JIER-060

ＣＩＥグレア評価法　ＵＧＲの研究調査委員会

報　告　書

1999年3月15日

社団法人　照明学会

目　次

1．　はじめに　(明石、岩田)　…1

1.1　本委員会の背景と目的

1.2　本委員会の構成と会議開催

2．　ＵＧＲについて　(井口、明石)　…4

2.1　ＵＧＲ式と歴史的背景

2.2　ＵＧＲ計算法

2.3　背景輝度算出法の違いによるＵＧＲへの影響

3．　ＵＧＲと主観評価との対応　(森川)　…11

3.1　実験条件について

3.2　各実験パターンのＵＧＲ計算値

3.3　不快グレア主観評価尺度について

3.4　被験者について

3.5　実験結果

3.6　その他の研究報告

4．　代表的器具の計算例　(魚住)　…19

4.1　計算条件

4.2　計算結果

4.3　ＵＧＲ値とＧ分類との関係

4.4　蛍光灯器具取付間隔とＵＧＲ値

4.5　結論

5．　結論・課題　(明石、岩田)　…26

付録　CIE Pub.117-1995邦訳　(栗原他)

[本文、Appendix A～C]

目　次

1.　はじめに　（田中　雅彦）　…1
1.1　本委員会の背景と目的
1.2　本委員会の構成と会議開催

2.　UDRについて　（井口　昭子）　…4
2.1　UDR式と感度の関係
2.2　UDR計算法
2.3　ヤラの経験値出来の違いによるUDRへの影響

3.　UDRと地震予知との関係　（森田　…11
3.1　実験条件について
3.2　各試験パターンのUDR結果
3.3　ロッキングしてUDR結果の関係について
3.4　所感等について
3.5　実験結果
3.6　その他の関連事項

4.　使用した器具の詳細説明　（森田）　…19
4.1　計測条件
4.2　計算結果
4.3　UDRに関するこれまでの成果
4.4　地殻ストレス変化と関連するUDR値
4.5　結論

5.　結論・課題　（田中，森田）　…25

付録　CIV Pb1.117-1807実験　（実所）
[本文，Appendix A～C]

１．はじめに

1.1.本委員会の背景と目的

CIEのテクニカルレポート(CIE117-1995)で屋内照明の不快グレア評価方法、いわゆる、Unified Glare Rating（以降、UGRと呼ぶ)が提示され、それがCIE/ISO屋内照明基準に採用されようとしている。しかし、このUGRには、本来最も重要であるはずの、不快グレアの評価との対応関係が十分には検討されないまま纏められたという経緯がある。そのため、UGRを実効的な不快グレア評価方法とし、我が国においても適用できるようにするために、まず、(1)UGRとUGRと実際の主観評価との対応関係、および、(2)UGRと既に国内で広く普及している照明器具のグレア(G)分類との対応関係を明らかにする必要がある。

このため、本委員会は、主として、上記(1)と(2)を明確にすることを目的として、光環境専門部会から要請された活動計画に基づいて、具体的には次の項目について推進した。

１）CIE117-1995を基に、計算処理方法の相違による計算結果の差異を明らかにしたうえで、UGRの推奨される計算方法を紹介する。

２）国内の実験データをもとに、UGRと不快グレアの評価との対応関係を調べ、UGRの数値の持つ意味を明らかにする。

３）国内で広く使われている照明器具のグレア(G)分類とUGRとの対応関係を明らかにする。

なお、光環境専門部会から、「グレアを除去した高品質照明によるエネルギー低減効果の評価方法を検討する」ことを要請されたが、この活動項目については、１年間の限られた活動期間の中では十分な検討ができないと考えられたので、本年度の活動目標からは外すことにした。

また、本委員会は、先のJCIE TC3-13国内技術委員会（期間：平成4～5年度、委員長：金谷末子)、JCIE TC3-21国内技術委員会（期間：平成6年度、委員長：金谷末子）の活動内容を一部継承するかたちで推進した。

1.2.　本委員会の本委員会の構成と会議開催について

１）本委員会の構成

委員長　明石行生　松下電器産業(株）研究本部 照明研究所
（期間：平成 10 年 4 月～12 月 7 日）

委員長　岩田利枝　厚生省 国立公衆衛生院（現、東海大学 工学部 建築学科）
（期間：平成 10 年 12 月 7 日～平成 11 年 3 月 31 日）

幹　事　井口雅行　松下電工(株）電機エンジニアリング企画綜合部

幹　事　森川宏之　東芝ライテック(株）研究所

委　員　岩田利枝　厚生省 国立公衆衛生院（現、東海大学 工学部 建築学科）
（期間：平成10年4月～12月7日）

委　員　魚住拓司　岩崎電気(株）技術部

委　員　刑部八郎　(株)日立GEﾗｲﾃｨﾝｸﾞ 営業本部営業推進部

（期間：平成10年4月～10月30日）

委　員　栗原 聡　　三菱電機照明(株) 特殊照明部LSC課

２）本委員会の開催

第１回会議

・日時：1998年５月15日(金)13：30～17：00

・場所：照明学会　第１会議室

・議事：

1. 本委員会の主旨説明
2. 各委員自己紹介
3. グレア評価技術の変遷とその背景についての説明
4. 各メーカー間のUGR計算方法の整合化への取り組みについて
5. 器具工業会におけるグレア分類に関する検討結果成果について
6. 不快グレアの主観評価実験について
7. 今後の活動計画に関する討議・意見等

第２回会議

・日時：1998年７月３日（金）13:30～17:00

・場所：照明学会　第２会議室

・議事：

1. UGR計算フローの把握と課題抽出
2. UGRとG分類との対応関係検討のための、標準計算条件の決定

第３回会議

・日時：1998年9月11日（金）13：30～17：00

・場所：照明学会　第２会議室

・議事：

1. 各社のUGR計算結果の照合と分析
2. CIE 117-1995　Appendix の内容（各種計算方法）の分析
3. 委員会報告書の構成案の検討

第４回会議

・日時：1998年10月30日（金）13:30～17:00

・場所：照明学会　第１会議室

・議事：

1. UGR計算値の検討（部屋の大きさとUGR値の関係、G分類とUGR値の関係）
2. CIE Pub.117-1995の内容検討

3．委員会報告書の構成の検討

第５回会議

・日時：1998年12月7日(月)13：30～17：00

・場所：照明学会　第２会議室

・議題：

1．背景輝度の簡易計算法の精度について

2．報告書の具体的内容について

第６回会議

・日時：1999年2月16日(火)13：30～17：00

・場所：照明学会　第２会議室

・議題：

1．報告書の内容の検討

2．今後の日程

2. UGRについて

2.1　歴史的背景

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ある。直接、UGRが継承したのは、CIE Pub.No.55(1983)[1]で提案され、CIE Pub.29/2(1986)[2]の「屋内照明ガイド」にも掲載されている、CIEグレアインデックス（以降、CGIと呼ぶ）である。さらに、そのCGIの前身は、1967年に英IESで採用されたグレアインデックス[3]（以降、BGIと呼ぶ）に遡る。これらのグレアインデックスは、いずれも、(2.1)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(adaptation)とグレア光源となる照明器具に関わる関数：f(luminaire)との積を対数変換することにより求められる。複数の照明器具が設置された照明施設の場合、各照明器具のf(luminaire)を加算した後、f(adaptation)との積を対数変換する。BGI式、CGI式、UGR式をそれぞれ(2.2)式、(2.3)式、(2.4)式に示す。

$$GI=a\cdot\log_{10}(f(adaptation)\cdot\Sigma f(luminaire)) \qquad (2.1)式$$

$$BGI=10\log_{10}\frac{0.45}{Lb}\Sigma\frac{L^{1.6}\omega^{0.8}}{p^{1.6}} \qquad (2.2)式$$

$$CGI=8\log_{10}2\left(\frac{1+Ed/500}{Ed+Ei}\right)\Sigma\frac{L^2\omega}{p^2} \qquad (2.3)式$$

$$UGR=8\log_{10}\frac{0.25}{Lb}\Sigma\frac{L^2\omega}{p^2} \qquad (2.4)式$$

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
Lb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
Ed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]
Eiは、観察者の目の位置での間接成分の円直面照度[lx]

このうち、(2.2)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。(2.3)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る。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(2.4)式のUGRに採用された。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（$L^2\cdot\omega/p^2$の部分）の加法・減法を行う上での矛盾がなくなっている。

2.2　UGR計算法

2.2.1　計算式

ＵＧＲの値は、上述したとおり、（2.4）式で与えられる（図２－１参照）。

$$UGR = 8\log\left[\frac{0.25}{L_b}\cdot\sum\frac{L^2\omega}{p^2}\right] \qquad (2.4)式$$

L_b：背景輝度（cd/m²）
L：観測者の目の位置から見た照明器具発光部の輝度（cd/m²）
ω：観測者の目の位置から見た照明器具発光部の立体角（sr）
p：各照明器具における Guth のポジションインデックス
（各照明器具の視線からの変位）

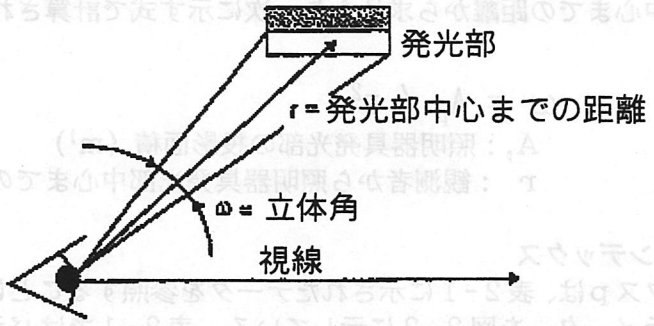


図２－１　観測者から見た照明器具の輝度 L、立体角 ω、照明器具発光部中心までの距離 r

２．２．２ 背景輝度

背景輝度L_bは、グレア対象の光源を除いた視野内における、観測者の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る。

$$L_b = E_i/\pi \qquad (2.5)式$$

E_i：観測者の目の位置での間接照度（lx）

背景輝度L_bは、通常このE_iから計算される。このE_iを求める方法としては、空間での光の分布をもとにコンピューター計算するものと、壁面における間接光の照明率をもとにして計算するもの（イギリスの CIBSE TM10[4] 参照）とがある。これらの計算は、壁面の平均間接照度が観測者の目の位置での間接照度とほぼ等しいという仮定のもとで行なわれている。この仮定は照明器具を均等に格子配置した全般照明の場合によく成り立つ。

また、上述のものと多少異なるアプローチとしては、部屋の内装面の輝度をコンピュターで計算するという方法がある。観測者の目の位置での間接照度は、壁面を一つの発光体として考えた場合の照度を計算することによって得られる。この方法は、最初に述べたものよりも幾分精度は良いが、部屋の内装面が均一に照明されている、という仮定に依然としてもとづいていることに変わりはない。

E_iを求める最も一般的な方法としては、部屋の内装面を小さな区画に分割する方法があげられる。それぞれの小区画毎の輝度は、照明器具からの直射照度と小区画間の相互反射

を計算することによって得られる。そして最終的に、観測者の視野内に入る全ての小区画の輝度によって生じる、観測者の目の位置での照度が求められる。

ここで、背景輝度L_bの誤差に対するＵＧＲの変動が比較的少ない、ということが分かっている。例えば、L_bの誤差が+33%の場合、ＵＧＲの数値に換算した誤差は-1 となる。

２．２．３ 照明器具の輝度

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から求められる。

$$L = I / A_p \qquad (2.6)式$$

２．２．４ 観測者の目における立体角

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る。

$$\omega = A_p / r^2 \qquad (2.7)式$$

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）

２．２．５ 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２-１に示されたデータを参照することによって得られる。この表におけるパラメーターを図２-２に示している。表２-１ではパラメーターとしてＴ/Ｒ、Ｈ/Ｒの値を用いているが、これは観測者を基準とした（R,T,H）座標系にもとづいている。この（R,T,H）座標系では、視線が水平であるという仮定のもとで、Ｒは観測者の目との距離を視線上に投影したものであり、Ｔは視線からの水平方向の変位であり、そしてＨは観測者の目からの高さ（視線からの鉛直方向の変位）である。ここで、各座標値は照明器具の中心に対するものである。

表2-1　ポジションインデックス表

T/R \ H/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	1.53	1.90	2.35	2.85	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	1.48	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	1.60	1.80	2.20	2.66	3.18	3.88	4.60	5.50	6.50	7.60	8.75	8.85	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	5.45	7.40	8.40	9.50	10.65	12.10	13.70	15.00	-	-
0.40	1.22	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	7.35	8.30	8.40	10.50	11.75	13.00	14.40	15.70	-
0.60	1.55	1.72	1.98	2.30	2.68	3.10	3.60	4.10	4.80	5.50	6.40	7.35	8.40	8.40	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	12.95	14.00	15.20	-
0.80	1.82	2.00	2.32	2.70	3.09	3.50	3.92	4.50	5.10	5.75	6.60	7.60	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	5.10	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	2.55	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	5.95	6.60	7.25	8.00	8.70	9.60	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	7.95	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	3.88	4.30	4.75	5.20	5.70	6.30	6.90	7.50	8.17	8.80	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	8.20	8.90	9.60	10.40	11.10	12.00	12.85	13.60	14.30	15.10	16.00
2.10	3.80	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	12.33	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	10.16	10.92	11.63	12.36	13.00	13.80	14.50	15.25	16.00
2.80	4.15	4.62	5.15	5.55	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

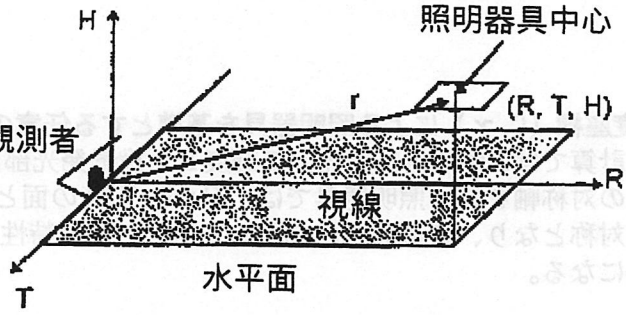


図2-2　ポジションインデックスにおける観測者を基準にした（R,T,H）座標系
パラメーターH/R、T/Rは照明器具の中心に対する値

図2-2に示した（R,T,H）座標系は、照明器具の輝度及び立体角の項の計算にも使用される。各照明器具の位置座標がこの座標系をもとにしていることはもちろんのこと、さら

に、観測者から見た照明器具の向きに関する情報もこの座標系から得られる。

２つの対称軸を持つ照明器具（図２-３参照）の場合に、観測者の視線に対して、長軸が垂直あるいは平行になるように配置したとすると、角度座標（C,γ）が次の式から求められる。

$$C = \arctan(T/R) \quad \text{視線に対して長軸が垂直な場合} \qquad (2.8)式$$

$$C = 90^\circ - \arctan(T/R) \quad \text{視線に対して長軸が平行な場合} \qquad (2.9)式$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{\sqrt{R^2+T^2}}{H}\right) \qquad (2.10)式$$

また、距離の２乗 r^2 は次式で得られる。

$$r^2 = R^2 + T^2 + H^2 \qquad (2.11)式$$

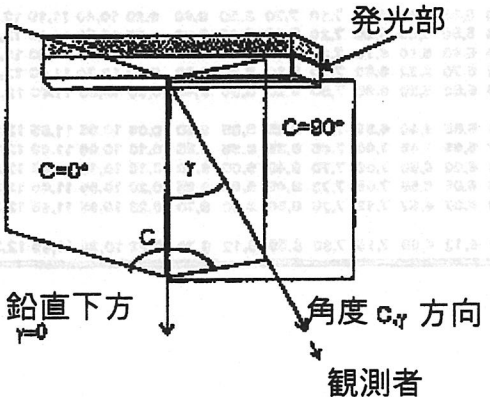


図２-３　角度座標（C,γ）による照明器具を基準とする任意の方向の表現
ＵＧＲの計算では、照明器具発光部の輝度Ｌと投影発光部面積 Ap が必要となる。この２つの対称軸を持つ照明器具では、Ｃ＝0／180 の面とＣ＝90／270 の面について対称となり、この面を中心として器具の配光特性及び光の形状が左右対称になる。

ここで留意すべきことは、ポジションインデックスの値が、パラメーターＴ/Ｒの正負について対称となるため、表２-１ではこのパラメーターの負の値については記述していないということである。表ではＴ/Ｒの絶対値を表示している。

また、Ｔ/Ｒの値が表２-１にある０から３までの値以上となる照明器具については、無視することにする。さらに、この表ではＨ/Ｒの大きい値のいくつかの部分が空欄になっている。これらは、観測者の視線が眉や額で遮られることによって、視界から外れる部分に対応しているため、この部分の照明器具はＵＧＲの計算では考慮しない。

２.２.６ UGR 計算式の特徴

このＵＧＲ計算式からグレアの評価値が求められる。この評価値は、光源を含んだ視環

境における観測者の不快感を、客観的に評価するための心理的なパラメーターとして位置付けられるものである。

グレア評価値の尺度は間隔尺度となり、この尺度上での各数値間の差異は、心理的なパラメーターとして、その２者の違いが認知できる程度の差異であることを表している。このような間隔尺度では、尺度上の各数値間の差異のみに意味があり、尺度上の最低の値としては、任意の数値をとることができる。また、その値を変更しても尺度の妥当性に影響はない。

イギリスのグレアインデックス法で約30年もの間採用されてきたグレア尺度については、その有効性が確認されている。このグレア尺度上の数値の差で、１は検知できる差異として最小のものであり、３はグレア基準として採用し得るだけの差異である。ＵＧＲの尺度は、このイギリスのグレアインデックスの尺度の範囲をカバーするように決められている。実用的な範囲としては、10から30までの値であり、ほとんどの照明設備はこの範囲の値をとる。ここで、ＵＧＲが高い値をとる場合は、重度の不快グレアが生じることを示し、一方低い値の場合は、不快グレアの生じる可能性がほとんどないことを示している。また、ＵＧＲが10以下の照明設備では、不快グレアは生じないと考えることができ、このことを「ＵＧＲ＜10」という国際的に共通する標記で表すことが可能である。

２．２．７ ＵＧＲ計算式についての制限

ＵＧＲ法に使うデータの範囲には制限があり、観測者の目からみた光源の立体角が最大で0.1(sr)のものまでである（これは約3mの距離で1m角の照明器具を見た場合にあたる）。一方、非常に小さい光源の場合の不快グレアは、輝度よりもむしろ光度によって決まる。そのため、ＵＧＲ法は0.0003(sr)より小さい光源に対しては適用できない（これは約10mの距離から白熱灯のダウンライトを見た場合にあたる）。

２．３ 背景輝度算出法の違いによるUGRへの影響

２．２．２で述べたとおり、背景輝度の算出方法には大きく分けて次の２種類の方法がある。

［壁面の照明率にもとづく方法］

壁面の照明率を用いて壁面の平均照度Ｅを求め、さらに壁面に入る器具からの直射光束から壁面の直射照度Ｅｄを求める。Ｅ－Ｅｄより壁面の間接照度Ｅｉを求め、これを視点の間接照度に等しいと仮定し、Ｅｉ／πで背景輝度Ｌｂを算出する方法。

［部屋の内装面を２次光源とする方法］

部屋の天井、壁、床の各面に入射する初期光束を算出し、その結果から各面の相互反射を計算し、最終的な各面の照度を求める。これによる各面の光束発散度から、室内の任意の点における任意の方向の照度を求めることができ、これより視点の位置での間接照度Ｅｉを求め、Ｅｉ／πで背景輝度Ｌｂを算出する方法。

以上の背景輝度算出方法の違いによるUGRへの影響がどの程度あるのかを、以下のような条件を設定して検討した。

○照明器具条件

器具配光データ：ＢＺ-3（グレアカットの器具に対応）
　　ＢＺ-5（拡散性配光の器具に対応）
光源の光束　　：9000 lm
器具効率　　：70％（器具効率100％のＢＺ配光を実際の器具に見立てて）

発光部面積　　：0.3 ㎡
保守率　　：1.0

○部屋条件
天井高さ　　：3.2m
間口×奥行　　：12m×12m
内装反射率　　：天井 70%、壁 50%、床 20%
器具取付間隔　　：2.0m（壁から最初の器具までの距離 1.0m、設置台数 36 台）

○観測条件
観測者は、部屋の間口方向のひとつの壁の中央に座り、反対側の壁を正視しているものとする。
また、このときの視線方向は、照明器具の管軸に対して垂直となる方向とする。
床から観測者の目までの高さ：1.2m

［計算結果］
２種類の背景輝度算出方法の違いによる背景輝度の差は、
ＢＺ-３で 2 (cd/m²)、
ＢＺ-５で 4 (cd/m²)
となり、この背景輝度の差によるＵＧＲの計算結果の差は 0.1 程度である。
以上のように、標準的な計算条件においては、背景輝度算出方法の違いはＵＧＲにはほとんど影響しないといえる。

参考文献

1）CIE：Discomfort Glare in Interior Working Environment, Pub. No.55 (1983)
2）CIE：Guide on Interior Lighting, Pub. No.29.2(1986)
3）IES：Evaluation of Discomfort Glare - The IES Glare Index System for Artificial Lighting Installations, Technical Report No.10(1967)
4）CIBSE：The Calculation of Glare Indices, Technical Memorandum No.10(1985)
5）CIE：Discomfort Glare in Interior Lighting, Technical Report No.117(1995)

３　ＵＧＲと主観評価との対応

国内の実験データをもとに、UGRと不快グレアの評価との対応関係を調べ、UGRの数値の持つ意味を明らかにする。

ここでは、国内の実験データの一例を示す。

実験は、UGR と不快グレア主観評価との対応関係について調べたものである。

設定した照明空間の UGR を予め計算しておき、複数の被験者によって照明器具の不快グレアの主観を調べ、両者の関係を検討した。

３．１　実験条件について

３．１．１　実験室について

実験に用いた部屋の概要を図３－１に示す。

実験室のサイズは、間口、奥行き、天井高がそれぞれ 4.8[m]、7.0[m]、2.6[m]とし、室内内装面の反射率は天井 80[%]、壁面 65[%]、床面 28[%]とした。

照明器具は、数種類のグレア設定用照明器具と背景輝度設定用照明器具の 2 種類を用いた。グレア設定用照明器具は天井に均等配列（2×4）した。背景輝度設定用照明器具は壁面が均等に明るくなるように、天井に７台、床上に９台設置した。

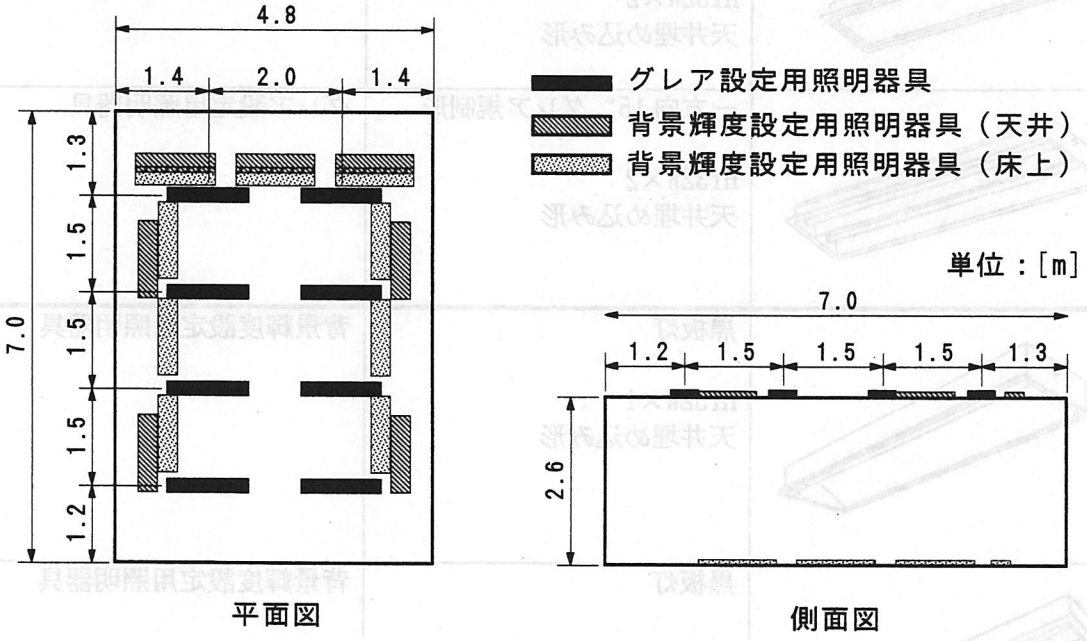


図３－１　実験室の概要

３．１．２　照明器具について

照明器具は、表３－１に示す調光可能な高周波点灯器具を用いた。

グレア設定用照明器具には、VDT 対応グレア規制形（V1)、VDT 対応グレア規制形（V3)、乳白カバー、一方向 15° グレア規制形を用いてグレアを十分規制したものからあまり規制

してないものの 4 タイプを設定し、背景輝度用照明器具は 2 種の黒板灯を用いて背景を均一に明るくするために、埋め込み形器具を天井、直付け形器具を床上に設置し、上下から壁面を照射した。

表３－１　照明器具

姿図	照明器具のタイプ	適用
	VDT 対応グレア規制形（V1） Hf32W×2 天井埋め込み形	グレア設定用照明器具
	VDT 対応グレア規制形（V3） Hf32W×2 天井埋め込み形	グレア設定用照明器具
	乳白カバー Hf32W×2 天井埋め込み形	グレア設定用照明器具
	一方向 15°グレア規制形 Hf32W×2 天井埋め込み形	グレア設定用照明器具
	黒板灯 Hf32W×1 天井埋め込み形	背景輝度設定用照明器具
	黒板灯 Hf32W×1 直付け形	背景輝度設定用照明器具

３．１．３　照明パターンについて

グレア設定用照明器具および背景輝度設定用照明器具は、表３－２に示す 3 種類の照明パターンで点灯し、光源輝度および背景輝度を変化させた。

表３－２　照明パターン

パターン番号	照明器具	点灯状態	点灯状態
1	グレア設定用照明器具	○	70%
	背景輝度設定用照明器具	×	－
2	グレア設定用照明器具	○	100%
	背景輝度設定用照明器具	×	－
3	グレア設定用照明器具	○	70%
	背景輝度設定用照明器具	○	100%

３．１．４　観測条件について

不快グレアの観測位置は図３－２に示す観測点A、Bの２カ所とした。

CIE が定める UGR の標準観測位置は、室内壁面の中央近傍・床上 1.2[m]の位置である。この観測位置は、照明器具の設置状況によって、器具と器具の間、器具の正面の場合があり得る。

そこで、観測点Aを器具と器具の間の位置とし、B点を器具の正面の位置とした。

また、各観測点から“正面 PA または PB”、“部屋の隅 P1”、“側面中央 P2”の３方向の注視点を設けた。

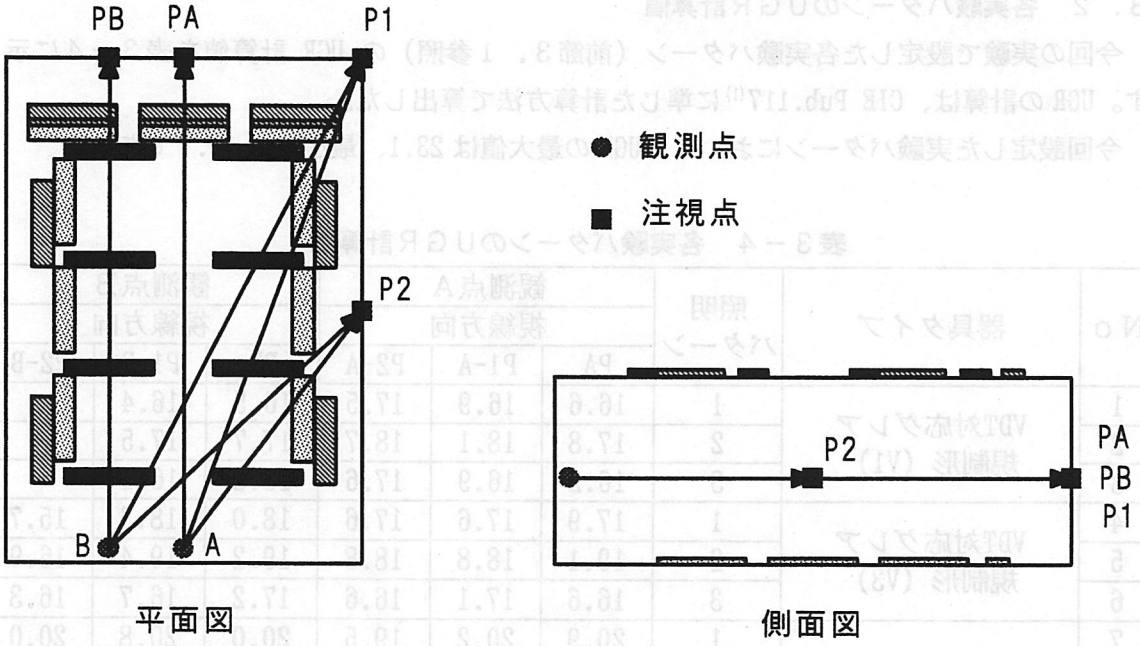


図３－２　観測点および観測方向

３．１．５　実験パターンのまとめ

全実験パターンのまとめを表３－３に示す。

実験パターンは、照明器具４タイプ、照明パターン３種類、観測位置２カ所、観測方向３方向の全 72 パターンである。

表３－３　実験パターンのまとめ

要素	内容			パターン数
照明器具	VDT 対応グレア規制形（V1）			4
	VDT 対応グレア規制形（V3）			
	乳白カバー			
	一方向グレア規制形			
照明パターン	グレア設定用照明器具 背景輝度設定用照明器具	○ ×	70% －	3
	グレア設定用照明器具 背景輝度設定用照明器具	○ ×	100% －	
	グレア設定用照明器具 背景輝度設定用照明器具	○ ○	70% 100%	
観測位置	観測点 A			2
	観測点 B			
観測方向	正面　PA、PB			3
	部屋の隅　P1-A、P1-B			
	壁面中央　P2-A、P2-B			
合計				72

３．２　各実験パターンのＵＧＲ計算値

今回の実験で設定した各実験パターン（前節３．１参照）の UGR 計算値を表３－４に示す。UGR の計算は、CIE Pub.117[1] に準じた計算方法で算出した。

今回設定した実験パターンにおいて、UGR の最大値は 23.1、最小値は 15.7 である。

表３－４　各実験パターンのＵＧＲ計算値

Ｎｏ	器具タイプ	照明パターン	観測点Ａ 視線方向 PA	観測点Ａ 視線方向 P1-A	観測点Ａ 視線方向 P2-A	観測点Ｂ 視線方向 PB	観測点Ｂ 視線方向 P1-B	観測点Ｂ 視線方向 P2-B
1	VDT対応グレア規制形（V1）	1	16.6	16.9	17.5	16.5	16.4	-
2		2	17.8	18.1	18.7	17.7	17.5	-
3		3	16.2	16.9	17.6	16.8	16.1	-
4	VDT対応グレア規制形（V3）	1	17.9	17.6	17.6	18.0	18.3	15.7
5		2	19.1	18.8	18.8	19.2	19.4	16.9
6		3	16.6	17.1	16.6	17.2	16.7	16.3
7	乳白カバー	1	20.9	20.2	19.5	20.0	20.8	20.0
8		2	22.1	21.4	20.7	21.2	22.0	21.2
9		3	18.0	18.1	18.2	18.0	18.0	17.8
10	一方向15°グレア規制形	1	21.9	21.3	20.9	20.8	21.9	21.4
11		2	23.0	22.5	22.1	22.0	23.1	22.5
12		3	19.4	19.2	19.2	18.9	19.4	19.1

※No.1,2,3（VDT 対応グレア規制形 V1、観測位置 B、観測方向 P2-B）は、UGR 計算不能のため、実験結果なし。

３．３　不快グレア主観評価の評価尺度について

UGR の値は既存のグレアインデックス方式（BGI、CGI など）の値と同等となるように構成され、１つの評価カテゴリはグレアインデックスでは３ユニット毎に分けられている。

日本においては、過去に松田らによって日本人と欧米人の感じ方や表現について評価カテゴリの対応に関する研究を行った[2]。

本実験では、松田らの研究成果を参考に、表３－５の評価カテゴリで実験を行った。

表３－５　不快グレアの評価尺度

グレア インデックス	不快グレアの主観評価
31	ひどすぎる
28	
25	不快である
22	
19	気になる
16	
13	感じられる
10	
7	感じない

３．４　被験者について

被験者は表３－６に示す総勢 28 名である。

性別では男性 22 名、女性 6 名、年齢では 20 代 14、30 代 12 名、40 代 2 名、眼鏡の有無では有 12 名、無 16 名という被験者層である。

表３－６　被験者について

分類		人数	
性別	男	22	28
	女	6	
年齢	20 代	14	28
	30 代	12	
	40 代	2	
眼鏡	有	12	28
	無	16	

３．５　実験結果

実験結果を図３－３に示す。横軸を主観評価、縦軸を UGR 計算によるグレアインデックスで示し、両者の関係を表したものである。

実験の結果、UGR と主観評価の相関は高い（相関係数：0.89）。UGR と主観評価を比較すると、常に UGR の方が高いという結果が得られた。この実験では、UGR と主観評価の差は、平均で 5.1 程度 UGR の方が高いという結果が得られている。

また、UGR と主観評価の関係を直線回帰すると式のようになる。

$$y = 1.1842x + 2.4818$$ 式３－１

y：UGR によるグレアインデックス

x：主観評価によるグレアインデックス

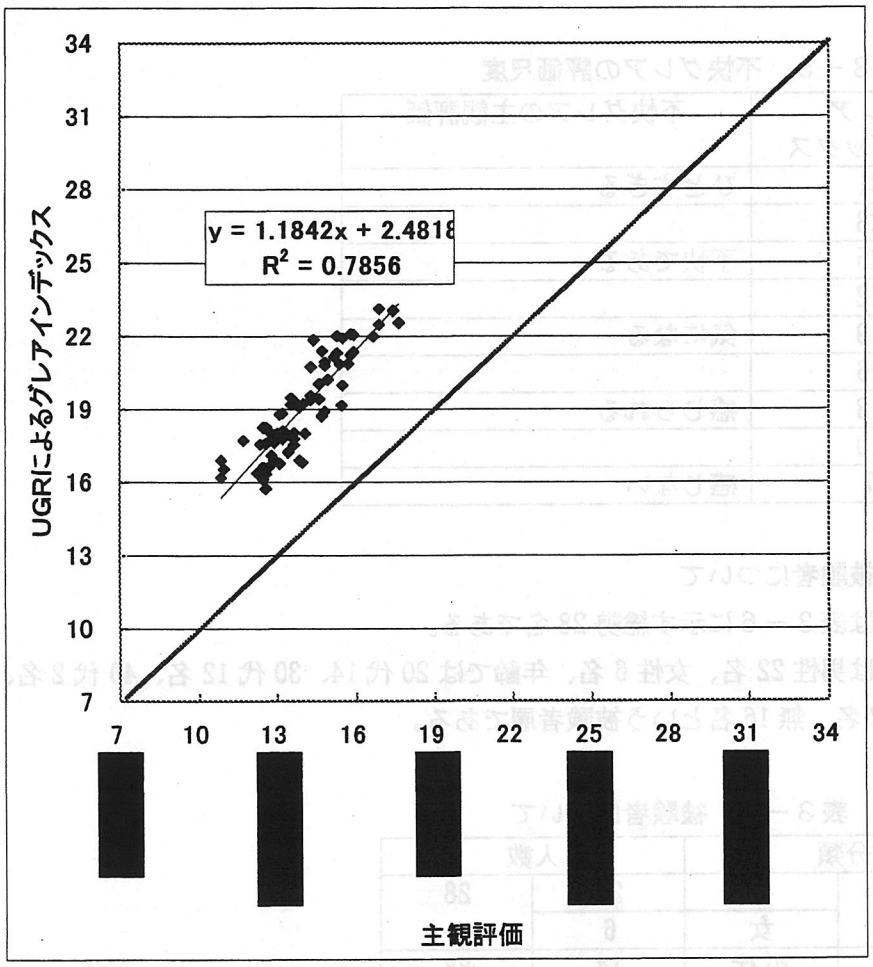


図３－３　ＵＧＲと主観評価の対応関係

以上の実験結果から UGR が持つ値の意味をまとめると、表３－７のようになる。例えば、不快グレアが“不快である”と感じるのは UGR で 32.1、“気になる”と感じるのは UGR で 25.0 である。

ただし、表３－７はこの実験に限る結果であり、かつ、実験された UGR15～23 の範囲だけに意味がある。

表３－７　ＵＧＲ計算値の持つ意味

主観評価		UGR 計算値
グレアインデックス	不快グレアの程度	
31	ひどすぎる	(39.2)
28	ひどすぎると感じ始める	(35.6)
25	不快である	(32.1)
22	不快であると感じ始める	(28.5)
19	気になる	(25.0)
16	気になると感じ始める	21.4
13	感じられる	17.9
10	感じ始める	14.3
7	感じない	(10.8)

※（）の数値は実験条件外のデータ

３．６　その他の研究報告

国内において UGR と不快グレア主観評価に関する研究報告の主なものは、森川らの研究[3]と明石らの研究[4]の２件があった。前述の３．１から３．４は、森川らによる研究報告の内容である。

ここで、明石らの研究報告について、UGR と不快グレア主観評価との対応関係を表３－８に簡単に記述する。

表３－８　明石らの研究報告

実験番号	実験結果
1	実験室サイズ　5.4m×14.2m×2.4m 実験室反射率　80%、60%、20% 照明器具　21 台　3 タイプ（CIE グレアセイフガードシステム　a、b、c） 被験者数　6 名（男性 3 名、女性 3 名：専門家 6 名）
	$y = 0.98x + 3.76$ y：計算により求めたＵＧＲのグレアインデックス x：主観評価により得られたグレアインデックスの平均値
2	実験室サイズ　5m×5m×2.5m 実験室反射率　85%、43%、20% 照明器具　10 台　6 タイプ(CIE グレアセイフガードシステム　a、b、c、b、d、e) 被験者数　61 名（男性 47 名、女性 14 名：専門家 5 名、非専門家 56 名）
	$y = 1.43x + 1.77$ y：計算により求めたＵＧＲのグレアインデックス x：主観評価により得られたグレアインデックスの平均値
3	実験室、照明器具など　11 条件。 被験者数　11 名（男性 10 名、女性 1 名：専門家 11 名）
	$y = 1.03x + 2.33$ y：計算により求めたＵＧＲのグレアインデックス x：主観評価により得られたグレアインデックスの平均値

表３－９は、森川らおよび明石らの研究報告についてUGR計算値の持つ意味をまとめたものである。

表３－９　ＵＧＲ計算値の持つ意味

主観評価		UGR計算値			
ｸﾞﾚｱ ｲﾝﾃﾞｯｸｽ	不快グレアの程度	森川らの研究	明石らの研究		
			実験１	実験２	実験３
31	ひどすぎる	(39.2)	(34.1)	(46.1)	(34.3)
28	ひどすぎると感じ始める	(35.6)	(31.2)	(41.8)	31.2
25	不快である	(32.1)	(28.3)	(37.5)	28.1
22	不快であると感じ始める	(28.5)	(25.3)	(33.2)	25.0
19	気になる	(25.0)	22.4	(28.9)	21.9
16	気になると感じ始める	21.4	19.4	24.7	18.8
13	感じられる	17.9	16.5	20.4	15.7
10	感じ始める	14.3	(13.6)	16.1	(12.6)
7	感じない	(10.8)	(10.6)	(11.8)	(9.5)

※（）の数値は実験条件外のデータ

参考文献

(1)　CIE TECHNICAL REPORT DISCOMFORT GLARE IN INTERIOR LIGHTING CIE 117-1995　(1995)

(2)　松田、洞口、吉川：照学誌　53-2　pp.15-19　(1969)

(3)　森川、高橋、一条：照学全大　p.142　(1998)

(4)　明石、村松、金谷：照学誌　78-10　pp.22-32　(1994)

４．代表的器具の計算例

メーカー3社の代表的蛍光灯器具のUGR値を計算し、次の４点を明らかにした。

①部屋の大きさとUGRの関係(図４－１)
②蛍光灯器具の種類とUGR値の関係(図４－２)
③UGR値とG分類の関係(表４－２)
④蛍光灯器具の取付間隔とUGR値の関係(表４－３)

計算条件を４．１、代表的器具の種類を４．１．１、計算結果を表４－１に示す。

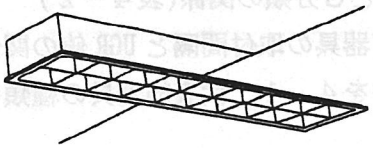
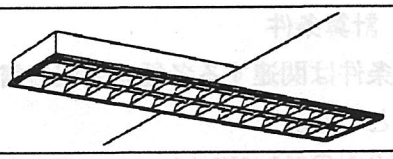
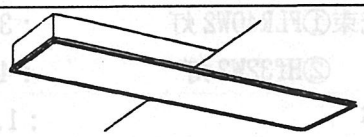
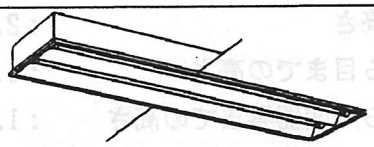
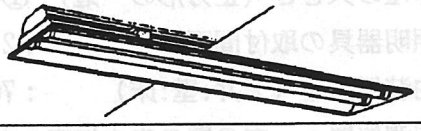
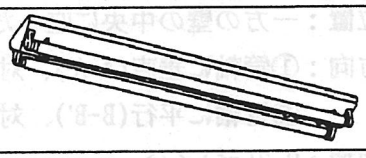
４．１ 計算条件

計算条件は関連する各種研究報告書や日本の部屋の天井高さに合わせた。計算結果は3社平均とした。

光源光束①FLR40W2灯　：3000(lm)×2
　　②Hf32W2灯　：4500(lm)×2
保守率　：1.0(初期値)
天井高さ　：2.7(m)
床から目までの高さ　：1.2(m)
目から照明器具までの高さ　：1.5(m)　(=H)
部屋の大きさ（正方形の一辺）：①4H、②8H、③12H
照明器具の取付間隔　：2.0(m)
内装反射率（天井:壁:床）　：70%:50%:20%
観測位置：一方の壁の中央に座った状態
視線方向：①管軸に垂直(A-A')、対面する壁を正視
　　②管軸に平行(B-B')、対面する壁を正視
発光面積：0.3(㎡)／台

４．１．１ 代表的蛍光灯器具

器具は配光別に以下の８種類とし、それぞれ FLR、Hf の２種類の光源に対応した器具を選択した。なお器具は⑧以外埋め込み形とする。

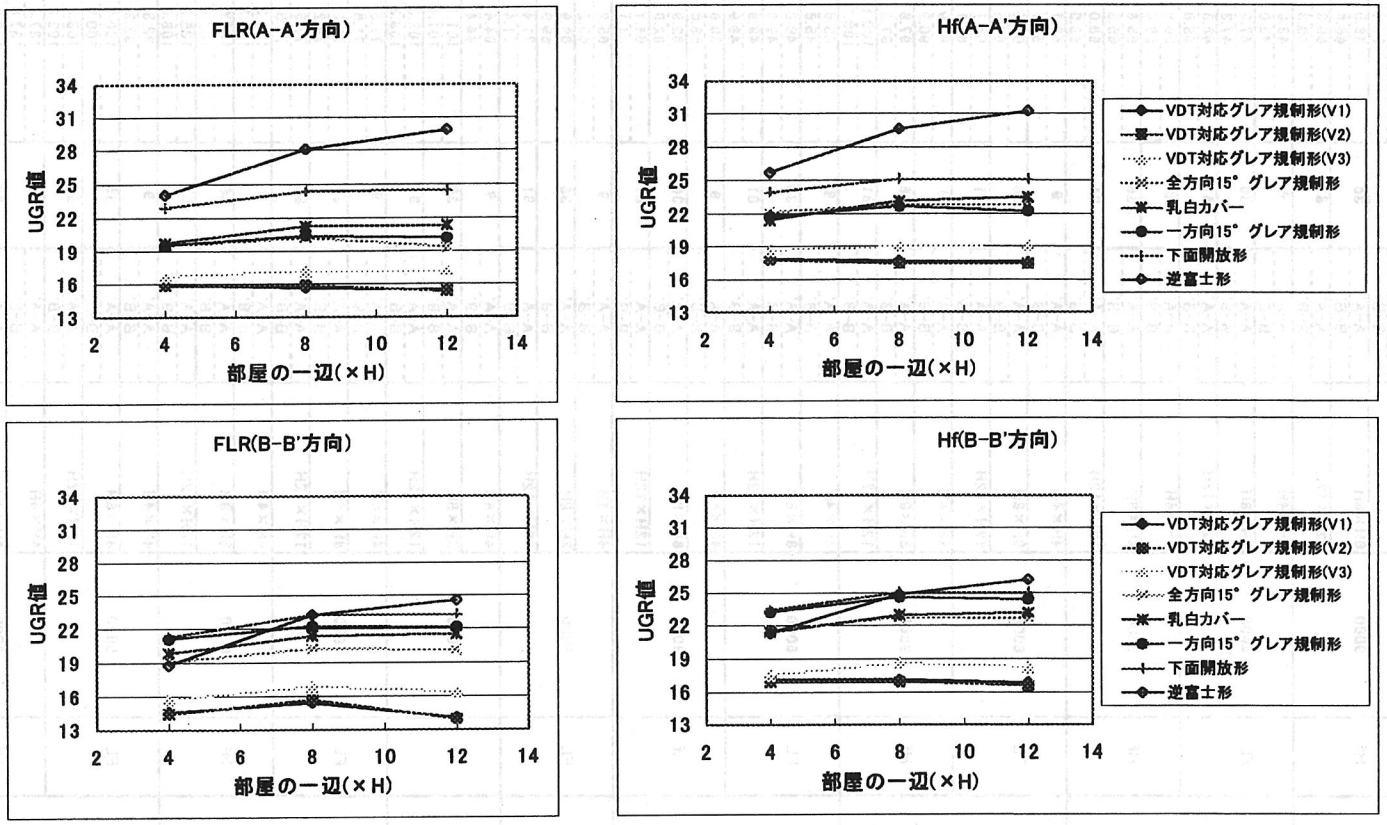
器具の種類	器具の形状
①VDT 対応グレア規制形(V1) ②VDT 対応グレア規制形(V2) ③VDT 対応グレア規制形(V3)	
④全方向 15° グレア規制形	
⑤乳白カバー	
⑥一方向 15° グレア規制形	
⑦下面開放形	
⑧逆富士形	

４．２　計算結果

表４－１　計算結果(3 社平均)

器具タイプ	G分類	FL／Hf	ランプ光束(lm)	間口×奥行(m)	器具方向	器具台数	平均	
							背景の輝度(cd/m)	UGR値
VDT対応グレア規制(V1)形	G0	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	42.4	15.9
					B-B'		42.4	14.6
				8H×8H	A-A'	36	47.2	15.6
					B-B'		47.2	15.4
				12H×12H	A-A'	81	49.1	15.4
					B-B'		49.1	14.1
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	62.4	17.9
					B-B'		62.4	17.2
				8H×8H	A-A'	36	69.7	17.6
					B-B'		69.7	17.1
				12H×12H	A-A'	81	72.5	17.6
					B-B'		72.5	16.9
VDT対応グレア規制(V2)形	G0	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	44.2	15.8
					B-B'		44.2	14.4
				8H×8H	A-A'	36	48.9	15.9
					B-B'		48.9	15.6
				12H×12H	A-A'	81	50.8	15.3
					B-B'		50.8	13.9
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	59.6	17.8
					B-B'		59.6	16.9
				8H×8H	A-A'	36	66.5	17.4
					B-B'		66.6	16.9
				12H×12H	A-A'	81	69.3	17.4
					B-B'		69.3	16.6
VDT対応グレア規制(V3)形	G0	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	43.0	16.6
					B-B'		43.0	15.7
				8H×8H	A-A'	36	47.3	17.2
					B-B'		47.3	16.8
				12H×12H	A-A'	81	48.8	17.2
					B-B'		48.8	16.4
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	59.8	18.6
					B-B'		59.8	17.5
				8H×8H	A-A'	36	65.8	19.0
					B-B'		65.8	18.6
				12H×12H	A-A'	81	68.0	19.1
					B-B'		68.0	18.2
全方向15°グレア規制形	G1a	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	59.7	19.4
					B-B'		59.7	19.0
				8H×8H	A-A'	36	64.5	20.2
					B-B'		64.5	20.2
				12H×12H	A-A'	81	66.1	19.3
					B-B'		66.1	20.1
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	90.9	22.1
					B-B'		90.9	21.6
				8H×8H	A-A'	36	97.8	22.8
					B-B'		97.8	22.7
				12H×12H	A-A'	81	100.1	22.7
					B-B'		100.1	22.6
乳白カバー	G1a	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	45.6	19.7
					B-B'		45.6	19.8
				8H×8H	A-A'	36	49.0	21.2
					B-B'		49.0	21.4
				12H×12H	A-A'	81	49.9	21.3
					B-B'		49.9	21.5
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	58.6	21.4
					B-B'		58.6	21.4
				8H×8H	A-A'	36	62.9	23.1
					B-B'		62.9	22.9
				12H×12H	A-A'	81	64.1	23.5
					B-B'		64.1	23.2
一方向15°グレア規制形	G1a	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	65.2	19.5
					B-B'		65.2	21.1
				8H×8H	A-A'	36	69.9	20.3
					B-B'		69.9	22.2
				12H×12H	A-A'	81	71.4	20.2
					B-B'		71.4	22.1
	G1b	Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	94.4	21.7
					B-B'		94.4	23.2
				8H×8H	A-A'	36	101.1	22.6
					B-B'		101.1	24.6
				12H×12H	A-A'	81	103.3	22.2
					B-B'		103.3	24.3
下面開放形	G2	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	71.6	22.9
					B-B'		71.6	21.3
				8H×8H	A-A'	36	76.2	24.3
					B-B'		76.2	23.2
				12H×12H	A-A'	81	77.5	24.4
					B-B'		77.5	23.3
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	100.3	23.9
					B-B'		100.3	23.4
				8H×8H	A-A'	36	107.0	25.1
					B-B'		107.0	25.0
				12H×12H	A-A'	81	108.9	25.1
					B-B'		108.8	25.0
逆富士形	G3	FL	6000	4H×4H	A-A'	9	92.3	24.0
					B-B'		92.3	16.7
				8H×8H	A-A'	36	100.9	28.1
					B-B'		100.9	23.2
				12H×12H	A-A'	81	103.3	29.8
					B-B'		103.3	24.5
		Hf	9000	4H×4H	A-A'	9	137.8	25.6
					B-B'		137.8	21.3
				8H×8H	A-A'	36	150.2	29.6
					B-B'		150.2	24.8
				12H×12H	A-A'	81	153.7	31.2
					B-B'		153.7	26.2

図４－１ 部屋の大きさとUGR値の関係

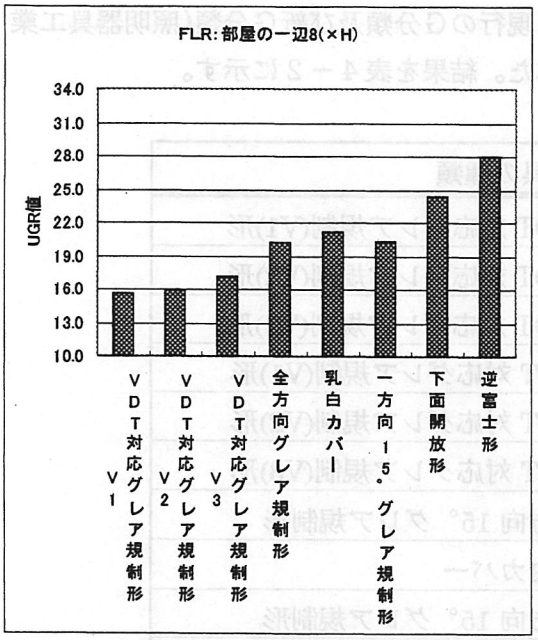


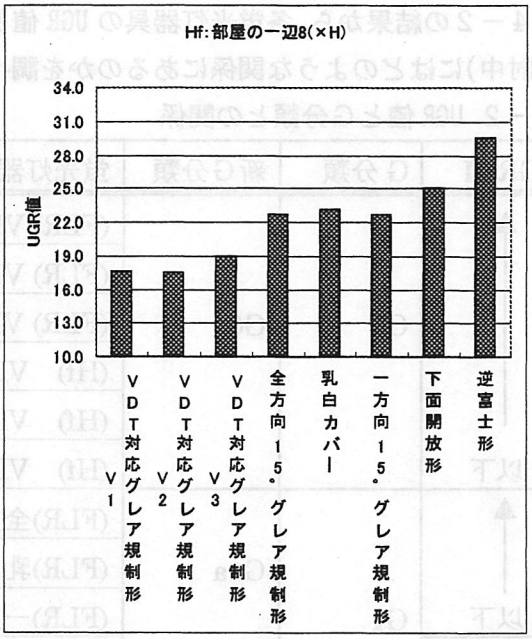
【考察】・HfとFLRではHfの方が輝度が高いためUGR値は大きくなる。

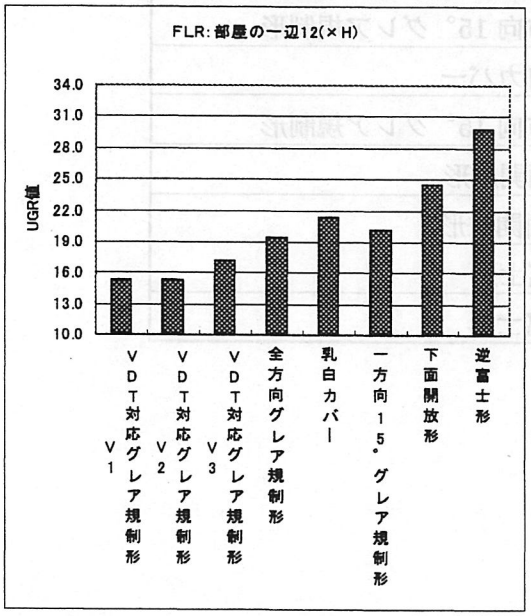
・観測位置はA-A'(管軸に垂直)の方が、B-B'(管軸に平行)よりUGR値は大きくなる。

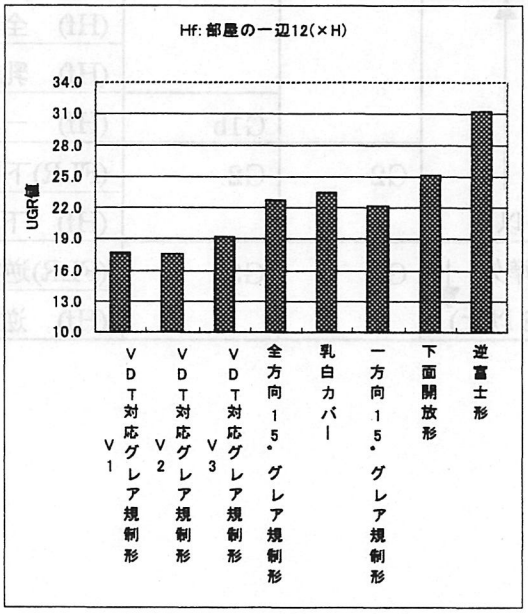
・部屋の大きさとUGR値の関係は、VDT(V1～V3)対応形、グレア(全方向、一方向)規制形、乳白カバーは部屋の大きさに関わらずほぼ一定であるが、逆富士、下面開放形は部屋が大きくなるほどUGR値が増加する。

図４－２ 蛍光灯器具の種類とUGR値の関係









※UGR値のオフィス基準19以下

※計算条件：図４－１より、UGR値がより大きくなる観測方向A-A'で計算

【考察】

・VDTグレア規制形から逆富士形へ、輝度が高くなるほどUGR値は高くなる傾向があった。

・VDTグレア規制形(V1～V3)はFLR、Hfいずれも UGRオフィス基準19以下に対応しているが、それ以外の蛍光灯器具は対応できない。

４．３ UGR 値とＧ分類との関係

図４－２の結果から、各蛍光灯器具の UGR 値と現行のＧ分類及び新Ｇ分類(照明器具工業会検討中)にはどのような関係にあるのかを調べた。結果を表４－２に示す。

表４－２ UGR 値とＧ分類との関係

UGR 値	G 分類	新Ｇ分類	蛍光灯器具の種類
↑	G0	G0	(FLR) VDT 対応グレア規制(V1)形
			(FLR) VDT 対応グレア規制(V2)形
			(FLR) VDT 対応グレア規制(V3)形
			(Hf)　VDT 対応グレア規制(V1)形
			(Hf)　VDT 対応グレア規制(V2)形
19 以下			(Hf)　VDT 対応グレア規制(V3)形
↑	G1	G1a	(FLR)全方向 15°グレア規制形
			(FLR)乳白カバー
22 以下			(FLR)一方向 15°グレア規制形
↑			(Hf)　全方向 15°グレア規制形
			(Hf)　乳白カバー
		G1b	(Hf)　一方向 15°グレア規制形
	G2	G2	(FLR)下面開放形
25 以下			(Hf)　下面開放形
基準外 ↓	G3	G3	(FLR)逆富士形
(28 以上)			(Hf)　逆富士形

４．４ 蛍光灯器具取付間隔とUGR値

本計算例では取付間隔として2.0(m)を用いたが、同一条件の部屋において、蛍光灯器具の取付間隔が異なる場合についてUGR値の検討を行った。その結果取付間隔のUGR値に対する影響は小さく、器具台数、照度に依存しない事がわかった。

表４－３ 蛍光灯器具取付間隔とUGR値の関係

器具タイプ	ランプ	部屋の大きさ	取付間隔(m)	台数	照度(lx)	UGR値
VDT対応グレア規制形(V3)	FLR	4H×4H	2.0	9	890	15.8
		〃	0.375(0.25H)	256	24400	15.8
		8H×8H	2.0	36	1010	15.7
		〃	0.375(0.25H)	1024	28400	15.6
	Hf	4H×4H	2.0	9	1100	18.2
		〃	0.375(0.25H)	256	30400	17.0
		8H×8H	2.0	36	1260	18.0
		〃	0.375(0.25H)	1024	35300	16.7
下面開放形	FLR	4H×4H	2.0	9	960	23.7
		〃	0.375(0.25H)	256	26700	23.8
		8H×8H	2.0	36	1200	25.6
		〃	0.375(0.25H)	1024	33800	25.5
	Hf	4H×4H	2.0	9	1370	24.2
		〃	0.375(0.25H)	256	38200	24.3
		8H×8H	2.0	36	1690	25.5
		〃	0.375(0.25H)	1024	47700	25.4

４．５ 結論

図４－１ 部屋の大きさとUGR値の関係(横軸：部屋の大きさ、縦軸：UGR値、パラメーター：各種蛍光灯器具)より次の結果が得られた。

①HfとFLRではHfの方が輝度が高いためUGR値は大きくなる。

②観測位置はA-A'(管軸に垂直)の方が、B-B'(管軸に平行)よりUGR値は大きくなる。

③部屋の大きさとUGR値の関係は、取付間隔が一定の場合に、VDT(V1～V3)対応形、グレア(全方向、一方向)規制形、乳白カバーは部屋の大きさに関わらずほぼ一定であるが、逆富士、下面開放形は部屋が大きくなるほどUGR値が増加する。

図４－２ 蛍光灯器具の種類とUGR値の関係(横軸：各種蛍光灯器具、縦軸：UGR値)より次の結果が得られた。

④VDTグレア規制形から逆富士形へと、輝度が高くなるほどUGR値は高くなる傾向があった。

⑤VDTグレア規制形(V1～V3)はFLR、HfいずれもUGRオフィス基準19以下に対応しているが、それ以外の蛍光灯器具は対応できない。

表４－２ UGR値とＧ分類の関係から次の結果が得られた。

⑥UGR値と現行のＧ分類及び新Ｇ分類(照明器具工業会案)の対応関係が見出せた。

表４－３ (蛍光灯器具の取付間隔とUGR値)から次の結果が得られた。

⑦蛍光灯器具の取付間隔(台数、照度)によるUGR値の影響は、小さい事がわかった。

参考文献 １．公共施設用照明器具(JIL5004)1997年版。日本照明器具工業会

5．結論・課題

5．1 結論

本委員会の活動の結果、以下のことを明らかにした。

1）第2章ではＣＩＥ117-1995に基づいてＵＧＲを紹介した。このテクニカルレポートには、ＵＧＲを求める実用的な手段としてUGR tabular method とUGR curve methodとが提示され、評価精度の点から前者のUGR tabular methodが推奨されている。本委員会でもUGR curve methodよりはUGR tabular methodを推奨するが、このUGR tabular methodは、予め、照明メーカーが各照明器具について照明率表と同様のUGR表を用意し、種々の表から選定して計算を進める方式であるため、各過程で誤差が蓄積される、といった問題がある。このことから、本委員会は、上述の二つの方法（UGR tabular method 、UGR curve method）より、コンピューターを用いて直接計算する方法が優れていると判断した。

本委員会では、将来、誰もが共通に使えるUGR計算プログラムを開発することを目指し、その第一段階として、各社で開発されているUGR計算プログラムの比較を行った。その結果、背景輝度の算出方法が異なること以外は、各社のプログラムに差違がないことが明らかになった。さらに検討の結果、背景輝度の算出方法の違いはZCM 法とCIE 法のいずれを採用しているかにより、両算出方法による背景輝度の値にはほとんど差がないことが確認された。さらにUGR式の構造から、背景輝度に多少の誤差が含まれていたとしても、その誤差が最終的に求められるUGR値に及ぼす影響は極めて小さくなる。したがって、各社とも同じ値が算出されると言う意味で統一されたUGRの計算プログラムを整備している、あるいは整備しつつある状態だと言える。

2）UGRには、UGR 値と不快グレアの主観評価との対応関係が十分に検討されていないという問題がある上、現在CIE / ISO基準として提案されている用途ごとのUGR推奨値には、それが設定された根拠が不明であるという問題がある。そこで、第3章では国内の実験データを基にUGR計算値と不快グレアの評価との対応関係を調べ、UGR数値の持つ意味を検討した。4種類の照明器具を用いて輝度パターン、観測位置、観測方向などを変えた72条件を28名の被験者に評価させた結果、UGRが大きい場合主観評価も大きく、相対的にはよく対応していた。しかし、「気になると感じ始める」UGR値は21、「不快であると感じ始める」UGR値は28となり、これまでHopkinsonの研究に基づきそれぞれ16、22とされてきたこれらの対応値は5〜6ユニット厳しいことが示された。先に明石らが行った実験についても検討し、UGRによる予測値は実際の主観評価より少なくとも3ユニット程度高いことを明らかにした。

3）第4章では国内にある代表的器具についてUGR値の試算を行い、以下のことを示した。

・Hf と FLR では Hf の方が UGR 値が大きくなる。
・観測方向は管軸に垂直の方が平行より UGR 値が大きい。
・蛍光灯器具取付間隔による UGR 値への影響は小さい。
・ VDT グレア規制形（V1,V2,V3）が UGR 値 19 以下、乳白カバーFLR、15° グレア規制形 FLR が 19 以上 22 以下、逆富士型は 28 以上となる。
・ これらに基づき、UGR 値と現行の G 分類および新 G 分類との対応関係を示した。

５．２ 課題

５．２．１ CIE / ISO 基準 の UGR 規制値に関して

CIE / ISO 基準として提案されている用途ごとの UGR 規制値でオフィスは 19 と提案されている。この提案は Hopkinson の研究による「19＝気になる」を目標に決められたと考えられる。第３章に示したように、UGR 値と主観評価実験結果には数値のずれがある。国内実験結果を基にすると「気になる」にあたるのは UGR 値 22 から 29 となり、規制値を 22 に引き上げても「気になる」以下に規制できる。（ちなみに、UGR19 は「気になり始める」以下である。）さらに、第４章に示したように、国内の代表的な照明器具で UGR 値 19 以下となるものが多いとは言えないのが現状である。UGR 値 19 以下となる照明器具は G 分類のうちの G0 だけであり、全方向グレア規制形 FLR、乳白カバーFLR 等、G1 あるいは G1a もこの基準を満たすことが出来ない。

このように、主観評価実験結果、現状の器具の UGR 値試算結果を考えあわせると、CIE / ISO 基準のオフィスのグレア規制値 19 はやや厳しすぎる。一般オフィスでは 19 から 3 ユニット緩和した 22 を規制値として設定することを CIE に提案したい。言うまでもなく、22 に緩和したところで、下面開放照明器具や裸ランプが露出した照明器具は許容されるわけではないためこれらの照明器具をオフィスから排除するという姿勢は崩されない。ここで、提案している緩和は暫定的処置であり、今後日本の照明器具が不快グレアを排除していく努力は不可欠である。

５．２．２ 計算プログラム

第２章に述べたように、現在既に少なくとも厳密に同じと言えないまでも十分近い値が算出される UGR の計算プログラムが普及しつつある状態だと言える。UGR の統一的計算プログラムが提供されるまでは、照明設計時の器具の選定にこれらのプログラムや、表４－２の G 分類との対応表などを活用するとよいだろう。

付　録

CIE Publication 117-1995 邦訳

はじめに

この10年間で、照明設計に関連した数多くの変化が見られた。新しいタイプのランプや器具の登場、ＯＡ機器の導入等に見られる労働環境の革新的な変化、そして社会的な省エネルギー意識の高まりと設備の最適管理といったことがそれにあたる。そのような変化にともなって、不快グレアに関したＣＩＥの勧告を改訂する必要が生じてきた。特に、テクノロジーの進歩、作業環境の設計とその使用状況の変化に対応したものとすることが求められた。

不快グレアに関連した２つの特筆すべき技術革新

・新型ランプの登場

最近よく使われている26mm管の蛍光灯の輝度は約 11 kcd/m2 である。55Wのコンパクト蛍光灯では約 35 kcd/m2 である。これらは、以前の38mm管の 7 kcd/m2 に比べて、かなり高い値であるといえる。屋内での使用において、これら新型のランプは既存のものの代替品として開発されたものであるが、その一方で、高い光源輝度を有することから、快適な明るさの基準を満足するような器具の光学設計を可能とした。

・新型器具の開発

従来のプリズムパネルの代わりに“バットウィング”型の反射板を使った、非対称の配光特性を有する器具が作られるようになった。ここでいう非対称とは、C0方向（管軸に垂直な方向）の配光と、C90方向（管軸に平行な方向）の配光とが異なっていることを意味する。この器具ではC0方向の器具間隔を従来よりも広くとれるため、器具設置台数を少なくすることができる。そのことが、結果的にエネルギー消費量の抑制、設備投資の低減につながった。

不快グレアに関連した２つの作業環境の変化

・オフィスの形態

今日のオフィスでは、広く開放されたフロアーに什器がランダムに配置されるのが一般的である。1940年代から1950年代にかけてのオフィスにおいては、ワーカーの顔がみんな同じ方向を向いているような定型的なレイアウトが採用されていた。その方向というのは、照明器具のC0あるいはC90方向のどちらかを向くようになっていた。そのため、不快グレアを考えた場合には、“最悪のケース”というものが存在した。それはちょうど、後方の壁あるいは側面の一方の壁の中央部分となっていた。現在では、オフィスの什器は不規則に配置され、ワーカーの視線方向は数多く存在し、またそれは変化をともなうものとなっている。

・ワークステーションでのＶＤＴ作業

ＶＤＴの導入は、人間工学上のオフィスでの作業形態に変化をもたらした。不快グレアに関係する変化というのは次のようなことである。ＶＤＴのオペレーターの視線方向は、読み書きやタイプ作業をする時に比べて、より水平に近くなっている。このことから、オペレーターの周辺視野内には、今までよりも天井面やそこに設置された照明器具が入ってくる割合が高いといえる。つまり、不快グレアの観点で現在のオフィスを見た場合、より多くの照明器具が観測者の“グレアゾーン”に入るということになる。

この報告書では、幾つかの既存のグレアインデックスシステムをもとにして開発した、統合型グレア評価式（unified glare rating formula：以下ＵＧＲ式と呼ぶ）について説明している。また付録として、この計算式により求めたグレアインデックスの数値表とグラフの導出過程の説明と、それらを使うために必要なマニュアルをつけている。これらは、照明設計をする者にとって参考になると思われる。

なおこの報告書は、次に示すＣＩＥのＴＣ３－１３「屋内照明における不快グレア」グ

ループの各メンバーが分担して執筆にあたった。

Bedocs, L.	Great Britain
Einhorn, H.D.	South Africa
Fischer, D.	Germany
Hansen, E.H.	Norway
Kanaya, S.	Japan
Lofberg, H.A.	Sweden
Poulton, K.	Australia (Chairman)
Slater, A.I.	Great Britain
Sorensen, K.	Denmark

最終の編集は、WG Julian, Vice-President で行なわれた。

屋内照明における不快グレア

要約

ＣＩＥ技術委員会ＴＣ３－１３において、実用的な不快グレアの評価方法の開発が行なわれてきた。

本報告書では、Unified Glare Rating（ＵＧＲ）の計算式について説明している。これは、従来のEinhorn及びHopkinsonの計算式の特徴を融合し、Guthのポジションインデックスを取り入れた内容となっており、実用性の観点ならびに実際のグレア評価結果に即した、従来のメジャーな計算式の良い部分を組み合わせたものであるといえる。また、このＵＧＲの計算式では、観測者の位置と視線方向がグレアインデックスに与える影響をも考慮している。

本報告書の付録においては、ＵＧＲ表について説明している。この表は、標準的な室状態を想定した場合のＵＧＲの計算値をまとめたものであり、観測者の位置の違い等による補正項も示されている。このＵＧＲ表は、各照明器具のデータシートの１つとして位置付けられるものといえる。

不快グレアをラフに見積もる場合には、輝度制限曲線（ＵＧＲ曲線）法を用いる。付録にはこのカーブの導出過程とその使い方を示している。

本報告書は、ＣＩＥの推奨する実用的なグレア評価法について述べたものであり、ここに書かれた内容は、次に改訂されるＣＩＥの屋内照明ガイドに採用されるものである。

１．序論及びこの報告書の内容について

ＣＩＥのPub.No.29.2-1986「屋内照明ガイド」は、ＣＩＥグレアインデックスの計算式ならびにＣＩＥ輝度制限曲線（これはＣＩＥセーフガードシステムと呼ばれる）の両方について述べている。これらは作業環境における不快グレアを評価するものであった。

この計算式によって、ある特定の条件の空間については、コンピューターを用いて不快グレアを評価するグレアインデックスを計算することが可能となった。また、輝度制限曲線は、ある輝度値の範囲内にある照明器具を一般的に使用する場合において、その時のグレアの程度を簡易的に評価するために用いられるものであった。

TC3-13委員会において、“実用的なグレア評価方法”についての検討がなされた。この報告書は、この委員会での検討の結果をまとめたものである。

ここで、次の３つのグレア評価法が開発された。

・基本となるUnified Glare Rating（ＵＧＲ）計算式
・簡易的に各照明環境のグレアの程度を比較できるＵＧＲ表
・照明器具の開発に役立ち、照明設計で器具を選択するための参考となる輝度制限曲線

ＵＧＲ計算式は、ＣＩＥにおいてその使用を推奨するものであり、コンピューターソフトへの応用が可能である。このＵＧＲ式より導かれる２つのグレア評価法については、本報告書の付録において説明している。これらは、照明器具メーカーにおける器具設計の参考となる情報を与え、また器具個々の特性データとして公表される資料の１つとなり得る。（既に幾つかの国では、国家規格としてこれらを採用している。）

２．不快グレア

ＣＩＥのPub.17.4-1987“国際照明用語集”によれば、不快グレアは次のように説明され

ている。
「不快感を引き起こすグレアで、必ずしも対象物の見え方を低下させるものでもない。」

３．ＵＧＲ計算式の導出

以下では、不快グレアに関する研究とその実用化の経緯について述べる。先ず、次に示すようなＣＩＥグレアインデックスの計算式が、ＣＩＥ Pub.55 の中で提案された。

$$CGI = 8\log\left[2\cdot\frac{1+E_d/500}{E_d+E_i}\cdot\sum\frac{L^2\omega}{p^2}\right] \qquad (3.1)$$

Ｅｄ：全ての光源からの直射光による観測者の目の位置での鉛直面照度（lx）
Ｅｉ：間接光による観測者の目の位置での鉛直面照度（lx）
Ｌ：観測者の目の位置から見た照明器具の発光部分の輝度（cd/m2）
ω：観測者の目の位置から見た発光部分の立体角（sr）
ｐ：各照明器具における Guth のポジションインデックス
（観測者の視線からの器具位置の変位）

ここでのｌｏｇの表記は、底 10 の対数を意味している。
この式は、いくつかの国で使用されている既存のグレア計算式との比較において、数学的に最も整合がとれるように考えられたものであった。しかしながら、この式から実用的な不快グレアの評価法を開発することは困難であったため、以下に示すようなプロセスで計算式の簡略化を図った。

全ての不快グレアの計算式は、次のような形をしている。

$$\text{Glare Rating} = C1\ \log\left(C2\ f_{room}\Sigma f_{luminaire}\right) \qquad (3.2)$$

Ｃ1 ，Ｃ2：定数
ｆroom：部屋の状況と背景輝度に関する因子
ｆluminaire：照明器具自身とその位置に関する因子

ｆroom は、ＣＩＥ Pub.55 の中でも述べられているが、観測者の目の位置における間接分及び直射分の照度の関数として表される項である。ここで、間接分の照度は、グレア対象の光源の背景となる天井、壁、床といった内装面の輝度の尺度として用いられている。一方、目の位置における直射照度は、目の順応及び照明器具に共通した変動要素（器具のサイズや設置台数の違いによるグレアの変化）を考慮するためのものである。グレア数値表やグレア曲線のような簡易的なグレアの評価法を考える場合、この直射照度を考慮したものとすることは不可能である。

以上のようなことから、ＵＧＲ計算式では直射照度の項は除外されている。実用的な見地では、屋内作業環境における推奨照度レベルのもとでグレア計算式を適用する場合には、直射照度の変動による影響はほとんどないと考えてよい。

照明器具自身とその位置に関する因子ｆluminaire については、ＣＩＥの Pub.55 の中で

提案されたものをそのままＵＧＲ計算式にも採用している。

定数Ｃ1，Ｃ2 については、Hopkinson によって最初に提案された計算式と一致するように選ばれ、その形式としてイギリスのグレアインデックススケールのものを採用している。

４．ＵＧＲ計算式

４．１ 計算式

ＣＩＥにおけるＵＧＲの値は、次の式で与えられる（図４．１参照）。

$$\mathrm{UGR} = 8\log\left[\frac{0.25}{L_b}\cdot\sum\frac{L^2\omega}{p^2}\right] \qquad (4.1)$$

Ｌb：背景輝度（cd/m2）
Ｌ：観測者の目の位置から見た照明器具発光部の輝度（cd/m2）
ω：観測者の目の位置から見た照明器具発光部の立体角（sr）
ｐ：各照明器具における Guth のポジションインデックス
（各照明器具の視線からの変位）

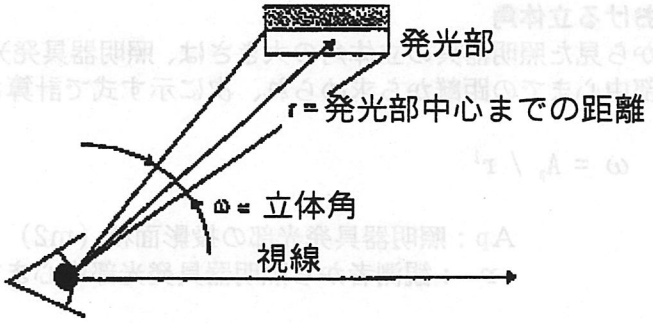


図４．１　観測者から見た照明器具の輝度 Ｌ、立体角 ω、
照明器具発光部中心までの距離 ｒ

４．２ 背景輝度

背景輝度Ｌb は、グレア対象の光源を除いた視野内における、観測者の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る。

$$L_b = E_i/\pi \qquad (4.2)$$

Ｅi：観測者の目の位置での間接照度（lx）

背景輝度Ｌｂは、通常このＥｉから計算される。このＥｉを求める方法としては、空間での光の分布をもとにコンピューター計算するものと、壁面における間接光の照明率をもとにして計算するもの（イギリスの CIBSE TM10 参照）とがある。これらの計算は、壁面の平均間接照度が観測者の目の位置での間接照度とほぼ等しいという仮定のもとで行なわれている。この仮定は照明器具を均等に格子配置した全般照明の場合によく成り立つ。

また、上述のものと多少異なるアプローチとしては、部屋の内装面の輝度をコンピュターで計算するという方法がある。観測者の目の位置での間接照度は、壁面を一つの発光体として考えた場合の照度を計算することによって得られる。この方法は、最初に述べたものよりも幾分精度は良いが、部屋の内装面が均一に照明されている、という仮定に依然としてもとづいていることに変わりはない。

Ｅｉを求める最も一般的な方法としては、部屋の内装面を小さな区画に分割する方法があげられる。それぞれの小区画毎の輝度は、照明器具からの直射照度と小区画間の相互反射を計算することによって得られる。そして最終的に、観測者の視野内に入る全ての小区画の輝度によって生じる、観測者の目の位置での照度が求められる。

ここで、背景輝度Ｌｂの誤差に対するＵＧＲの変動が比較的少ない、ということが分かっている。例えば、Ｌｂの誤差が+33%の場合、ＵＧＲの数値に換算した誤差は-1 となる。

４．３ 照明器具の輝度

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Ａｐから求められる。

$$L = I / A_p \qquad (4.3)$$

４．４ 観測者の目における立体角

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る。

$$\omega = A_p / r^2 \qquad (4.4)$$

Ａｐ：照明器具発光部の投影面積（m2）
ｒ　：観測者から照明器具発光部中心までの距離（m）

４．５ 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４．１に示されたデータを参照することによって得られる。この表におけるパラメーターを図４．２に示している。表４．１ではパラメーターとしてＴ/Ｒ、Ｈ/Ｒの値を用いているが、これは観測者を基準とした（R,T,H）座標系にもとづいている。この（R,T,H）座標系では、視線が水平であるという仮定のもとで、Ｒは観測者の目との距離を視線上に投影したものであり、Ｔは視線からの水平方向の変位であり、そしてＨは観測者の目からの高さ（視線からの鉛直方向の変位）である。ここで、各座標値は照明器具の中心に対するものである。

表４．１　ポジションインデックス表

T/R \ H/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	1,25	1,53	1,90	2,35	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	2,66	3,18	3,88	4,60	5,50	6,50	7,60	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	5,50	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	5,50	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	2,55	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	8,17	8,80	9,50	10,20	11,00	12,00	12,82	13,55	14,20	15,10	16,00
2,00	3,50	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	12,85	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	8,85	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	8,00	8,60	10,16	10,92	11,63	12,35	13,00	13,80	14,50	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

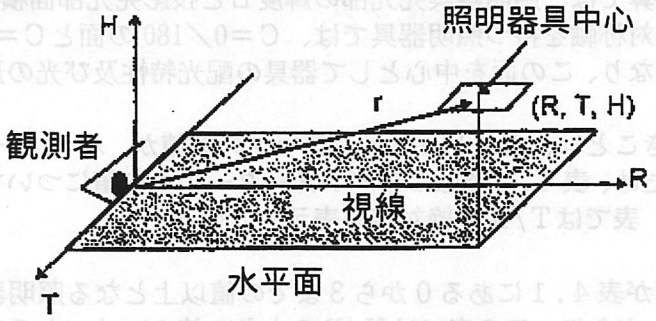


図４．２　ポジションインデックスにおける観測者を基準にした（R,T,H）座標系
パラメーターH/R、T/Rは照明器具の中心に対する値

図４．２に示した（R,T,H）座標系は、ｆluminaireの項の計算にも使用される。各照明器具の位置座標がこの座標系をもとにしていることはもちろんのこと、さらに、観測者から見た照明器具の向きに関する情報もこの座標系から得られる。

２つの対称軸を持つ照明器具（図４．３参照）の場合に、観測者の視線に対して、長軸が垂直あるいは平行になるように配置したとすると、角度座標（C,γ）が次の式から求められる。

$$C = \arctan(T/R) \qquad \text{視線に対して長軸が垂直な場合} \qquad (4.5)$$

$$C = 90^\circ - \arctan(T/R) \qquad \text{視線に対して長軸が平行な場合} \qquad (4.6)$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{\sqrt{R^2+T^2}}{H}\right) \qquad (4.7)$$

また、距離の２乗 r2 は次式で得られる。

$$r^2 = R^2 + T^2 + H^2 \qquad (4.8)$$

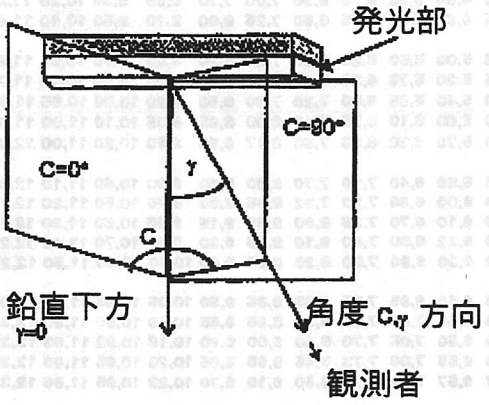


図４．３　角度座標（C,γ）による照明器具を基準とする任意の方向の表現

ＵＧＲの計算では、照明器具発光部の輝度Ｌと投影発光部面積 Ap が必要となる。この２つの対称軸を持つ照明器具では、Ｃ＝0／180 の面とＣ＝90／270 の面について対称となり、この面を中心として器具の配光特性及び光の形状が左右対称になる。

ここで留意すべきことは、ポジションインデックスの値が、パラメーターＴ/Ｒの正負について対称となるため、表４．１ではこのパラメーターの負の値については記述していないということである。表ではＴ/Ｒの絶対値を表示している。

また、Ｔ/Ｒの値が表４．１にある０から３までの値以上となる照明器具については、無視することにする。さらに、この表ではＨ/Ｒの大きい値のいくつかの部分が空欄になっている。これらは、観測者の視線が眉や額で遮られることによって、視界から外れる部分に対応しているため、この部分の照明器具はＵＧＲの計算では考慮しない。

５．ＵＧＲ計算式の特徴

ＵＧＲ計算式は、Einhorn と Hopkinson の式の特徴を融合したものであり、それに Guth のポジションインデックスを加味したものとなっている。この式の構成は、グレア感の評

価における実用性と親しみ易さという観点で見た、既存のメジャーな計算式の最良の部分を組み合わせたものと見なすことができる。

このＵＧＲ計算式からグレアの評価値が求められる。この評価値は、光源を含んだ視環境における観測者の不快感を、客観的に評価するための心理的なパラメーターとして位置付けられるものである。

グレア評価値の尺度は間隔尺度となり、この尺度上での各数値間の差異は、心理的なパラメーターとして、その２者の違いが認知できる程度の差異であることを表している。このような間隔尺度では、尺度上の各数値間の差異のみに意味があり、尺度上の最低の値としては、任意の数値をとることができる。また、その値を変更しても尺度の妥当性に影響はない。

イギリスのグレアインデックス法で約30年もの間採用されてきたグレア尺度については、その有効性が確認されている。このグレア尺度上の数値の差で、１は検知できる差異として最小のものであり、３はグレア基準として採用し得るだけの差異である。ＵＧＲの尺度は、このイギリスのグレアインデックスの尺度の範囲をカバーするように決められている。実用的な範囲としては、10から30までの値であり、ほとんどの照明設備はこの範囲の値をとる。ここで、ＵＧＲが高い値をとる場合は、重度の不快グレアが生じることを示し、一方低い値の場合は、不快グレアの生じる可能性がほとんどないことを示している。また、ＵＧＲが10以下の照明設備では、不快グレアは生じないと考えることができ、このことを「ＵＧＲ＜10」という国際的に共通する標記で表すことが可能である。

６．ＵＧＲ計算式についての制限

現段階では、まだ不十分と思われる研究が幾つか残されている。それは、ＵＧＲ法が間接照明や光天井に適用できるのか、ということである。これについての審議については、ＣＩＥ TC3-01の委員会において行なわれている。

また、ＵＧＲの尺度とＩＥＳ／ＮＡで採用されているＶＣＰ（Visual Comfort Probability）の尺度とを関連付けることは、これら尺度間で等価な２つの値を一致させることによって、理論的には可能である。しかしながら、一致させる値を選択する確固たる根拠がないため、まだ実際には行なわれていない。

さらに、ＵＧＲ法に使うデータの範囲には制限があり、観測者の目からみた光源の立体角が最大で0.1(sr)のものまでである(これは約3mの距離で1m角の照明器具を見た場合にあたる)。一方、非常に小さい光源の場合の不快グレアは、輝度よりもむしろ光度によって決まる。そのため、ＵＧＲ法は0.0003(sr)より小さい光源に対しては適用できない（これは約10mの距離から白熱灯のダウンライトを見た場合にあたる)。

７．ＵＧＲ計算式をもとにした簡易評価法

ＵＧＲ計算式をもとにして、グレア評価の際の指標となる表とグラフを作成することができる。本報告書の付録でこれらについて述べており、その応用方法についても詳細に説明を加えている。

ＵＧＲの値を計算式によって求めることが、不快グレアの程度を予測する最も精度の良

い方法であるといえる。ＵＧＲ表や輝度制限曲線を使った簡易的なグレア評価法を使った場合でもほとんどの照明設備において、計算で求めた評価値と概ね一致する結果になると思われる。しかしながら、可能な限りは計算式を用いてＵＧＲ値を求めるべきである。

７．１ ＵＧＲ表

ＵＧＲ表とは、計算式から求めた修正前のＵＧＲ値を載せた表のことであり、これらのデータは、各照明器具の光学特性データの資料の１つになる予定である。参照する値の範囲としては、標準的な室状態のものが採用されている。また、ＵＧＲ表には対象とする照明設備に対して適切なＵＧＲ値を選択するためのガイドラインが示されており、また各種のパラメーターを考慮して、表に載っている修正前のＵＧＲ値を現状に近いものにするための補正項が示されている。ここで、例えば１種類のランプを優先的に使用するような照明器具の場合ならば、このランプに対する修正したＵＧＲ値のデータを掲載することもあり得る。

ＵＧＲ表の形式については、次の２種類のものが議論されている。１つ目は、比較的たくさんのグレアインデックスのデータを載せ、補正項にたよる部分を少なくするという考え方であり、一方２つ目は、グレアインデックスのデータを少なくするかわりに、補正項をより多く載せるというものである。これら２つの形式で比較した場合、結果として求められるＵＧＲ値はほとんど同等の値となる。これら２つの形式は、次の２ヶ国において現在基準として使われているものに類似している。その１つはイギリスの基準のもので、もう１つはノルウェーの基準のものである。

また、ＵＧＲ表の内容にはグレアインデックスにおける観測者の位置の影響も取り入れられている。

７．２ ＵＧＲ曲線

輝度制限によるグレア評価法が、すでに幾つかの国で採用されていることから、ＵＧＲ曲線（輝度制限曲線とも呼ばれる）が計算式から導かれている。これは、ＣＩＥのグレアセーフガードシステムに類似したものであり、非常に理解しやすく、また容易に扱うことができる。しかしながら問題点もあり、それはグレア予測の精度が低いということと、ある限定された標準的な室状態の場合に適用されるものでしかないということである。さらに別の問題点としては輝度制限を示す曲線に対してほとんど接するような輝度分布を持った照明器具が、ある１点で接するか、もしくは交差するような輝度分布を持つ照明器具よりも、不快グレアの重複効果のために、より多くの不快グレアを生じるものとして評価されてしまうことがあげられる（実際にはグレアの生じない範囲を、別のグレアが過剰な範囲で補完することになる）。このように不快グレアを実際の部屋で考えた場合の影響がほとんど無視されている。このような理由からＵＧＲ表による評価法の方が、ＵＧＲ曲線を使う評価法よりも優先される。

Appendix A　UGR テーブル

A1　導入

UGR テーブルは照明器具メーカーにより作られていて、照明器具の測光データの一部として供給している。設計者は、簡単な UGR 計算をするときにこれらを使用することができる。UGR テーブルは、矩形室であれば、対称なあるいは非対称な照明器具に使用することができる。

UGR テーブルは、照明器具の配光曲線と部屋の表面反射率および部屋指数 [4]（または、空洞率）と定義されている部屋の大きさが考慮された、照明率表に極めて似ている。照明器具メーカーは室指数と一般的な反射率から照明率を算出している。計算で使われる参照値は、実際の照度値を得るために補正値が必要になる。

典型的な照明率表を A1 に示す。設計者は、ランプを選定（これにより光束が入力される）、部屋の表面反射率を選定し、部屋指数を算出する。もし計算値が、表から与えられた基本値と大きくずれていた場合、補正値を使用する。

表 A1　一般的な照明率表

	反射率								
天井	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0
壁	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
床	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0
室指数	照明率（%）								
K=0.60	34	29	26	33	29	25	28	25	24
0.80	42	37	34	41	37	34	36	33	32
1.00	48	44	40	47	43	40	42	39	38
1.25	53	49	46	52	48	45	47	44	43
1.50	57	53	50	55	52	49	51	48	46
2.00	62	58	55	59	57	54	55	53	51
2.50	65	62	59	62	60	58	58	56	54
3.00	67	64	62	64	62	60	60	59	56
4.00	69	67	65	67	65	63	63	61	58
5.00	71	69	67	68	67	65	64	63	60
	UF(全体)								UF(直射)

UGR テーブルは照明器具 1 台あたりのランプ全光束の基本値および変数に影響をうけて算出されている。一般的に、参照条件の表は、「未修正 UGR テーブル」と呼ばれている。

未修正 UGR テーブルは、わずかな補正値しか必要としない「包括的 UGR テーブル」（表 A2 参照）でも、または多くの補正値を必要とする「縮小 UGR テーブル」（表 A3 参照）でもない。

包括的なものと縮小された表は、観測位置も与えられた UGR 値の変形した付録表である。これは、ノルディックグレアインデックスの概念からくるもので、特に照明器具からの反射を考慮した輝度値なので重要な意味を持つ。

表 A2 代表的な未修正包括的 UGR テーブル

反射率										
天井	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
壁	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
床	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
部屋の大きさ	横からの視点					縦からの視点				
x=2H y=2H	14.4	15.4	14.6	15.6	16	13.5	14.5	13.7	14.7	15.1
3H	14.3	15.3	14.6	15.5	15.8	13.3	14.3	13.6	14.5	14.8
4H	14.2	15.1	14.5	15.3	15.6	13.2	14.1	13.5	14.5	14.6
6H	14	14.8	14.4	15.1	15.4	13	13.8	13.4	14.1	14.4
8H	14	14.8	14.4	15.1	15.4	13	13.8	13.4	14.1	14.4
12H	14	14.8	14.3	15	15.4	13	13.8	13.3	14	14.4
4H 2H	14.4	15.3	14.7	15.5	15.8	13.6	14.5	13.9	14.7	15
3H	14.3	15.1	14.6	15.3	15.7	13.4	14.2	13.7	14.4	14.8
4H	14.1	15	14.5	15.2	15.7	13.2	14.1	13.6	14.3	14.8
6H	14.1	14.7	14.6	15.1	15.6	13.2	13.8	13.7	14.2	14.7
8H	14	14.6	14.6	15	15.5	13.1	13.7	13.7	14.1	14.6
12H	14	14.6	14.6	15	15.5	13.1	13.7	13.7	14.1	14.6
8H 4H	14	14.6	14.6	15	15.5	13.1	13.7	13.7	14.1	14.6
6H	14	14.5	14.5	14.9	15.3	13.1	13.6	13.6	14	14.4
8H	13.9	14.3	14.4	14.7	15.3	13	13.4	13.5	13.8	14.4
12H	13.9	14.3	14.4	14.6	15.3	13	13.4	13.5	13.7	14.4
12H 4H	14	14.6	14.6	15	15.5	13.1	13.7	13.7	14.1	14.6
6H	13.9	14.3	14.4	14.7	15.3	13	13.4	13.5	13.8	14.4
8H	13.9	14.3	14.4	14.6	15.3	13	13.4	13.5	13.7	14.4
観察位置の種類										
S＝1H	+0.9/−2.1					+0.8/−1.5				
1.5H	+2.2/−7.9					+2.6/−12.1				
2H	+4.0/−16.0					+4.0/−22.9				
類似照明器具の補正										
1×18W : +2.4				1×36W : 0		1×58W :−0.8				

表 A2 は未修正であり、照明器具 1 台あたりの全光束値を 1000lm とした参照値で計算されている。その表は、部屋の表面反射率を基本に使用されている。それが適用される部屋は、最高 12H×12H まで割り当てられている。（H は目の上の高さ、参照値 2m）。

補足テーブルは、3 つ照明空間からの観測位置で、どれくらい UGR 値が変わるかを示している。もう一方の補足値は、類似の照明器具で示される。すべての補正値は UGR に対数として付加される。

表 A3　代表的な縮小 UGR テーブル

視点		横方向	縦方向
基準値		BK0	BK0
類似器具への補正	1×18W	-3.1	-4
	1×36W	-5.5	-6.4
	1×58W	-6.3	-7.2
観測位置の種類	S=1H	+0.9/-2.1	+0.8/-1.5
	1.5H	+2.2/-7.9	+2.6/-12.1
	2H	+4.4/-16.0	+4.0/-22.9

表 A3 に示す代表的な縮小 UGR テーブルは、照明器具がひとつの基本配列に近いことから、標準テーブルの（BK0）を利用する。補足テーブルは、3 つの空間からの観察位置の変化と類似形の照明器具と UGR の変化を提供する。標準テーブルは、これらノルディックシステムであり、そのシステムでは（BK0、BK12 など）専門用語を使用する。標準テーブルの選択は表 A4 に示す。

次項、様々な変数の影響と、標準値と参照値の選定理由を述べる。

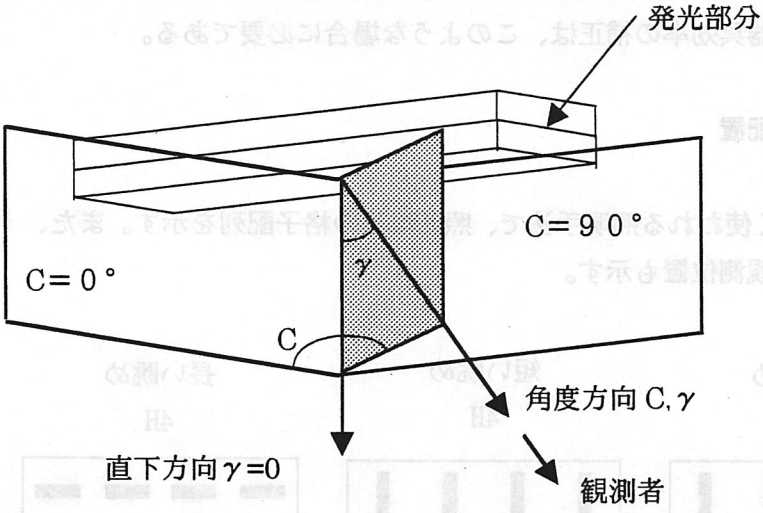
A2　表の標準および参照変数の設定

UGR は、照明器具配置と部屋および観測条件とで関連した変数値の関数である。種々の変数は、以下の 4 つの節で議論される。各項において、変数変化による関連的影響は、他を一定に保っている間考慮される。

A2．1　照明器具特性

二つの照明器具特性：輝度L、および観測者方向への投影発光面積ApがUGR計算で使用される。どちらも、Cとγで表される角度関数である。（図A1参照）

輝度は、幾何学的に求められる投影面積Apと照明器具の光度データから常に引き出される。輝度は、また測定できる。



図A1　照明器具と関係する全ての方向はCとγの角度の調整によって表すことができる。UGR計算は、発光部分である輝度Lおよび投影発光面積Apを使用する。線対称の照明器具は角度Cが0度と180度および90度と270度について対称である。その対称性は、配光および光の形の両方に適用する。

多くの照明器具は、配光とは無関係にランプを並べて使うことができまる。（例えば、直管蛍光ランプが使われている）従って、その表は1台あたりの照明器具の全光束Φo（1000lmが望ましい）と実質光束Φで算出される。下の補正式を使用する。

$$UGR(\Phi) = UGR(\Phi o) + 8\log(\Phi / \Phi o)$$

同様に、寸法と輝度配光や配光形状に関係するものが異なる照明器具（直管蛍光灯ランプの器具）の場合、その表はエリアAoにおいて参照輝度を使って計算できる。その表は、エリアAにおいて下の訂正式を使って他の照明器具にも使うことができる。

$$UGR(A) = UGR(Ao) - 8\log(A / Ao)$$

さらにそれらが、ある照明器具から類似の照明器具に対し、器具効率ηが少し変化したとき、補正値は下式を使用し、器具効率から求めることができる。

$$UGR(\eta) = UGR(\eta_0) - 8\log(\eta/\eta_0)$$

いくつかの照明器具は、配光とは無関係に数々のランプを使用することができる。照明器具 1 台あたりの全光束の補正値は、照明器具 1 台あたりの全光束に基づかなければならない。しばしば器具効率の補正は、このような場合に必要である。

A2.2 照明器具配置

図 A2 は、よく使われる照明手法で、照明器具の格子配列を示す。また、「最も悪いケース」を仮定した観測位置も示す。

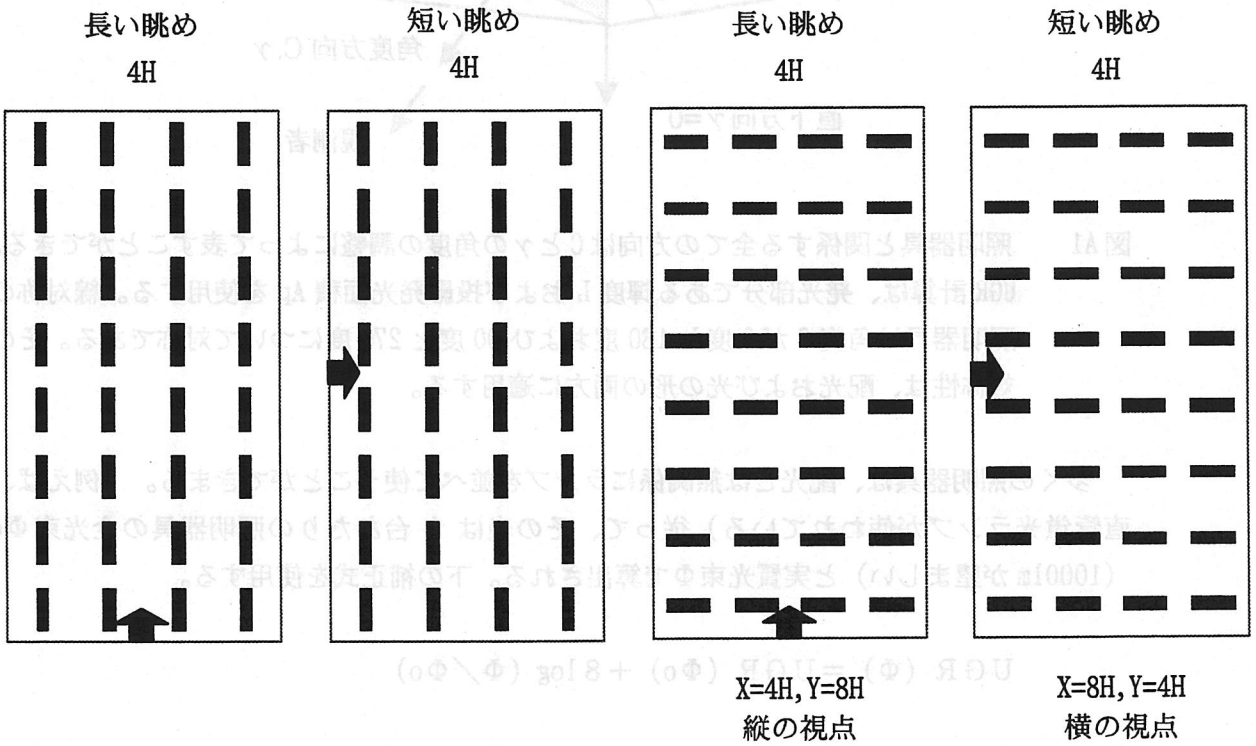


図 A2 伝統的な照明配置は、同じ照明器具を同一平面上に格子配列して使われる。また、壁の中央で床上 1m または 2m の高さに二つの観測位置を示す。照明器具は、観測者の目の位置より高さＨの上に設置されている。
高さＨにおける照明器具の配列寸法は、視線方向に対して垂直であるＸと、平行であるＹにより、（→で示した）視線と一般的に関係している。このように、視線方

向は、横方向からの観察（X＝部屋の端部、Y＝横方向の寸法）と、縦方向からの観察（X＝横方向の寸法、Y＝部屋の端部）がある。

UGR は、観測者の目の上にある照明器具の取付高さHとは独立している。もし部屋と照明の取付が拡張されたなら、高さHはH_1からH_2まで変化し、部屋の間口、奥行き、そして器具取付間隔も同じ比率で変わる。

UGR 式において、次の様に求められる。

$$\omega_2 = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 \cdot \omega_1$$

$$L_{b2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 \cdot L_{b1}$$

ここでωはグレア光源の立体角であり、L_bは背景輝度である。ωとL_bは、それぞれ照明器具の距離が遠くなったり、部屋の寸法が大きくなったりすることによって変化する。その二つの変化は、高さHがUGR に直接影響しないので、UGR 式において、お互い削除される。

UGR は、これらωとγが小さければ、器具間隔には無関係である。UGR テーブルの計算により、これらで使用される変数、例えばH＝2m の高さが、0.25×H＝0.5m 両方向の間隔を仮定できる変数の参照値を決定する。

これらの参照値は計算目的に使われる。しかしながら、大抵の照明器具寸法は 0.5m よりも大きく、最大取付間隔が決められていて、これらの変化から独立しているが、UGR 値はこれらの参照値に有効になる。

1000(lm)である照明器具の参照全光束値は、計算によって推測することができる。これは、0.5m の器具取付間隔で使われ、作業面の単位m^2あたりとしては、4000(lm)として定義する。

部屋の寸法XとYは、高さHで表される。これらは視線方向に直交かあるいは平行である。２H、３H、４H、６H、8H、そして１２Hの値は、未修正の UGR テーブル算出に用いられる。

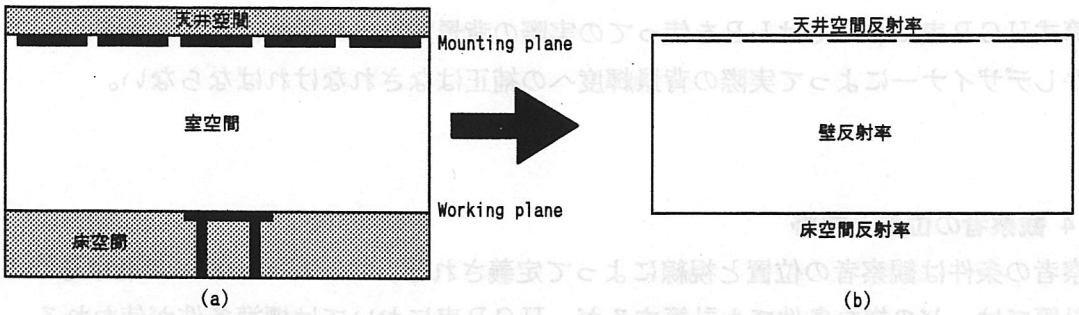
一般に UGR 値は、グレアを与える照明器具が多くなり、照明システムが大きくなればなるほど、ＸとＹの値の増加とともに増加する。しかしながら、これら狭い範囲から発生するグレアの照明器具が原因で、最大 UGR 値は小さいＸとＹで決まり、それが一定状態のままとなる。

標準テーブルの適切な選択により、実際の照明器具の変わりにこれらの表を使用することが可能で、与えられた補正値は標準テーブルの値に適用する。これは、基本的な 2 番目の縮小 UGR テーブルである。

縮小 UGR テーブルにおいて背景輝度の参照値は使われ、そして設計者は背景輝度で変化した補正値を引き出さなければならない。

A2.3 部屋の特性

１．ＵＧＲは部屋の中における相互反射の結果得られる背景輝度の関数である。
計算のため、部屋を以下の面で表す。作業面（普通は床上 0.85m）,照明器具の取り付け面、及び器具取付面と作業面の間の壁面。（図Ａ３ 参照）



（図Ａ３） 実際の部屋 (a)通常床上 0.85m の作業面から下の床空間と、照明器具取り付け面から上の天井空間を備えた部屋は普通３面で表現される。
(b) これらの反射率と部屋の大きさが背景輝度に影響を及ぼす。

作業面(実際には床空間)は、いくつかの国では 0.2 に標準化されている等価反射率をもつ。照明器具取り付け面（又は吊り下げ型器具の場合の天井空間）は等価反射率をもち、この反射率は器具が天井に直接取付けられているときは天井の反射率を示す。壁の反射率は実際の反射率、または面積により壁の仕上げの違いや窓の影響を考慮した平均値である。表Ａ２は計算に使用された標準的反射率を示す。

前述したように、作業面での単位面積当たりの照明器具１台当たりの光束は 4000 lm / ㎡である。この光束密度では、参照背景輝度は 127 cd / ㎡である。（だいたい 10πlm/㎡あたり 1cd/㎡に相当する）［7］
実際の背景輝度は相対背景輝度係数 ＬＲを乗じた値となる。この係数は全光束分の照明率、UF(total)と直射光束のみの照明率、UF(direct)を使って決定される。式は以下となる（床面の反射率は 0.2 とする）

$$LR=6\times UF(total)-5\times UF(direct) \quad \text{(A. 4)}$$

照明率表を使うことにより、反射率０は UF(direct)を示し、部屋の反射率は UF(total)を示すことがわかる。（表Ａ１参照）部屋指数が２、反射率が天井 0.5,壁 0.5 床 0.2 の時（表Ａ１参照）LR=6×0.59-5×0.51=0.99

もし床面反射率ρF が０.2 以外であれば式(A. 4)は以下となる

$$LR=5\times(1+\rho F)\times UF(total)-5\times UF(direct) \quad \text{(A. 5)}$$

背景輝度を計算する他の方法は例えば British CIBSE の TM１０［5］がある。

包括的ＵＧＲ表において、修正前のＵＧＲ値は参照背景輝度 LO 127 cd / ㎡について計算されLRによって以下の様に実際の背景輝度に補正される

ＵＧＲ（ＬＲ）＝ＵＧＲ（ＬＯ）－８ｌｏｇＬＲ

引算式ＵＧＲ表においてはＬＲを使っての実際の背景輝度への補正は省略される。
しかしデザイナーによって実際の背景輝度への補正はなされなければならない。

A2.4 観察者の位置と視野

観察者の条件は観察者の位置と視線によって定義される。コンピューターにおけるＵＧＲの計算では、どの様な条件でも計算するが、ＵＧＲ表においては標準条件が使われる。

標準条件を図 A2 に示す。観察者は壁の中央に位置し、視線は水平で壁に垂直である。
方向は管軸に対して垂直と平行の２つがある。

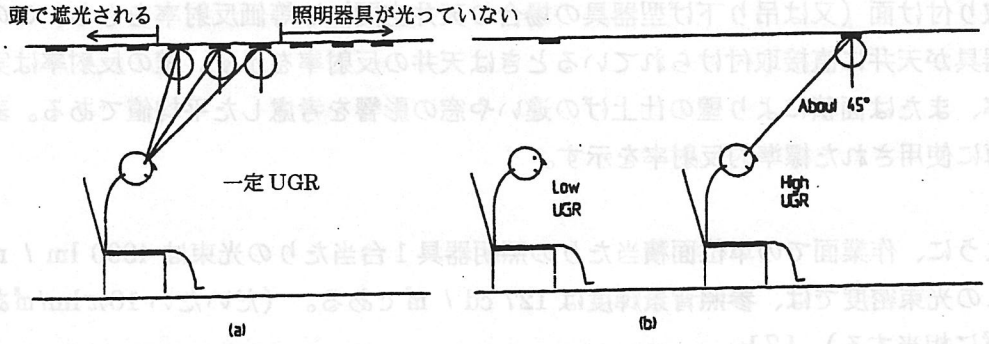


図 A4.　(a)遮光角 60° で器具間隔を狭めて設置した状態
どの場所でもいくつかの照明器具が UGR の値に関係し、それは一定で観察者の場所に関わらない。(b)同じ器具を器具間隔を広くして設置した状態。UGR はある場所では低く、他の場所では高くなる。UGR の値は器具間隔を小さくしたときの平均ＵＧＲの値を中心に最小値、最大値の間を変化する。

図 A4(a)で示した様に、いくつかの器具はグレアとなるが、器具間隔が狭いと観察者位置から見たＵＧＲの変化は小さいものとなる。器具間隔の変化が小さいときはグレアに影響する器具も少ない。これらの影響の程度の和は照明器具の数にだいたい比例するが、背景輝度も同じように変化するのでこの影響はお互い打ち消しあう。 したがって照明器具間隔はＵＧＲの値には影響しない。

当然の結果として修正前のＵＧＲ値は参照器具間隔により計算される。
前述の様に器具間隔は　０．２５×Ｈである。
照明器具間隔が広い時はＵＧＲの値は図 A4(b)で示すように観察者の位置の少しの変化で

も変わってしまう。したがって、ＵＧＲ値は器具間隔が広くなると均一でなくなる。それは照度の均斉度が低下するのと同じである。

しかし器具間隔が狭い場合のＵＧＲ値は有効である（これは器具間隔で定義された領域内の観察者位置の「平均」的な条件をあらわすからである）。
器具間隔の狭い場合のＵＧＲは異なった観察者の位置におけるＵＧＲ値の最小値と最大値を導く基本となる。ある種の器具（反射板が鏡面でシャープカットオフの器具）では、取り付け高さに対して中程度な狭さに器具を取り付けるとＵＧＲ値は不均一となる。そのような器具は近距離ではグレアの原因となる。
拡散型の器具（乳白パネルのような）では、器具間隔を離してもＵＧＲ値は一定である。そのような器具は離れた位置からもグレアをひきおこす。しかし器具のタイプにより一般的仮定を作り上げるのは難しい。

観察者位置による変動は、器具間隔により定義された領域内で観察者位置を０．２５Ｈ間隔で移動させて求められる。観察者の上方（下方）への位置の変化は器具間隔が狭い場合のＵＧＲ値の最高値（最低値）から平均のＵＧＲ値を引いたものによって求められる。
.図 A4(b)によってその実際例を示す。

器具間隔はとても重要である。視線方向内の取付間隔は特に重要である。
１Ｈ、１．５Ｈ、２Ｈの３つの器具間隔が推奨される。これらはＵＧＲ表の補助表の作成のために使用される。

A3　ＵＧＲ表の計算

A3.1 予備注釈

一般の照明システムの二面対称配光器具におけるＵＧＲ表を使用して図Ａ２に示す様な、２つの標準観察条件での過程を示す。

包括的ＵＧＲ表において、その主要部分には相対部屋寸法（図Ａ２）と標準的反射率についての修正前のＵＧＲ表が含まれる。

参照値はφ0=1000 lm, H=2 m, S=0.25×H=0.5m である。修正前のＵＧＲ値はこれらの参照値によりｺﾝﾋﾟｭｰﾀｰ計算がなされるが、実際のＵＧＲ値を得るにはそれらのパラメータの実際の数値の補正係数を使用しなければならない。

引算式ＵＧＲ表においては、計算済の修正前のＵＧＲ値は相対部屋寸法に対してのみ与えられている。前述した様に、たいていの場合、表Ａ４の中の標準的な表の１つは、計算された表に置き換えられる。この場合、補正係数と共に、その表は関連した標準の表を参照

することになる。
引算式ＵＧＲ表は同じ参照値により作成される。器具１台あたりの全光束φに対応した補正がなされる。背景輝度は１２７ｃｄ/㎡である。このことは、実際の背景輝度ＬＲに対しては追加の補正がなされることを意味する。この補正は Ａ６式を使って行われる。２つのＵＧＲ表の例は、表Ａ２（包括的表）と表Ａ３（引算式表）に与えられている。
段階的な表の組み立て方をつぎに説明する。

表Ａ４　修正前のＵＧＲ値の標準表（用語は北欧方式による）

BK00 ---- 20 in all positions ----

BK01 x	2	3	4	6	8	12
y 2	19,0	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5
3	19,3	19,7	19,9	19,9	19,9	19,9
4	19,4	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0
6	19,4	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0
8	19,4	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0
12	19,4	19,8	19,9	20,0	20,0	20,0

BK02 x	2	3	4	6	8	12
y 2	18,0	18,5	18,7	18,8	18,8	18,8
3	18,7	19,2	19,5	19,6	19,6	19,6
4	18,8	19,4	19,7	19,8	19,9	19,9
6	18,9	19,5	19,8	19,9	20,0	20,0
8	18,9	19,5	19,8	20,0	20,0	20,0
12	18,9	19,5	19,8	20,0	20,0	20,0

BK03 x	2	3	4	6	8	12
y 2	17,0	17,6	17,9	18,0	18,0	18,0
3	17,9	18,6	18,9	19,1	19,1	19,2
4	18,2	18,9	19,3	19,5	19,6	19,6
6	18,4	19,1	19,5	19,8	19,8	19,9
8	18,4	19,1	19,6	19,8	19,9	19,9
12	18,5	19,2	19,6	19,9	19,9	20,0

BK04 x	2	3	4	6	8	12
y 2	16,0	16,6	17,0	17,1	17,2	17,2
3	17,2	17,9	18,4	18,6	18,7	18,7
4	17,6	18,4	18,9	19,2	19,2	19,3
6	17,9	18,7	19,2	19,6	19,7	19,7
8	18,0	18,8	19,3	19,7	19,8	19,9
12	18,0	18,8	19,4	19,8	19,9	20,0

BK05 x	2	3	4	6	8	12
y 2	15,0	15,7	16,1	16,3	16,3	16,3
3	16,5	17,3	17,8	18,0	18,1	18,2
4	17,0	17,8	18,4	18,8	18,9	18,9
6	17,4	18,3	18,9	19,3	19,5	19,6
8	17,5	18,4	19,1	19,5	19,7	19,8
12	17,6	18,5	19,2	19,6	19,8	20,0

BK06 x	2	3	4	6	8	12
y 2	14,0	14,7	15,2	15,4	15,5	15,5
3	15,7	16,5	17,1	17,4	17,5	17,6
4	16,4	17,3	17,9	18,3	18,4	18,5
6	16,9	17,8	18,5	19,0	19,2	19,4
8	17,1	18,0	18,8	19,3	19,5	19,7
12	17,2	18,2	18,9	19,5	19,8	20,0

BK07 x	2	3	4	6	8	12
y 2	13,0	13,8	14,3	14,6	14,6	14,6
3	14,9	15,8	16,4	16,8	16,9	17,0
4	15,7	16,7	17,4	17,8	18,0	18,1
6	16,4	17,4	18,2	18,7	19,0	19,1
8	16,6	17,7	18,5	19,1	19,4	19,6
12	16,8	17,9	18,7	19,4	19,7	20,0

BK08 x	2	3	4	6	8	12
y 2	12,0	12,8	13,4	13,7	13,7	13,8
3	14,1	15,0	15,7	16,1	16,3	16,3
4	15,0	16,0	16,8	17,3	17,5	17,6
6	15,9	16,9	17,8	18,4	18,7	18,9
8	16,2	17,3	18,2	18,9	19,2	19,5
12	16,5	17,6	18,5	19,3	19,6	20,0

BK09 x	2	3	4	6	8	12
y 2	11,0	11,9	12,5	12,8	12,9	12,9
3	13,3	14,3	15,0	15,4	15,6	15,7
4	14,4	15,4	16,2	16,8	17,0	17,1
6	15,3	16,4	17,3	18,0	18,4	18,6
8	15,8	16,9	17,8	18,6	19,0	19,3
12	16,1	17,3	18,3	19,1	19,6	20,0

BK10 x	2	3	4	6	8	12
y 2	10,0	10,9	11,5	11,9	12,0	12,0
3	12,5	13,5	14,2	14,8	14,9	15,0
4	13,7	14,7	15,6	16,2	16,5	16,6
6	14,8	15,9	16,9	17,7	18,0	18,3
8	15,3	16,5	17,5	18,4	18,8	19,2
12	15,8	17,0	18,1	19,0	19,5	20,0

BK11 x	2	3	4	6	8	12
y 2	9,0	9,9	10,6	11,0	11,1	11,1
3	11,6	12,7	13,5	14,0	14,2	14,3
4	12,9	14,0	14,9	15,6	15,9	16,1
6	14,2	15,4	16,4	17,2	17,6	18,0
8	14,9	16,1	17,1	18,1	18,5	19,0
12	15,5	16,7	17,8	18,9	19,4	20,0

BK12 x	2	3	4	6	8	12
y 2	8,0	8,9	9,6	10,1	10,2	10,2
3	10,8	11,8	12,7	13,2	13,5	13,6
4	12,2	13,3	14,2	15,0	15,3	15,5
6	13,7	14,9	15,9	16,8	17,2	17,6
8	14,4	15,7	16,8	17,7	18,3	18,8
12	15,2	16,5	17,6	18,7	19,4	20,0

BKBF x	2	3	4	6	8	12
y 2	11,9	13,0	13,6	14,1	14,3	14,4
3	13,4	14,7	15,4	16,1	16,5	16,7
4	14,0	15,4	16,2	17,1	17,5	17,9
6	14,4	15,9	16,8	17,9	18,4	19,0
8	14,6	16,0	17,0	18,1	18,8	19,5
12	14,7	16,2	17,1	18,4	19,1	20,0

BKFF x	2	3	4	6	8	12
y 2	12,7	13,6	14,1	14,5	14,6	14,7
3	14,3	15,4	15,9	16,5	16,7	16,9
4	15,0	16,1	16,8	17,5	17,8	18,0
6	15,5	16,7	17,4	18,3	18,7	19,1
8	15,7	16,9	17,7	18,6	19,1	19,6
12	15,8	17,1	17,8	18,8	19,4	20,0

A3.2　標準の配置についての中間表

参照条件は上述のように与えられる。２つの視線の各々について同じ計算が図Ａ５に示すｆ luminaire の中間表によって、なされる。図の（Ｒ，Ｔ，Ｈ）の座標によって照明器具の位置が決められると、γ^2 と（C,γ)のポジションインデックスを決定することは可能である。中間表の計算は計算済のデータを使用するという、単純なこととなる。

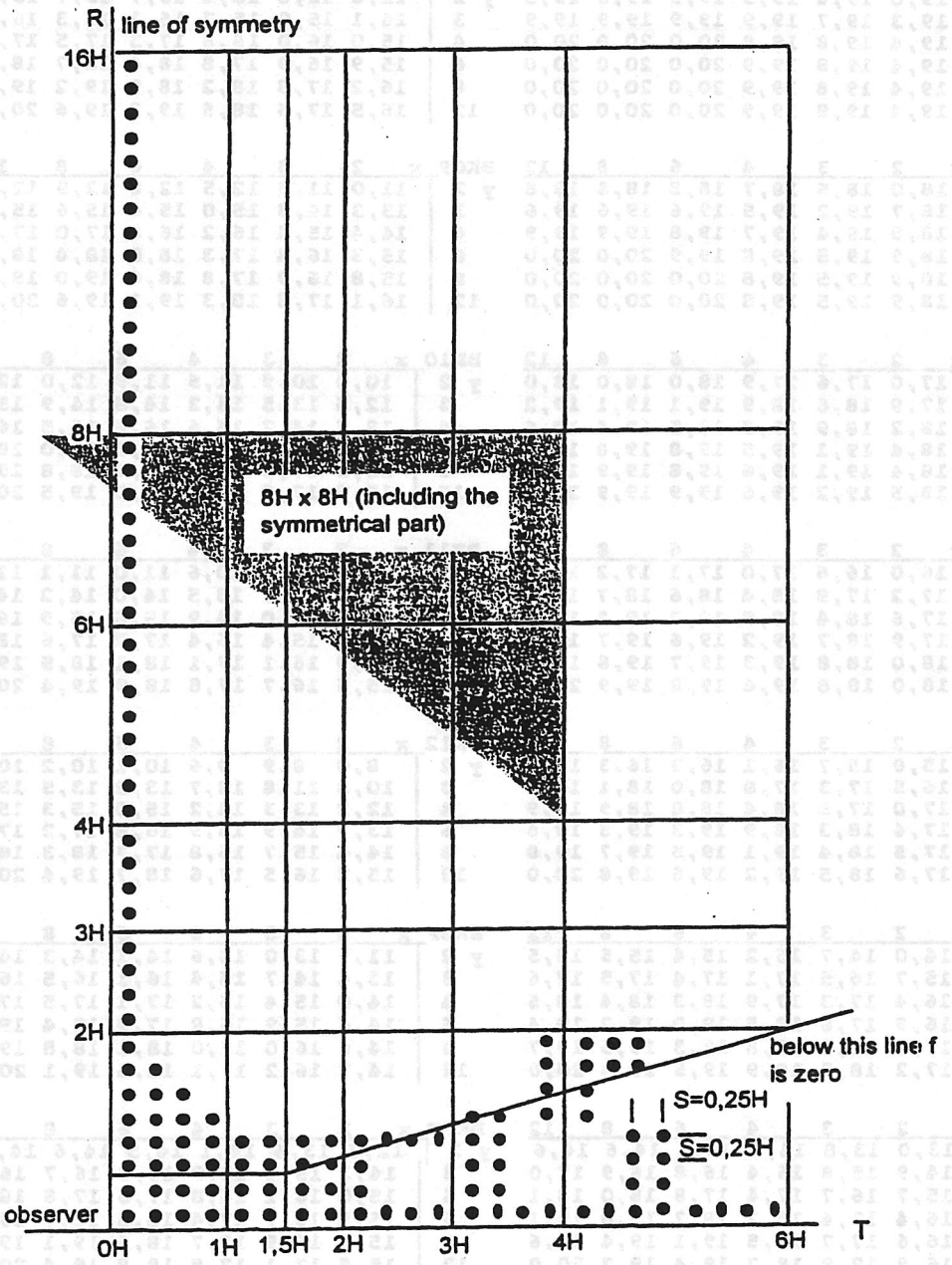


図 A5　　f liminaire の中間表を作成した標準的器具配置

中間表はΦ_0=1000 lm で作成される。 照明器具が二面対称であると仮定すると、中間表はＴのみの正の値で作成する必要がある。

A3.3 UGR表の主要部分

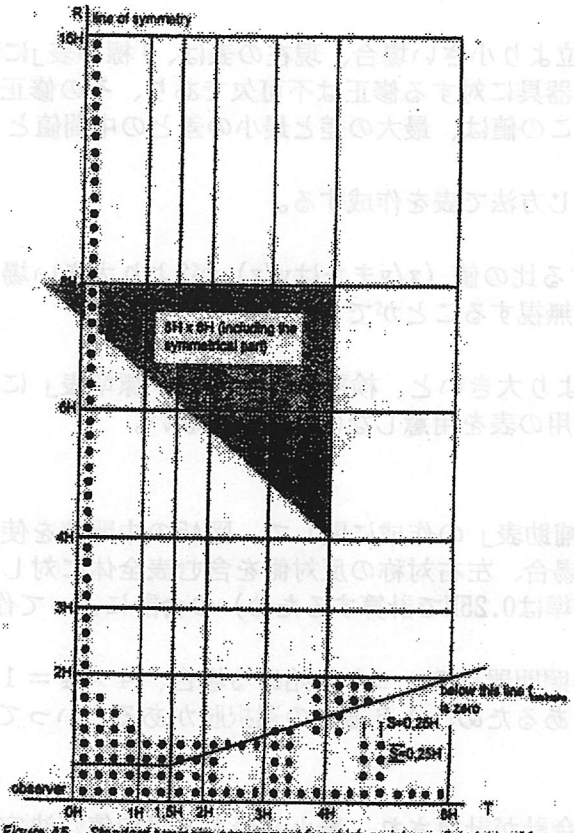


Figure A5 Standard luminaire arrangement for which an intermediate table of $f_{luminaire}$ is set up.

図A5 標準の照明器具の配置（ｆ luminaireの中間表を作成するのに用いる）

「中間表」は、「主要UGR表」を作成するために用いる。図A5で８H×８Hの場合について例示したように、部屋の大きさに対応する領域内で足し合わされる。実際には、左右対称である配列の半分だけを合計して２倍する。その合計は、背景輝度127 cd/m^{2}の値を用いて、「修正前のUGR値」に変換され、表A5に示す２つの視線方向に関する表を作成する。

表 A5 参照条件と背景輝度127 cd/m^{2}に対する「修正前のUGR値」

Table A5 Tables of uncorrected UGR values for the reference conditions and a background luminance of 127 cd · m^{-2}.

	x = 2	3	4	6	8	12		x=2	3	4	6	8	12
y = 2	14,3	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	y = 2	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
3	14,4	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	3	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
4	14,4	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	4	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
6	14,4	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	6	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
8	14,4	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	8	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
12	14,4	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	12	13,4	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
	a. viewed crosswise							b. viewed endwise					

「包括的UGR表」に関しては、まず、部屋の大きさに対応して、「修正前のUGR値」をUGR表の中から選定し、次に、相対的な背景輝度L_Rの値に対して修正する（相対的な背景輝度L_Rに関する修正は、２つの視線方向に対して同じ値である）。

「引算式UGR表」に関しては、それぞれの視線方向ごとに別々に考える。それぞれの視線方向を含む新しい表を作成するために、現在検討している表の値から、「標準表」の値を引き算する。この差の値から、最大と最小の差の大きさを探し出す。最小と最大との違いの

半分は、現在の「標準表」が検討中の表に置き換えたために生じる誤差である。最も少ない誤差を生じる「標準表」を選定する。

その誤差がUGRの値で１単位より小さい場合、現在の表は、「標準表」に置き換えることができる。ただし、その照明器具に対する修正は不可欠であり、その修正値を「標準表」に書き加えなければならない。この値は、最大の差と最小の差との中間値として求める。

他の視線方向についても同じ方法で表を作成する。

表を比較して、位置に関する比の値（x/yまたはy/x）が3より大きい場合は、それらは特異な部屋に関する値として無視することができる。

誤差が、UGRの値で１単位より大きいと、検討中の表は、「標準表」に置き換えることができず、その照明器具に専用の表を用意しなければならない。

A3.4 UGRの値の補助表

UGR値の変化範囲を表す「補助表」の作成に関して、図A5の中間値を使用する。取り付け間隔が１×Hの照明器具の場合、左右対称の反対側を含む表全体に対して、TとR両方向について４番目ごとの値（標準は0.25Hで計算するため）の合計によって作成される。

観察者の近傍にある16台の照明器具の一つから始める場合、４×４＝１６通りの選択肢がある。ただし、左右対称であるため、１６通りの選択肢があるといってもそのうちの８通りが異なるだけである。

これらの８通りについて、合計が計算され、最小と最大と平均値が決定される。合計の平均値に対する最小値の比の値は、１より小さい。この値に対しては、底が10の対数が適用される。小さい方への変動は、-8 log（最小値／平均値）であり、大きい方への変動は、8 log（最大値／平均値）である。

それぞれの選定は、照明器具に対する観察者の位置の選定に対応する。また、変動幅は、観察者が１H×１Hの範囲で動くときのUGR値の変化幅を示す。背景輝度は、その室内の全ての位置に関して一定と仮定する。

5×Hと2×Hの取り付け間隔に関しても、変化幅の求め方は同様であり、それぞれ、8通り、32通りの異なる値が導き出される。
もう一方の視線方向についても同様の手順で検討される。

A4 UGR表の使い方

A4.1 はじめに

UGR表は、単純な箱型の部屋を対象としている。少しくらい条件が異なっても、概算することによって、UGR表を適用できる。次にUGR表の使い方を説明する。

最初のステップでは、表の主要部分から「平均」UGRを導き出す。これには、適切な「修正前のUGR」の選定と、それに修正係数を加える計算とが含まれる。

第二のステップでは、変化幅を示す「補助表」によって、実際のUGRの変化幅を求める。特に、平均UGRに増加方向の変化幅を加えることによって、UGRの最大値を求めることが重

要である。

計算手順は、標準的な観察者の条件、つまり、照明器具に対して平行な視線方向と垂直な視線方向について行うことができる。例えば、講義室等では、一方向の視線方向のみが重要なので、その方向だけ計算すればよい。他の条件では、両方の視線方向について計算した方がよい。

UGRの値が大きく変化する照明施設の場合には、（UGRが高い）不適切な位置を避けることができるかどうかを決めるのに注意を要する。不適切な位置を避けることができる場合、平均UGRが（その部屋のグレアの）条件を適切に記述していると考えられるが、避けることができない場合、最大のUGRを採用すべきである。

次に計算手順を説明する。ただし、データをどのように内挿すればよいかなどの詳細については触れない。さらに、修正については、それらの変換項により導かれると仮定する。修正値を誘導するための図を含む詳細のガイドが役立つだろう。いくつかの国では、データへのアクセス方法とユーザーへのガイドを提供するディスケットの形で、仕様書とプログラムが提供されている。

A4.2. 「包括的UGR表」の使い方

部屋と照明施設に関する必要なデータは、表A6の計算フォームのPart Aに示している。

Hの値を得るために、床から照明器具までの取りつけ高さから観察者の視線高さを差し引く。通常、着座の観察者の視線高さは1.2mであり、立位の観察者の視線高さは、1.7mである（この値は少し高過ぎませんか？）。部屋の寸法x,yは、Hで表す寸法に変換される（図A2参照）。

次のステップは、部屋の反射率を選ぶことである。床のキャビティの反射率は、普通、0.2と仮定される。天井のキャビティは、吊り下げ型の照明器具の場合に使われる（図A3参照）。

フォームのPart Bでは、「平均」UGRが計算される。適切な「修正前のUGR値」が表A2から選定される。修正値が導き出されて加えられる。これらは両方の視線方向に適用される。一つの修正は、照明器具のタイプについて行われ、それは表の下部から読み取られる。もう一つの修正は、照明器具１台当たりの全ランプ光束に対し、表中の修正係数を用いて行われる。

最大のUGR値は、フォームのPart Cで決定される。各視線方向の照明器具の取り付け間隔は、Hにより表される。補足表から増加方向の変化幅が選定され、平均UGR値に加算される。

表 A6 包括的UGR表からのデータを用いたUGRの計算例

Part Aでは、部屋と施設に関するデータが示され、Part Bでは、平均UGR値が計算され、Part Cでは増加方向の変化幅が加えられ、最大UGR値が得られる。ランプ光束の修正は、式A.1を参照して行なう(8 log 3250/1000=4.1)。

Table A6 Example of a UGR calculation using data from the comprehensive UGR table. In part A data for the room and the lighting installation is indicated, in part B the "average" UGR values are calculated and in part C the variations upwards are added to give the maximum UGR values. See equation A.1 for the actual lamp flux correction (8 log 3250/1000 = 4,1).

A. Data for the room and lighting installation

Mounting Height		*Reflectances*	
above floor = 3,2m		ceiling/cavity = 0,5	
- eye height = -1,2m		walls = 0,5	
above eye level *H* = 2,0m		working plane = 0,2	
Room Dimensions		*viewed crosswise*	*viewed endwise*
endwise: 8m =	4 *H* =	*x*	*y*
crosswise: 16m =	8 *H* =	*y*	*x*

B. UGR calculation

Uncorrected UGR:	14,6	13,7
Corrections for luminaire = 36 W, luminous flux Φ = 3250 lm	0,0 4,1	
"average" UGR:	18,7	17,8

C. Upwards variations

luminaire spacings:	2m = 1 H	2m = 1 H
variation upwards:	0,9	0,8
maximum UGR:	19,6	18,6

A4.3 引算式UGR表の使い方

「引算式UGR表」については、計算フォームが表A7に示されている。「修正前のUGR値」は、表A4の適切な「標準表」から選定する。

表A7 「引算式UGR表」からのデータを用いるUGR計算は包括的UGR表と同様に行われるが、Part Bにおいて修正前のグレアインデックスが「標準表」から抽出することと、さらに、L_Rに関する修正を行なう点が異なる。

Table A7 UGR calculation using data from the reduced UGR table proceeds as for the comprehensive UGR table, except that in part B, the uncorrected glare indices are taken from standard tables and a further correction for L_R is applied.

A. Data for the room and lighting installation

Mounting Height		*Utilisation factors*	
above floor = 3,2m		*UF* (total) = 6 x 0,59	
- eye height = -1,2m		*UF* (direct) = -5 x 0,51	
above eye level *H* = 2,0m		L_R = 0,99	
Room Dimensions		*viewed crosswise*	*viewed endwise*
endwise: 8m =	4 *H* =	*x*	*y*
crosswise: 16m =	8 *H* =	*y*	*x*

B. UGR calculation

Standard tables:	BK00	BK00
Uncorrected UGR:	20,0	20,0
Corrections for luminaire = 36W	-5,5	-6,4
luminous flux Φ = 3250 lm	4,1	
- 8 log L_R =	0,0	
"average" UGR:	18,6	17,7

C. Upwards variations

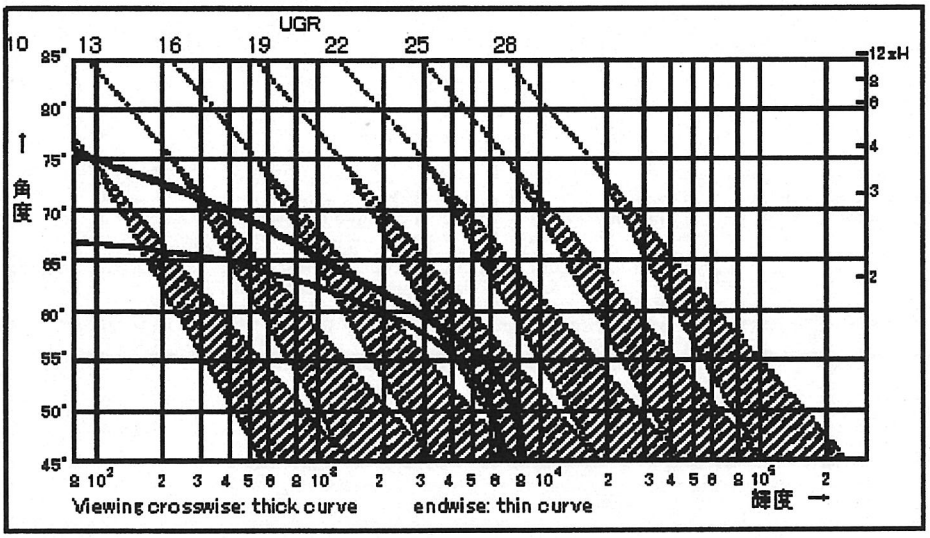
luminaire spacings:	2m = 1 H	2m = 1 H
variation upwards:	0,9	0,8
maximum UGR:	19,6	18,6

計算は、包括的UGR表と同様に進められるが、相対的背景輝度L_Rに関する修正を計算すること（式A4参照）が異なる。(8 log LR)の修正が加えられる（式A.6参照）。

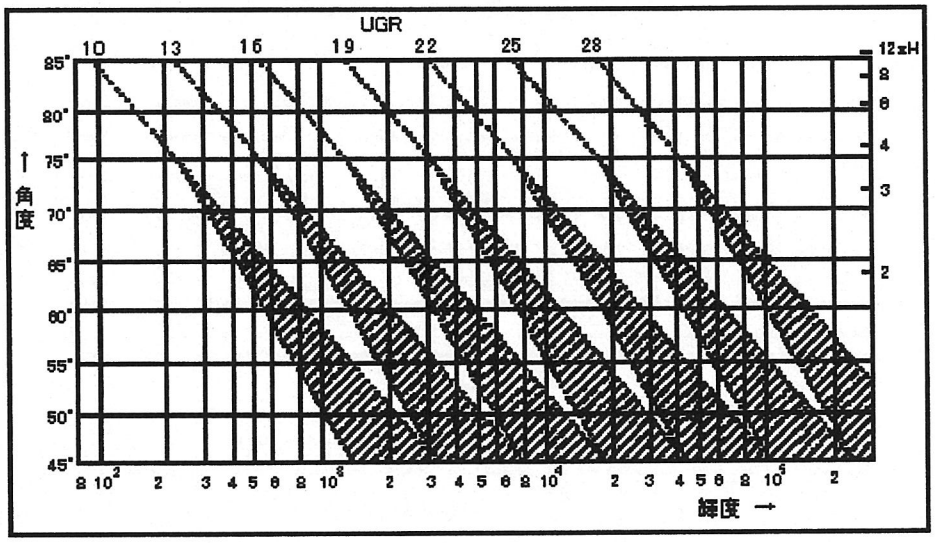
Appendix B　ＵＧＲ曲線

B1　ＵＧＲ曲線

図１はUGR曲線の一例を示す。これはCIEセーフガードシステムに極めて近い。照明器具は表A6、A7 の計算に使用したものと同じである。(二方向対象鏡面ルーバー)。図B1 のダイアグラムIには直交方向と縦方向から見た場合の照明器具の輝度線も併記してある。



ダイアグラムＩ　典型的な背景輝度の場合、照明器具の輝度線も示す



ダイアグラムII　背景輝度が比較的高い場合

図B1　ダイアグラムは UGR が 10、13、16、19、22、25、28 における輝度の限界値を示す。

曲線はUGRの平均値を目標としている。曲線に接する影の部分はUGRの最大値が上記のそれぞれの次に高い値に制限された場合に避けるべき範囲である。
図で見られるように輝度の線はUGR値19の曲線より左側にある。よってこの照明器具の場合、平均UGR値は全体として19より下にあると予測される。しかし、直交方向から見た場合の輝度線はUGR曲線の影つきの範囲に入りUGR最大値が19を超えるいくつかの場合があるであろう。これらのことは表A6、A7の結果とおおむね一致している。

B2　UGR曲線の導き方

UGR曲線は限界輝度曲線で照明器具の直下方向に対する鉛直角の輝度を対数表示したものである。それぞれのUGR曲線はある一定のUGR値に対応していて、ダイアグラムはUGR値10から28の曲線を表示している。

UGR曲線で重要なことは、UGRがある値に制限されたとき、ある部屋でありえる角度範囲で、その対応する曲線によって照明器具の輝度が制限されることである。UGR最大値が考慮され小さい部屋の照明ではない場合(図4参照)、輝度はさらに、影の部分で示される角度範囲のように規制される。

照明器具からの作業面1m²あたりの光と背景輝度の比率が、曲線を算出するのに必要である。図B1のダイアグラムIでは背景輝度は典型的な値として1cd／m²と仮定されている。図B1のダイアグラムIIでは比較的高い値として背景輝度は2.37倍になっている。B3章にダイアグラム選択のアドバイスがある。

2つのダイアグラムのUGR曲線は次式で示される。

図B1のダイアグラム1　$\log L = (29+UGR-0.308g)/8$
図B1のダイアグラム2　$\log L = (32+UGR-0.308g)/8$

ここで、Lは輝度、g は直下方向からの鉛直角

影付きの部分はその値自身の曲線と、その曲線の75°の点から3ユニット低いUGR曲線の45°の点までを結んだ線に囲まれている。

ダイアグラムの導き方は、現在時代遅れとなったBZ分類のBZ1からBZ10の理論上の照明器具に基づいている。UGR曲線の導き方はFischer[8]とSfrensen[9]を参照にされたい。

B3　UGR 曲線の使用法

図 B1 のダイアグラムは比較的明るい部屋に適用される。(例えば、天井、壁、床の反射率がそれぞれ 0.7、0.5、0.2)

図 B1 のダイアグラム I は壁や天井を直接照らさない照明器具に対して用いるべきである。このような照明器具は、鉛直方向に対して小さい角度から中間の角度まででカットする光学特性を備えたものである。

図 B1 のダイアグラム II は広い光線のものか壁あるいは天井を直接照らす上方への光を含む照明器具である。このような照明器具は拡散ルーバーや乳白パネルがついている。

部屋の特性が背景輝度に影響するので UGR 曲線システムでは背景輝度の実際値が誤差の基になる。照明器具の種類は二つだけのダイアグラムから選ぶという簡潔にされた方法以上の影響がある。実際には UGR は UGR 曲線で示された値より 1 あるいはそれ以上のユニット異なることがありえる。
システムのその他の誤差の原因は、照明器具の輝度線が多かれ少なかれ限界曲線に一致するということである。輝度線が広い角度範囲にわたって一致していたとき、UGR は UGR 曲線で示されるより高くなる。また、狭い範囲の場合は低くなる。

ダイアグラムの影付きの部分はいかに最大 UGR が影響を受け、正確な情報が求められていないかを示すものである。

これらの制限により UGR 曲線は細かい照明計画での利用は薦められない。しかし、照明の計画、初期の選択を目的とした同様の器具の比較や現場での設備テストにおいては有用である。

Appendix C 照明器具のデータ

C1 はじめに

UGRを計算するためには、(C,γ)で表されるあらゆる方向について、照明器具の輝度Lと見かけの面積Apに関するデータが必要である。
光度Iを決めるために光度配光表が（メーカーから）提供されるべきである。一般的に、UGRは、コンピュータを用いて計算されるので、コンピュータで読み取れるフォーマットで提供される[10]。発光部の形と寸法に関する説明も同様に必要である。

表C1光度配光表 表中の値は、1000 lm当たりの光度cdで表現されている。

実際には、（水平方向には）C=0°～90°、（垂直方向には）γ=0°～90°の範囲で記述されている。

Table C1 A luminous intensity table. The values are in cd per 1000 lm. The actual table range C = 0° to 90°, as the luminaire is diaymmetric, and from γ = 0° to 90°, as the lur intensities for γ = 90° to 180° are zero.

	C = 0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
γ = 0°	321	321	321	321	321	321	321	321	321	321
2°	321	321	322	321	321	322	322	320	320	321
4°	319	320	320	320	320	321	321	319	320	321
6°	318	317	318	318	319	320	320	319	319	320
8°	314	315	316	316	316	317	317	317	317	317
10°	311	312	313	313	313	314	314	313	313	314
12°	306	309	310	310	310	310	310	308	309	310
14°	304	305	307	307	306	305	304	304	304	305
16°	301	302	303	302	301	300	300	299	300	300
18°	297	298	299	298	296	295	294	293	293	295
20°	293	294	295	292	291	290	287	286	287	289
22°	288	290	290	287	285	283	281	279	280	280
24°	283	285	285	282	279	277	274	272	272	274
26°	278	279	278	275	273	269	267	264	265	268
28°	274	275	272	269	266	262	259	256	256	258
30°	270	271	269	263	258	254	251	248	247	249
32°	267	268	264	258	251	247	243	239	238	239
34°	265	266	260	253	244	238	234	230	229	230
36°	264	263	256	246	238	230	226	220	219	220
38°	260	260	253	243	232	222	217	211	208	209
40°	251	251	246	239	225	215	206	200	197	199
42°	240	239	236	231	218	207	198	190	186	187
44°	227	227	224	220	210	200	188	180	176	175
46°	214	212	210	206	200	191	179	169	163	164
48°	196	196	194	192	187	182	170	159	151	151
50°	176	178	176	174	172	170	159	147	138	138
52°	156	158	156	154	153	155	147	135	125	124
54°	130	132	132	131	133	136	132	122	110	108
56°	102	104	107	108	110	114	114	105	92	88
58°	72	75	80	81	87	90	90	80	68	63
60°	48	52	56	57	65	64	61	52	41	36
62°	30	35	38	37	44	41	34	25	19	16
64°	19	22	24	24	28	23	15	11	7	6
66°	12	15	16	16	16	11	7	4	3	3
68°	6	9	11	10	9	5	3	2	2	2
70°	4	6	7	6	4	2	2	1	1	1
72°	2	3	4	3	2	1	1	1	1	1
74°	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
76°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
78°	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
80°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

照明器具によっては、発光部の輝度がどの方向から見ても一定の輝度Lである場合がある。

この場合、見かけの面積は、輝度と高度から得られる。

$$Ap = I\ I\ L \qquad (C.1)$$

他の照明器具では、特定の発光部の形や寸法を有する。輝度は次のように求められる。

$$L = I\ I\ Ap \qquad (C.2)$$

照明器具の説明としては、カテゴリーA（均一輝度）かカテゴリーB（特定の発光部の形と寸法を有する照明器具）のいずれかで代用できる。詳細はC3章に記述されている。

C2 光度配光表

光度配光表は、普通、C,γ座標系で表現される。典型的な表を表C1に示す。この表は、C=0～180°は左右対称ではなく、C=90～270°は左右対称な照明器具のものである。そのため、表はC=0～90°の範囲で提供されている。この表は、Appendix AとAppendix BのUGR表に用いた照明器具のものである。

コンピュータを使用する場合には、様々なファイル形式がある。光度は、表中のデータから内挿して得ることができる。多くの場合、表中の光度は、ランプ光束1000 lmに対して提供されているため、表中のデータは、（実際のランプ光束にあわせて）変換しなければならない。

C3 照明器具の寸法と形のデータ

C1章で述べたように、照明器具にはさらに詳細な説明が必要であり、その説明は表C2と図C1の形式をとる。

カテゴリーA（表C2参照）は、発光部が一定、または、ほぼ一定の輝度Lの照明器具に適用される。これらの照明器具は裸ランプか、鏡面反射板に裸ランプの像が写っている照明器具だろう。問題は、概算の輝度を決めることである。これには、裸ランプの平均光束に関する表データが有効である（図C2参照）。裸ランプの付いた照明器具に関しては、その値は直接使える。鏡面反射板の照明器具に関しては、その反射材料の反射率をかけることにより、その値を減じて使える。

表C2 照明器具の補足説明のための標準データ

Table C2 Standard texts for supplementary description of luminaires.

A	The luminous parts are described as: a figure with a constant luminance per 1000 lm of	1000 cd·m^{-2}
B0	The luminous parts of the luminaire are described as: a horizontal surface of the area	1000 cm^2
B1	The luminous parts of the luminaire are described as: a horizontal bottom of the area and a vertical cylinder, area seen from the side	1000 cm^2 500 cm^2
B2	The luminous parts of the luminaire are described as: a horizontal bottom of the area and vertical sides, each of the area and vertical ends, each of the area	1000 cm^2 300 cm^2 300 cm^2
B3	The luminous parts described as: a half-sphere with a horizontal base of the area	1000 cm^2
B4	The luminous parts are described as: a sphere of the apparent area	1000 cm^2
B5	The luminous parts are described as: a vertical cylinder, area seen from the side	500 cm^2
B6	The luminous parts are described as: a horizontal cylinder, area seen from the side	500 cm^2

カテゴリーAの説明は、複雑な幾何学形状の乳白拡散板がついた照明器具にも当てはまる。1000 lm当たりの平均輝度は、次の式で表される。

$$L=\eta/(\pi\times Ap) \quad (1000\ \text{lm当たり}) \qquad (C.3)$$

ここで、ηは、照明器具の効率。Apは、照明器具の発光面積。

ほとんどの照明器具は、表C2のカテゴリーBに当てはまる。図C1を用いると適切な形を選定することができる。提供されるデータは、投影面積を示す。カテゴリーB1では、水平な底面と垂直な円筒の投影面積とそれらの和を計算する。これらの公式は、図C3に示されている。

そのため、これらは、標準の形式で記述されていることが望ましい。Nordic glare index method[9]でコンピュータ出力ファイルと照明器具の仕様書を作成するために使用されていた標準形式を表C2に示す。このレポートのUGR表では、タイプB0は1180cm^{2}の面積の照明器具に用いられていた。

もう一つの方法としては、図C1の説明を使う方法である。多くの補足的ルールが付随する。そのルールとは、カテゴリーAとBとの選択に関するものである。もし、照明器具がルーバーかその類のものを有するときで、しかも、反射板の輝度が500cd/m^{2}より高いとき、カテゴリーBを選ばなければならない。

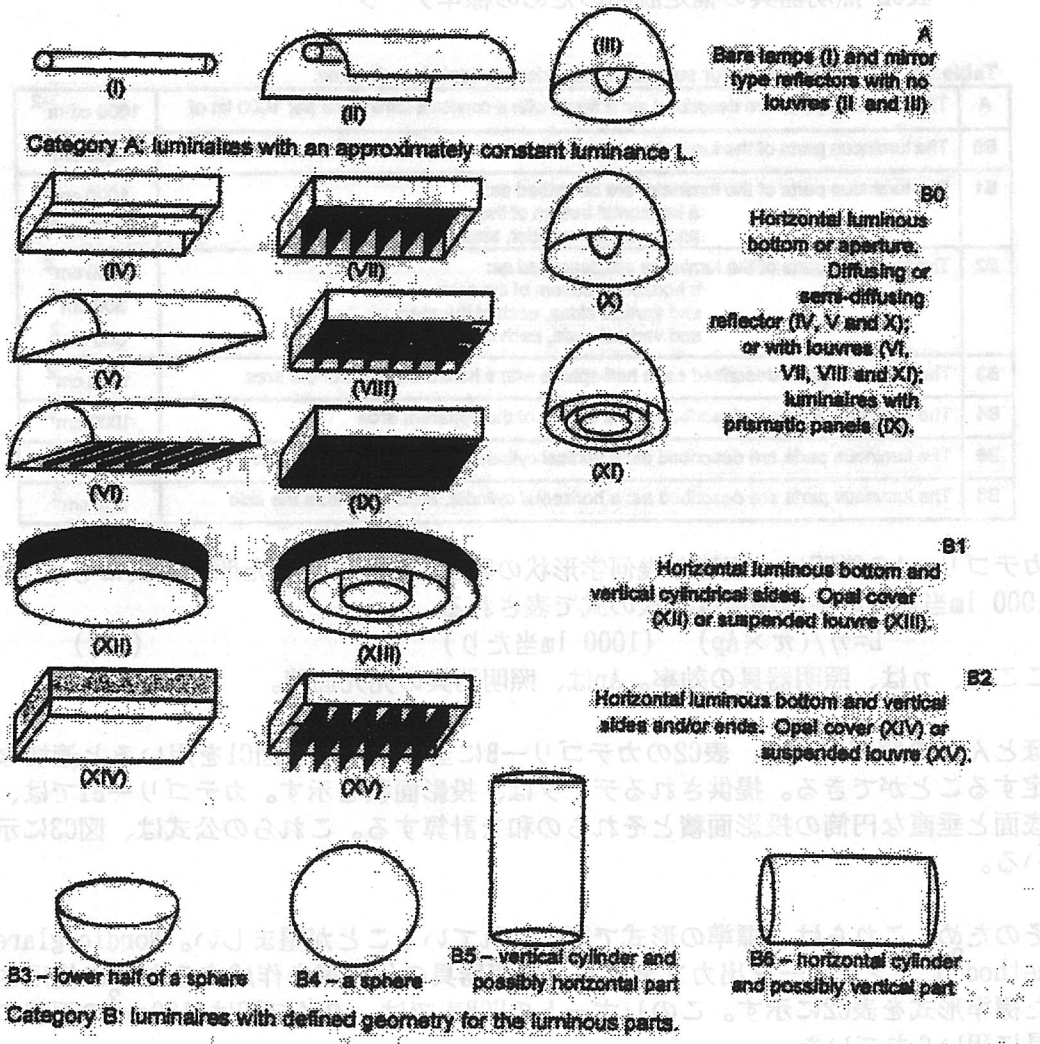


Figure C1. Supplementary description of the luminaire.

図C1 照明器具の補足的説明

もし、カテゴリーBを用いるとき、吊り下げルーバと同様の発光面積は、その輝度が500cd/m^{2}以上であれば、全て見かけの面積に含めることができる。標準形に分類されていないような発光部の形の場合、標準形のいずれか近いものに当てはめる必要がある。

最後に、γ角によって特性が変化する場合、説明の選定は最も高い輝度の角度γの特性で代表させるべきである。

これらのルールは、Nordic glare index method[9]のルールを簡易化したものである。

これらのデータは、必ずしも、高精度を要するわけではない。というのは、-25%～+30%

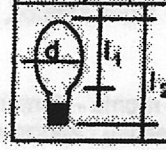
程度のエラーがUGRの尺度でたった1ユニットにすぎないからである。

Rating W	Dia (D) mm	L cd·m^{-2}*
25/40/60	50	28000
75/100	60	28000
150	65	24000
200	80	16800
Standard GLS lamps		
25	70	21000
40/60/100	95	11200
40/60/100	126	6400
Lamps with large bulbs		

Incandescent lamps with frosted or matt bulbs

*Note: L in cd · m^{-2} per 1000 lamp lm

Rating W	l_1 mm	l_2 mm	Dia (d)	L cd·m^{-2}*
50/70	150	106	70	15200
100	180	114	75	13200
150/250	220	137	90	9200
400	290	182	120	6200
High pressure sodium lamps				
50	130	94	55	25000
80	155	106	70	15200
125	180	114	75	13200
250	220	137	90	9200
400	290	182	120	6200
Mercury lamps				



High intensity discharge lamps with ellipsoidal, frosted bulbs

Figure C2. Average luminance in cd · m^{-2} per 1000 lm for different types and sizes of lamps. Only a few of the many lamp types are shown and are indicative; manufacturers' data should be used.

図C2 種々のランプの平均輝度（1000 lm当たり）。数多いランプのうちわずかのデータしか示されていない。実際にはメーカーのデータを使用するとよい。

図C3 発光部の投影面積（カテゴリーの補足的説明に使う）

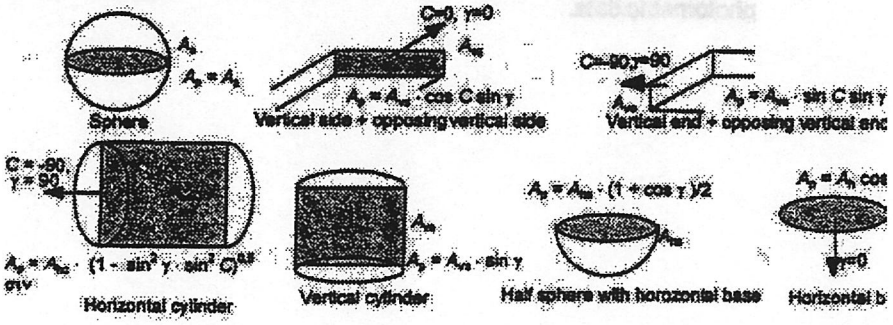


Figure C3. Projected areas of the luminous parts used for supplementary description in cat

REFERENCES

1 CIE Publication No. 29.2: Guide on Interior Lighting, 1986.

2 CIE Publication No. 55: Discomfort Glare in Interior Working Environment, 1983.

3 IES Lighting Handbook, Reference Volume, ed.: Kaufman - Haynes, pp.9-71 - 9-80, 1981.

4 CIE Publication No. 17.4: International Lighting Vocabulary, 4th ed., 1987 Publication 50(6

5 CIBSE Technical Memorandum No. 10 (TM10):The Calculation of Glare Indices, 1985.

6 Sörensen K: A Modern Glare Index Method, CIE Proceedings of 21st Session in Venice 1987.

7 Sörensen K: Interreflection in rooms - Formulas for calculators and computers, Note No. the Danish Illuminating Engineering Laboratory, 1986.

8 Fischer D: Blendung - Neuer Ansatz fur ein internationales Blendungsbewertungssysten No. 1, 50-58, 1990.

9 Sörensen K: A Luminance Limiting Curve Method - based on a Glare Index Formula. Re Note of the Danish Illuminating Engineering Laboratory, 1988.

10 CIE Publication102-1993: Recommended file format for electronic transfer of lu photometric data.

研究調査委員会報告書の著作権について

本報告書の著作権は（社）照明学会に帰属します。

複写をされる方に

本報告書に掲載された著作物は、政令が指定した図書館で行うコピーサービスや、教育機関で教授者が講義に利用する複写をする場合等、著作権法で認められた例外を除き、著作権者に無断で複写すると違法になります。