CIEの技術委員会では不均一な光源における不快グレアの評価方法について議論しています。

※ (例) H. Higashi, S. Koga, and T. Kotani, “The development of evaluation for discomfort glare in LED lighting of indoor work place: the effect of the luminance distribution of luminous parts on subjective evaluation” in Proceedings of CIE Centenary Conference: Toward a New Century of Light, (Academic, 2013), pp. 648-656.

		規格基準制定関連	研究関連
1910	グレア研究開始期		Nutting 実験式 $B=0.259M^{0.32}$ B:まぶしさを感じはじめる輝度 (cd/m ²) M:順応状態にある光束発散度 (lm/m ²)
		1920	Holladay $M_A=31.6Eg/\theta^2$ Stilesら これは現在の等価光幕輝度を意味し、特に道路照明におけるグレア評価の基礎式となっている
1930			
1940			
1950	不快グレア評価法確立期	CIEパリ大会	Harrison グレアファクターの研究 Meqaker $G.F. = (A \times B_s \times L_c) / (H^2 \times F)$ A:視線方向における光源の正射影面積 B _s :光源の輝度 H:目から光源までの高さ L _c :位置指数 F:周辺輝度係数
		CIEストックホルム大会	Luckiesh, Guthら がはじめてBCDという言葉を用いた
		CIEチューリッヒ大会	Hopkinsonによる一連の研究 BRSグレア公式の確立 Glare Constant = $(B_s^{1.6} \times \omega^{0.8}) / (B^0 \times P^{1.6})$
		CIEジュネーヴ大会	LoganによるVisual Comfort Chart作成 米IES Hand Book第2版でG.F.が提示(1954)
1960	不快グレア評価法確立期	CIEジュネーヴ大会	米IES SQQ Committeeは Discomfort Factor 評価法を採用(1959)
		CIEウィーン大会	Guth: Discomfort Glare Rating法(DGR法)の確立 $M = [\sum (B_s \times Q)] / (P \times F^{0.44})]^\alpha$ ↓ これをもとにVCP (Visual Comfort Probability) 法の確立
		CIEワシントン大会	米IES RQQ CommitteeはVCP法を採用(1966) 〈各国のグレア評価法がほぼ出揃う〉 学会内に「グレア研究委員会(委員長:真辺春蔵)」設置(1968)
1970	不快グレア評価法確立期	CIEバルセロナ大会	Bodmann, Sollerらによる許容輝度制限曲線図の提案 「屋内照明における各国のグレア評価法の概要」(松田ら, 54-4) 〈この頃からVDT画面上の反射グレアが問題視される〉 「グレア研究委員会報告」 Fisherによるヨーロッパグレア制限法の提案
		CIEロンドン大会	CIE Pub.29 Guide on Interior Lightingの中で CIE 暫定グレア規制システムが示される(1975)
		CIE京都大会	EinhornはCIEのグレアインデックス(CGI)を提案したがコンセンサスは得られなかった(1979) 「屋内照明におけるグレア評価基準研究報告」 解説:不快グレアの評価法「GI法・VCP法・LC法」(真辺, 61-4)
1980	国際標準化期	CIEアムステルダム大会	新時代の照明環境の要件に関する調査研究報告書(1985) この中では、OA作業照明の要件がまとめられている
		CIEベニス大会	CIE Pub.55 Discomfort Glare in the interior working environment (1983) JIEG-004事務所照明基準及び解説(1983) CIE Pub.60 Vision and the VDU work station (1984) CIE Pub.29-2 Guide on Interior Lighting 一第2版一 (1986)
			ISO Principles of visual ergonomics (1989)
1990	国際標準化期	CIEメルボルン大会	器具工業会: オフィス照明器具の選択及び適用(1990)
			照明学会技術基準JIEC-001(1992) オフィス照明基準(1992) CIE Pub.117 Discomfort Glare in Interior Lighting (1995) Unified Glare Rating法(UGR法)の確立 $UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{P^2} \right]$ 照明学会 CIEグレア評価法UGRの研究調査委員会(1998年設置) 日本照明工業会規格 JIL5004 公共施設用照明器具(2001年版) 照明学会技術規格 JIES-008(1999) 屋内照明基準(1999)
2000			CIE Standard S008/E Lighting of Indoor Work Places (2001)

		規格基準制定関連	
2010	国際標準化期	ISO 8995-1 - Lighting of work places -- Part 1: Indoor(2002)	
		2003 CIEサンディエゴ大会 CIE 146/147 CIE collection of glare 2002, CIE equations for disability glare, Glare from small, large and complex sources(2002)	
		日本照明工業会 ガイド131 UGRガイド(2006)	
		2007 CIE北京大会 JIS Z 9125 屋内作業場の照明基準(2007)	
		2009 CIEハンガリー中間大会 JCIE-002 屋内作業場の照明基準設計ガイド(2009)	
		CIE 190 Calculation and Presentation of Unified Glare Rating Tables for Indoor Lighting Luminaires(2010)	
		2011 CIEサンシティ大会 JIS Z 9110 照明基準総則(2010)	
		2013 CIEパリ中間大会 JIS Z 9110 照明基準総則 追補(2011)	

		2015 CIEマンチェスター大会 CIE JTC-7 "Discomfort caused by glare from luminaires with a non-uniform source luminance "が設置され、不均一な光源による不快グレアの評価方法について、UGR法の改良について検討開始(2014)	
2017 CIE済州島中間大会 照明学会技術指針 JIEG-008 オフィス照明設計技術指針(2017)			
2018			

2 CIEグレアインデックスシステム

以下ここではCIE(国際照明委員会)の屋内照明ガイド第2版(1986)において奨励されていたCIEグレアインデックスシステム、ISO(国際標準化機構)のISO規格 8995“ PRINCIPALS OF VISUAL ERGONOMICS-The lighting of indoor work systems²⁾”のなかでも記述されているCIEグレアセーフガードシステム、現在の国際標準であるUGRシステム、および日本におけるオフィス用照明器具の光学構造とグレア分類について順に明記します。

まずCIEグレアインデックスシステムは、

- CGI CIEインデックス
- EdとEi 目の位置の鉛直面照度(lx)
(Ed:グレア光源からの直接分)
(Ei:背景からの間接分)
- L グレア源の明るさ(輝度、単位:cd/m²)
- W グレア源の大きさ(立体角、単位:sr)
- P グースのポジションインデックス

とするとCGIは以下の式により算出することができます。

$$CGI=8\log\left[2\cdot\frac{1+Ed/500}{Ei+Ed}\sum\frac{L^2\cdot W}{P^2}\right]$$

3 CIEグレアセーフガードシステム

照明器具による不快グレアの程度を以下の5つのクラスに分類し、ある設計照度における不快グレアのクラスを維持するために必要となる照明器具の配光制限値をグラフにより求め、照明器具の配光がそれに合致しているかどうかを検討するシステムです。
<質的クラス>

クラスA:非常に高い質の視環境、高い特性、精密な視作業。

クラスB:高い質、高い視野的要件を求められる作業。

クラスC:一般、中程度の視覚的要件を求められる作業。

クラスD:あまり質的要件や集中レベルを必要としない。

クラスE:質的な見え方や高い照度を必要としない。

このシステムにより輝度制限を受ける範囲は、照明器具に対し鉛直方向45°~85°の評価角 γ の範囲となります。評価角の範囲は観察者の目の位置と最も

これより得られる数値は表1に示す主観的評価と対応づけられており、これと同様の評価システムを採用しているイギリスでは、一般事務所でのインデックス値が19未満を奨励しています。

表1 主観的評価とCIEグレアインデックスとの対応

CGI	主観的評価
31	ひどすぎる
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	気になり始める
13	感じられる
10	感じ始める
7	感じない

はなれた器具をむすんだ線が鉛直方向となす角度と鉛直方向45°との間の範囲とします(図1参照)。実際を考えて γ 値の最大は85°とします。

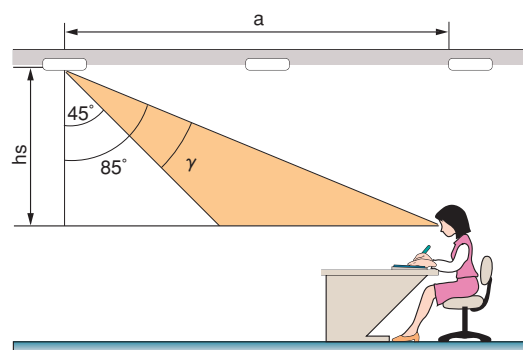


図1 器具の輝度制限を考慮すべき鉛直面内の角度

器具の発光部の平均輝度がグラフの中の各レンジの輝度制限曲線をこさないかどうかで規定されますが、その曲線は照度レベルや質的クラスと共に、グレアの評価点と関連づけられます。グレアの評価点は0=グレアなし、2=少しグレアがある、4=かなりグレアがある、6=耐えられない、に対し与えられます。

以下に示す器具タイプごとに図2、3に示す2つのグラフを使用します。

1) a) 側面から見て発光面あるいはランプが見える器具
 b) 側面から見て発光面もランプも見えない器具
 ただし30mmを越えない幅の発光側面のパネルをもつものはb)とします。

2) a) 長い形状の器具 b) 他の形状の器具
 ただし発光面のたて横の比が2:1を下まわらないときそれを長い器具とします。

このシステムで照明器具を選定する際、2つの主要鉛直面すなわちC₀-C₁₈₀面とC₉₀-C₂₇₀面における器具の配光特性を検討する必要があります。

器具のC₀-C₁₈₀面が室内の長辺方向と平行なとき、長手方向のグレア制限のチェックにC₀-C₁₈₀面が用いられ、短辺方向のグレア制限にはC₉₀-C₂₇₀面が用いられます。器具がC₉₀-C₂₇₀面が室内の長辺方向と平行なとき、この面が長手方向のグレア制限のチェックに用いられ、C₀-C₁₈₀面は短辺方向のグレア制限に用いられます(図4参照)。長い形状の器具の場合、C₉₀-C₂₇₀面はランプの長手方向を通り、この面が視線方向に平行ならば、視線は“たて方向(lengthwise)”と呼び、この面が視線方向に垂直であれば視線は“横方向(crosswise)”と呼びます。

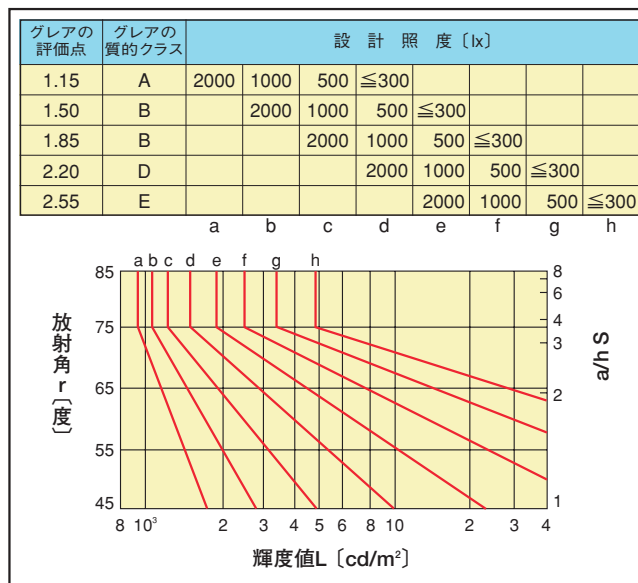


図2 輝度制限曲線 (a)
 ([側方(水平方向)からみて発光面または裸ランプが見える照明器具に適用])

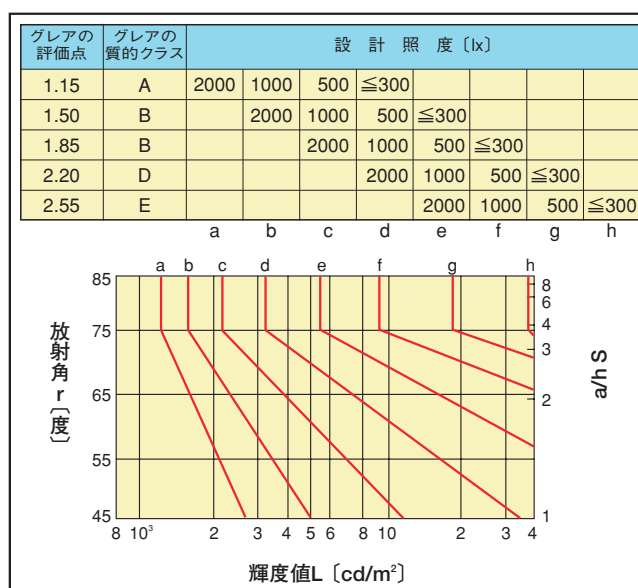


図3 輝度制限曲線 (b)
 ([側方(水平方向)からみて発光面または裸ランプが見えない照明器具に適用])

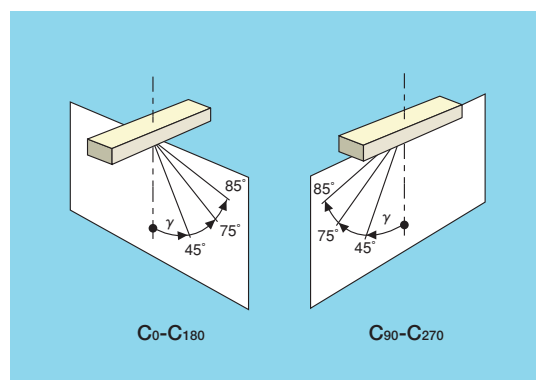


図4 器具の輝度特性をチェックするためのC面とγ角

CIEグレアセーフガードシステムの中には照明器具の遮光角による規定があります。鉛直方向45°以上の角度から見たときの器具の輝度を制限するだけでなく、加えてランプが十分に隠されていなければなりません。その遮光の度合はランプの輝度と選ばれた質のレベルによります。(図5、表2参考)

蛍光灯器具の場合は単にC0-C180面だけが考慮されます。

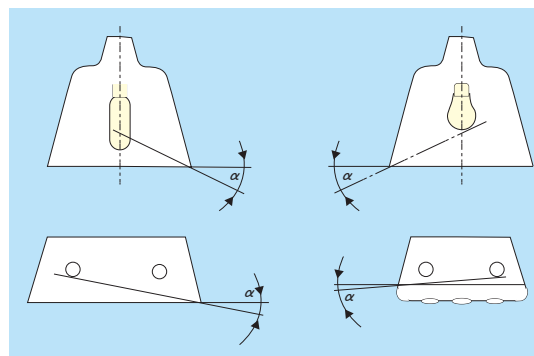


図5 照明器具の遮光角

表2 照明器具の最小遮光角

ランプの平均輝度 Lの範囲 [cd/m ²]	グレアの 質的クラス		ランプの種類
	A, B, C	D, E	
$L \leq 20 \times 10^3$	20°	10°	直管形蛍光灯ランプ
$20 \times 10^3 < L < 500 \times 10^3$	30°	20°	拡散あるいは蛍光形の HIDランプ
$L \geq 500 \times 10^3$	30°	30°	クリアタイプのHIDランプ クリアタイプの白熱電球

4 UGRシステム

UGRは、CIE技術委員会TC3-13により、いくつかの既存のグレアインデックスを基に、「実用的なグレア評価方法」として開発されたグレアインデックスです。直接CIE Pub.29/2(1986)³⁾の「屋内照明ガイド」にも掲載されている、前述のCIEグレアインデックス(以降、CGIと呼ぶ)を継承しています。さらに、そのCGIは、1967年に英IESで採用されたグレアインデックス(以降、BGIと呼ぶ)を基礎として確立されています。これらのグレアインデックスは、いずれも、(1)式に示す構成の計算式を用いて、目の順応状態に関わる関数： $f(\text{adaptation})$ とグレア光源となる照明器具に関わる関数： $f(\text{luminaire})$ との積を対数変換することにより求められます。複数の照明器具が設置された照明設備の場合は、各照明器具の $f(\text{luminaire})$ を加算した後、 $f(\text{adaptation})$ との積を対数変換して求めます。BGI式、CGI式、UGRをそれぞれ(2)式、(3)式、(4)式に示します。

$$GI = a \cdot \log_{10}(f(\text{adaptation}) \cdot \sum f(\text{luminaire})) \quad (1) \text{式}$$

$$BGI = 10 \log_{10} \frac{0.45}{L_b} \sum \frac{L^{1.6} \omega^{0.8}}{p^{1.6}} \quad (2) \text{式}$$

$$CGI = 8 \log_{10} 2 \left(\frac{1 + d/5}{E_d + i} \right) \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \quad (3) \text{式}$$

$$UGR = 8 \log_{10} \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \quad (4) \text{式}$$

ここで、

GIは、グレアインデックス

BGIは、BGI式で計算したグレアインデックス

CGIは、CGI式で計算したグレアインデックス

UGRは、UGR式で計算したグレアインデックス

aは、定数

L_b は、背景輝度 [cd/m²]

Lは、観察者から見た照明器具の発光部の輝度 [cd/m²]

ω は、観察者から見た照明器具の見かけの大きさ(立体角) [sr]

pは、ポジションインデックス

E_d は、各照明器具から観察者の目に到達する直接成分の鉛直面照度 [lx]

E_i は、観察者の目の位置での間接成分の鉛直面照度 [lx]

このうち、(2)式のBGI式は、Hopkinsonにより、光源の大きさ、輝度、背景輝度が種々異なる条件下で行われた実験データに基づいて提案されたものです。(3)式のCGIは、EinhornがBGIを改良提案したもので、 f (adaptation)と f (luminaire)の両項が変更されています。特に、 f (luminaire)の項を $(L^2 \cdot \omega / p^2)$ にした点が評価され、この項は、そのまま(4)式のUGRに採用されました。 ω の乗数を0.8から1にすることにより、計算の簡略化とともに、不快グレア $(L^2 \cdot \omega / p^2)$ の加法・減法を行う上での矛盾がなくなっています。

UGRの値は、上述したとおり、(4)式で与えられます(図6参照)。またその数値はCGIと同スケールで評価できるので、表1(P29参照)に示すように主観的評価と対応づけられます。

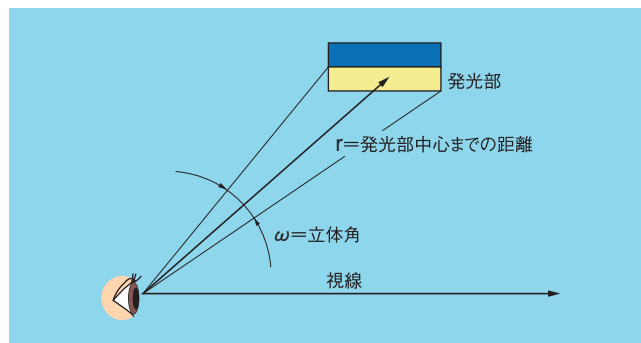


図6 観測者から見た照明器具の輝度 L 、立体角 ω 、照明器具発光部中心までの距離 r

5 UGR公式による計算

5-1 UGR公式

UGR公式は、次式になります。

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \omega}{P^2} \right]$$

ここに、

L_b : 背景輝度 $[\text{cd}/\text{m}^2]$

L : 観測者が受ける各照明器具の発光部分の輝度 $[\text{cd}/\text{m}^2]$

ω : 観測者から見た各照明器具の発光部分の立体角 $[\text{sr}]$

P : 各照明器具のグスのポジションインデックス

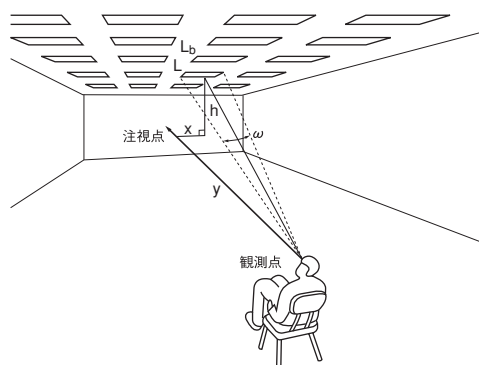


図7 UGR観測の概念図

(1) L_b : 背景輝度 $[\text{cd}/\text{m}^2]$

背景輝度は、グレア対象の光源を除いた視野内における、観測者と目の位置での鉛直面照度と同等の照度を生じるような観測者の周囲の空間の均一輝度として定義され、次式によって得られます。

$$L_b = E_i / \pi$$

E_i : 観測者の目の位置での間接照度 (lx)

(2) L : 観測者の目の位置から見た照明器具発光部の輝度 $[\text{cd}/\text{m}^2]$

一般的に、照明器具の輝度 L は、照明器具の観測者方向の光度 I と投影面積 A_p から求められます。

$$L = I / A_p$$

(3) ω : 観測者の目の位置から見た照明器具の立体角 (sr)

観測者の目の位置から見た照明器具の立体角の大きさは、照明器具発光部の投影面積と、観測者の目から発光部中心までの距離から求められ、次に示す式で計算されます。

$$\omega = A_p / r^2$$

A_p : 照明器具発光部の投影面積 (m^2)

r : 観測者から照明器具発光部中心までの距離 (m)

(図6をご参照ください)

(4) P:各照明器具におけるポジションインデックス

ポジションインデックスPは、表3のグスのポジションインデックスを参照しています。表は、パラメータとしてT/R、H/Rを用いています。

- T: 視線からの水平方向変位
- H: 視線からの垂直方向変位
- R: 観測者の目との距離を視線上に投影したもの

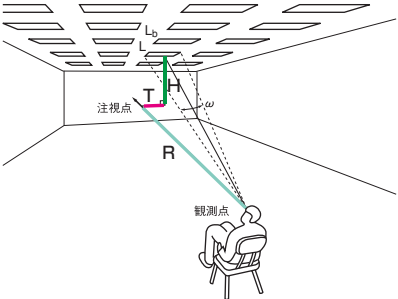


図8 ポジションインデックスイメージ

表3 グスのポジションインデックス

H/R	T/R																			
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90
0.00	1.00	1.26	1.63	1.90	2.36	2.86	3.50	4.20	5.00	6.00	7.00	8.10	9.25	10.35	11.70	13.15	14.70	16.20	-	-
0.10	1.05	1.22	1.46	1.80	2.20	2.75	3.40	4.10	4.80	5.80	6.80	8.00	9.10	10.30	11.60	13.00	14.60	16.10	-	-
0.20	1.12	1.30	1.50	1.80	2.20	2.68	3.18	3.88	4.60	5.60	6.60	7.80	8.75	9.85	11.20	12.70	14.00	15.70	-	-
0.30	1.22	1.38	1.60	1.87	2.25	2.70	3.25	3.90	4.60	5.45	6.45	7.40	8.40	9.50	10.85	12.10	13.70	15.00	-	-
0.40	1.32	1.47	1.70	1.96	2.35	2.80	3.30	3.90	4.60	5.40	6.40	7.30	8.30	9.40	10.60	11.90	13.20	14.60	16.00	-
0.50	1.43	1.60	1.82	2.10	2.48	2.91	3.40	3.98	4.70	5.50	6.40	7.30	8.30	9.40	10.50	11.75	13.00	14.40	15.70	-
0.60	1.55	1.72	1.98	2.30	2.65	3.10	3.60	4.10	4.80	5.60	6.40	7.35	8.40	9.40	10.50	11.70	13.00	14.10	15.40	-
0.70	1.70	1.88	2.12	2.48	2.87	3.30	3.78	4.30	4.88	5.60	6.50	7.40	8.50	9.50	10.50	11.70	12.85	14.00	15.20	-
0.80	1.82	2.00	2.32	2.70	3.08	3.50	3.92	4.50	5.10	5.75	6.60	7.50	8.60	9.50	10.60	11.75	12.80	14.00	15.10	-
0.90	1.95	2.20	2.54	2.90	3.30	3.70	4.20	4.75	5.30	6.00	6.75	7.70	8.70	9.65	10.75	11.80	12.90	14.00	15.00	16.00
1.00	2.11	2.40	2.75	3.10	3.50	3.91	4.40	5.00	5.60	6.20	7.00	7.90	8.80	9.75	10.80	11.90	12.95	14.00	15.00	16.00
1.10	2.30	2.55	2.92	3.30	3.72	4.20	4.70	5.25	5.80	6.55	7.20	8.15	9.00	9.90	10.95	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
1.20	2.40	2.75	3.12	3.50	3.90	4.35	4.85	5.50	6.05	6.70	7.50	8.30	9.20	10.00	11.02	12.10	13.10	14.00	15.00	16.00
1.30	2.65	2.90	3.30	3.70	4.20	4.65	5.20	5.70	6.30	7.00	7.70	8.55	9.35	10.20	11.20	12.25	13.20	14.00	15.00	16.00
1.40	2.70	3.10	3.50	3.90	4.35	4.85	5.35	5.85	6.50	7.25	8.00	8.70	9.50	10.40	11.40	12.40	13.25	14.05	15.00	16.00
1.50	2.85	3.15	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.20	6.80	7.50	8.20	8.85	9.70	10.55	11.50	12.50	13.30	14.05	15.02	16.00
1.60	2.95	3.40	3.80	4.25	4.75	5.20	5.75	6.30	7.00	7.65	8.40	9.00	9.80	10.80	11.75	12.60	13.40	14.20	15.10	16.00
1.70	3.10	3.55	4.00	4.50	4.90	5.40	5.95	6.50	7.20	7.80	8.50	9.20	10.00	10.85	11.85	12.75	13.45	14.20	15.10	16.00
1.80	3.25	3.70	4.20	4.65	5.10	5.60	6.10	6.75	7.40	8.00	8.65	9.35	10.10	11.00	11.90	12.80	13.50	14.20	15.10	16.00
1.90	3.43	3.86	4.30	4.75	5.20	5.70	6.30	6.90	7.50	8.10	8.70	9.50	10.20	11.00	12.00	12.82	13.55	14.20	15.10	16.00
2.00	3.60	4.00	4.50	4.90	5.35	5.80	6.40	7.10	7.70	8.30	8.90	9.60	10.40	11.10	12.00	12.85	13.60	14.30	15.10	16.00
2.10	3.60	4.17	4.65	5.05	5.50	6.00	6.60	7.20	7.82	8.45	9.00	9.75	10.50	11.20	12.10	12.90	13.70	14.35	15.10	16.00
2.20	3.75	4.25	4.72	5.20	5.60	6.10	6.70	7.35	8.00	8.55	9.15	9.85	10.60	11.30	12.10	12.90	13.70	14.40	15.15	16.00
2.30	3.85	4.35	4.80	5.25	5.70	6.22	6.80	7.40	8.10	8.65	9.30	9.90	10.70	11.40	12.20	12.95	13.70	14.40	15.20	16.00
2.40	3.95	4.40	4.90	5.35	5.80	6.30	6.90	7.50	8.20	8.80	9.40	10.00	10.80	11.50	12.25	13.00	13.75	14.45	15.20	16.00
2.50	4.00	4.50	4.95	5.40	5.85	6.40	6.95	7.55	8.25	8.85	9.50	10.05	10.85	11.55	12.30	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00
2.60	4.07	4.55	5.05	5.47	5.95	6.45	7.00	7.65	8.35	8.95	9.55	10.10	10.90	11.60	12.32	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00
2.70	4.10	4.60	5.10	5.53	6.00	6.50	7.05	7.70	8.40	9.00	9.60	10.15	10.92	11.63	12.35	13.00	13.80	14.60	15.25	16.00
2.80	4.15	4.62	5.15	5.56	6.05	6.55	7.08	7.73	8.45	9.05	9.65	10.20	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00
2.90	4.20	4.65	5.17	5.60	6.07	6.57	7.12	7.75	8.50	9.10	9.70	10.23	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00
3.00	4.22	4.67	5.20	5.65	6.12	6.60	7.15	7.80	8.55	9.12	9.70	10.23	10.95	11.65	12.35	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00

CIE117-1995のP4表4.1より抜粋

5-2 公式による計算例

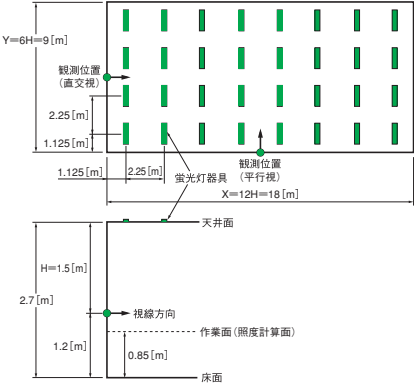
現実的な部屋および照明条件を想定して計算を行った例を(一社)日本照明工業会UGRガイドより引用紹介します(表4)。

数種類の照明器具に対して、計算を行った結果は表5のようになります。

表4 計算条件

部屋の大きさ	間口:x=18[m](x=12H) 奥行き:y=9[m](y=6H) 天井高さ:2.7[m] 視点から照明器具までの距離H=1.5[m] 作業面高さ:0.85[m](CIE 117-1995に準拠)
反射率	天井:0.7 壁:0.5 作業面(床):0.1 平均照度計算に最も一般的にとられる反射率の組合わせとする。
照明器具の配置	間口方向に8台、奥行き方向に4台 合計32台 器具間隔(S):2.25[m]の正方形配置 S/H=1.5 壁から器具中心までの距離:1.125[m]
観測条件	観測者の目の位置:間口および奥行き方向の壁中央に背中をつけた状態で器具と器具の間部で床上1.2[m] 視線は床に水平、直交視および平行視の二つ

出典:(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006



出典:(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006

表5 UGR計算結果まとめ

グループ	照明器具	UGR		平均維持照度[lx]
		直交視	平行視	
I	Hf32W×2灯用 パラボラーバ(OA1)	19~21	19~22	約 800
	Hf32W×2灯用 パラボラーバ(OA2+3)	18~21	18~22	約 800
II	Hf32W×2灯用 白色板状ルーバ	25~26	24	約 890
	FHP45W×4灯用 白色板状ルーバ	23~24	25	約1700
	FHP45W×4灯用 乳白パネル	25~27	25~27	約1100
	Hf32W×2灯用 下面開放形(A-A面のみ15°遮光)	24~25	26	約 970
III	Hf32W×2灯用 下面開放形(Cチャンネル回避形)	27	27	約1100
	Hf32W×2灯用 ランプ露出	31~33	27	約1070

出典:(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006

5-3 UGR限界値

ISO8995-1:2002には様々な施設および作業に対して、維持照度、演色性(Ra)とともにUGR限界値が規定されています。表6はそのオフィス規定値からの抜粋になります。表6のUGR値はその作業に対して許容される限界値になります。

表6 「オフィス」の規定値

22.事務所	照度	UGR _L	Ra
ファイリング、コピー、配布など	300	19	80
文書作成、タイプ、閲読、データ処理	500	19	80
製図	750	16	80
執務室	750	19	80
CADワークステーション	500	19	80
会議室、集会室	500	19	80
受付	300	22	80
文書保管	200	25	80

抜粋 ISO 8995-1:2002 「オフィス」の規定値

UGR目盛り範囲は13-16-19-22-25-28とされており、13が不快グレアを知覚しうる最小値、3増えるごとにグレア感がはっきりと増すとされています。

UGRの数値の意味はCIE117-1995でも、ISO8995-1:2002でも記述されていませんが、イギリスのグレアインデックス(GI)の段階を踏襲しているとされています(表7)。しかし、不快グレアの規定値は感

覚の問題であるため、人種、民族、気候風土、生活習慣などに関係すると考えられます。日本の研究では、表8のようにまとめられており、例えば、UGR19(GIとUGRが同じ意味をもつとする)が日本人のグレア感覚からすると25に相当しているとしています。このように見ると、ISO8995-1:2002のUGR限界値は非常に厳しい規定値であるといえます。

表7 UGR段階とグレア感

UGR	グレア感
28	ひどいと感じ始める
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

出典：日本工業規格 JIS Z9110:2010「照明基準総則」より抜粋

表8 日本人によるグレアインデックスとUGRの関係

グレアインデックス(GI)	日本人のグレア感覚	不快グレアの程度
31	38	ひどすぎる
28	35	ひどすぎると感じ始める
25	32	不快である
22	28	不快であると感じ始める
19	25	気になる
16	21	気になると感じ始める
13	18	感じられる

出典：(一社)日本照明工業会 UGRガイドより抜粋

6 輝度制限法によるグレア評価

これまで、不快グレアを防止する方法としてのUGRの説明をしてきましたが、ここでは輝度制限方法であるグレア分類について簡単に説明します。

表9 不快グレアの評価方法

評価値方法	照明施設からの不快グレアの大きさを数値で表す方法 例:UGR
輝度制限方法	定められた照明器具の取付け範囲におけるすべての照明器具の輝度をある値以下に制限する方法 例:照明器具のグレア分類

出典：(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006

不快グレアの程度を評価する方法として、表9のように評価値方法と輝度制限法があります。

UGRが照明を取付けた室の環境評価値であるのに対して、照明器具のグレア分類は、照明器具固有の特性値を示します。そのため、照明器具のグレア分類は、器具の取付け環境を配慮したグレアを評価するには至りませんが、照明器具の選定には効果的です。

JIS C 8106「施設用蛍光灯器具」にグレア分類が定められていますが、表10のように改定される予定

です。この改定内容は、既に国土交通省監修「建築設備設計基準 平成18年版」およびJIL5004「公共施設用照明器具 2007年版」で採用されています。改定により、V分類とG分類が照明器具の輝度制限値として統合され、照明器具の選定が行いやすくなります。

表10 照明器具のグレア分類と輝度の制限値

グレア分類	グレア制限の程度	輝度の制限値(cd/m ²)		
		鉛直角65°	鉛直角75°	鉛直角85°
V	VDT画面への映り込みを厳しく制限した照明器具	200	200	200
G0	不快グレアを厳しく制限した照明器具	3,000	2,000	2,000
G1a	不快グレアを十分に制限した照明器具	7,200	4,600	4,600
G1b	不快グレアをかなり制限した照明器具	15,000	7,300	7,300
G2	不快グレアをやや制限した照明器具	35,000	17,000	17,000
G3	不快グレアを制限しない照明器具	制限なし		

出典：日本工業規格 JIS C 8106:2015「施設用LED照明器具・施設用蛍光灯器具」より抜粋

7 照明器具のグレア分類とUGRの関係

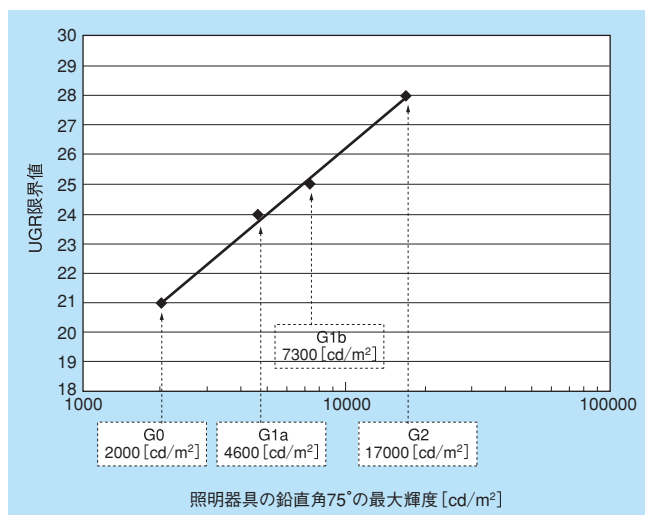
照明器具のグレア分類とUGRとの間には、直接的な関係はありません。しかし、UGRの計算は簡単なものではないことから、照明器具や部屋の条件を仮定して両者の関係を見出し、およそのUGRを推測できるようにしたものが図9です。図9は各グレア分類の代表的な器具の鉛直角75度の輝度制限値を横軸にとり、その器具を表4に示される計算条件で計算したUGR値を縦軸にプロットしたものです。このときのUGRは、きわめて限定された条件ではありますが、その照明器具を用いた空間のUGR限界値と見ることができます。これらの関係をUGRの値を四捨五入して示したものが表11になります。

なお、グレア分類G3は露出器具で、器具種類によって、UGR値も大きく異なります。またグレア分類Vに相当する器具でも、器具種類により配光の違いがあり、結果UGR値が大きくなります。そこで、G3およびVのグレア分類におけるUGR値の記載は省略されています。

表11 照明器具のグレア分類とUGR値

照明器具のグレア分類	UGR	
	S=1.5H	0.7/0.5/0.1 ランプ全光束9900[lm]
V	—	
G0	21	
G1a	24	
G1b	25	
G2	28	
G3	—	

出典：(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006



出典：(一社)日本照明工業会 UGRガイド ガイド131:2006

図9 照明器具のグレア分類とUGRの関係