下面開放白色塗装仕上げ反射板蛍光灯器具の

グレア規制

専門会員

田淵 義彦*

Glare Limitation of the Fluorescent Lamp Lighting Fitting

with White Diffuse Reflector

Yoshihiko Tabuchi (Fellow Member)

(Matsushita Electric Works, Ltd.)

SUMMARY

Limitation of discomfort glare from the lighting installation is one of the important requirements for the lighting environment of the office and the large area store. Shielding of the lamps mounted in the lighting fitting is required.

As for the lighting fitting with the white diffuse reflector generally used, the larger the shielding angle is, the more glare limiting effect is, but the less the efficiency of the fitting is. The shielding angle should balance the glare limiting effect and the efficiency.

To find out the suitable angle, relations between the shielding angle and the efficiency and also the glare limiting effect were studied with the measurement and the calculation of the British IES Glare Indexes. Shielding angle “15°” is found to be suitable.

The fittings adopting the above result are developed. Relative estimation of these fittings among the glare limiting fittings is also mentioned.

1. は し が き

現在、事務所や大型店舗の全般照明器具として、ランプ露出形器具（富士形、H形）あるいは、下面開放形器具が広く用いられている。これらの部屋で快適な照明環境を得るためには、不快グレアの規制が大きな照明要件の一つである。不快グレアの規制を行なうためには、ランプ直射光の適切な遮光を行なうことが必要である。一般的に広く使用されている白色塗装反射板を用いた下面開放形蛍光灯器具では、反射板の深さを深くすることによって遮光の効果を持たせることができる。

遮光角を大きくしていけば、グレア規制の効果は大きくなるが器具効率は低下していく。グレア規制の効果と器具効率の両方の見地でバランスする必要十分な遮光角を設定する必要がある。この検討経過について述べる。

2. 不快グレアの規制

2.1 照 明 の 要 因

事務所照明の視野を模式的に示せば 図 1¹⁾ のとおりである。

照明の主な目的は

- (1) 視作業対象（直接の作業の対象）がよく見えること
- (2) 環境（自分の置かれた状況）がよく把握できること

である。

視作業対象については見え方の向上が重要な目標であり、主として照明生理的要因が影響を及ぼす。環境については、作業者が自分の置かれた状況がよくわかることが必要で、快適性と安全性に影響を及ぼし、主として照明心理的な要因が中心となる。

照明の諸要因を列記すれば、表 1 のとおりである¹⁾。

図 1 事務所作業の視野の模式図¹⁾

* 松下電工機照中央 LAB

本論文の梗概の一部は、昭和51年電気関係学会関西支部連合大会、昭和52年照明学会全国大会、昭和55年電気関係学会関西支部連合大会で発表した。

表1 照明の諸要因¹⁾

照 明 計 画 の 対 象			要 件	
視 作 業 対 象	作業面（書類など）		照 度	
			照度分布、かげ	
			光の方向性	かげ、材質感の表現
				反射グレア
	光源の光源色と黄色性			
	対談中の人の顔		照 度	
			光の方向性	モデリング
光源の光源色と黄色性				
環 境	光 源	照 明 器 具 窓	不快グレア	
			付随した各要件	
	周 壁	天 井 壁（窓） 床	好ましい輝度分布と照度配分	
			好ましい反射率	
	室 内 の 立 体		光の方向性 光源の光源色と黄色性	

2.2 グレア規制の必要性

「不快グレアの規制」は表1に示すとおり、主として環境の向上の要因である。快適な照明環境をつくることは、われわれが一日の大半を過ごす室内の問題であり重要なことである。能率的で快適な事務所環境を形成することは、決してぜいたくなことではなく、作業者の自発的な知的活動意欲を活性化させて、仕事の能率増進と成果の質的レベルを高め、ひいてはエネルギーの有効利用につながる。

特に不快グレアの規制は、照明の要因の中でも非常に重要なものの一つであり、これによって照明環境が非常に快適なものになることが示される。この理由は

(1) 最近のオフィスは、間仕切りの少ない大区画で使用されることが多く、室内が広く天井も遠くまで見わたせるので、取り付けられている照明器具も数多く見える。

(2) 現在、一般のオフィス照明では富士形やH形などランプ露出形あるいは、遮光角が十分でない下面開放形が用いられることが多く、次のような問題を生じている。

図2 広い部屋の天井照明設備の見え方²⁾¹⁰⁾

比較的広い部屋の照明設備を透視図で図2に示す。図からわかるように、遠方に設置されている照明器具はお互いに接近して、あたかも一葉の面積光源のように見えるので、グレアの原因となる。特にランプが露出していて遮光されていない形の器具では、遠距離にある器具のランプが、真横に近い方向からよく見えるのでグレアの原因となりやすい²⁾。

3. 遮光角の検討

3.1 遮光角の変化に伴う器具効率とグレアの程度の変化

グレアを軽減するためには、前述のようにランプを遮光することが有効である。しかしランプの遮光については次のように相反する事柄が起こるので、これらをバランスさせることが必要である。

一般に、遮光角を大きくしていけば、

- (1) グレアは減少していく。
- (2) 一方、器具効率が低下していく。

したがってグレア軽減が十分達成され、しかもなるべく器具効率を低下させない最適の遮光角を選定する必要がある。

図3 試作した蛍光灯器具の反射板の形状

この検討を行なうために、図3に示すように遮光角を0°~30°の間で5段階変えた白色塗装反射板の器具を試作して、配光を測定した。この結果の一例を図4に示す。

図4 試作器具の配光曲線の例
No. 5 遮光角 28°

図5 遮光角の変化に対応した器具効率とグレアインデックスの変化^{2)~4)}

これらの器具の遮光角の変化に伴う器具効率の変化を図5に示す。

次に、グレアの程度の評価を「イギリス IES グレアインデックス法」を用いて行なった。

前提条件として、この器具の用途を主として事務所照明とし

た。したがって在室者の視線は主要な視作業対象、すなわちビジュアルタスクである。机上面の書類などと人の顔に向ける、すなわち主にうつ向いて読み書きをしていて、時々視線を人の顔に向けるものと仮定した。イギリス IES グレアインデックス法は、視線が水平の場合を想定して構成されているので、この場合の評価には適している^{5)~7)}。

グレア計算のために、次のような仮定を行なった。

(1) 部屋の大きさ

一般的と考えられる 6 H/12 H とした。ただし H は座った人の目の高さ (床 上 1.2 m) から天井の照明器具までの高さとする。

(2) 部屋の周壁の反射率

各面の反射率は、天井：壁：床キャビティ = 70 : 50 : 14 (%) とした⁸⁾。

遮光角の変化に伴う器具効率、およびグレアの程度 (グレアインデックス) の変化を図 5 に示す。図からわかるように、器具効率は遮光角が大きくなるに従って徐々に低下する。一方、グレアインデックスは、遮光角が約 9~13° 近辺で急激な変化を生じて非常に小さくなり、グレアは顕著に減少する。その後は遮光角を大きくしてもグレアインデックスはなだらかな変化を示して、それほど小さくならない。したがって遮光角を大きくすればグレア軽減の効果は大となるが、器具効率の低下とバランスをとるためには、効果の点で少し安全側をみて遮光角を 15° に選定すれば有効であることが明らかである^{2)~4)}。

3.2 目視評価

人が座って正面の壁を見た場合に、裸の蛍光ランプはどの位置や範囲から不快感を与えるものか、すなわち遮光すべきであるか実際に検討を行なった。図 6 に示すように暗室内に床 上 2.5 m の高さに、ホルダに取り付けた 40 W 蛍光ランプ 1 灯を点灯して、観察者が壁の正面を見ながら座る位置を自由に前後させて、観察者と光源の距離を変えて目視評価を行ない、観察者の意見を求めたところ、距離 (D) が約 5 m を越えると観察者に非常に不快感を与えることがわかった。すなわち、このランプに対する観察者の仰角 (θ) は約 15° であり、上記 3.1 の結果とほぼ一致する。

図 6 暗室内の蛍光ランプによるグレアの取付け位置に対する評価²⁾

なお、照明器具の取付け高さを 2.5 m とした理由は、一般に照明器具の取付け高さが低いほうが、観察者の水平視線に近づくのでグレアが多くなる。天井高さの最も低いのは通常 2.5 m と考えられるからである^{8)~10)}。

3.3 事務所空間における位置

前述の器具の位置と遮光角を、標準的な事務所空間に当てはめてみる。

ここで、天井高さは 3.2 に述べた理由によって 2.5 m と想定する。図 7 に示す部屋で述べると、作業している人が正面の壁

器具間隔 3,000 の場合 (単位: mm)

図 7 一般的な事務所照明での遮光角 15° の効果^{2)~4)}

を水平に見ている場合に仰角 15° というのは、この人から 4.9 m 前方となる。ここから遠くにある器具は遮光角 15° あればそのランプは見えないことになる。

器具間隔は実際の器具配置では 3 m はよく用いられている。頭上のもを含めて 2 列は、わざわざ見上げる場合はランプが見えるが、3 列目以後はランプが見えない。日常の経験に照らしても実用上十分であると考えられる^{2)~4)}。

4. 器具の例

以上の基礎検討に従って、遮光角 15° の白色塗装仕上げ反射板下面開放形器具の開発が行なわれた。図 8 (a) はその一例を示す。反射板の中央部にランプに沿って V 形反射板を設けた理由は、2 灯用器具で所期の遮光角を得るためには反射板が深くなり、背が高くなるので、ランプ個々に遮光して反射板が深くなるのを防ぐためである。この器具を本報告では「白色塗装仕上げ反射板グレア規制形器具」と呼ぶことにする。なお、さらに 4、5 章においては、他の型のグレア規制形器具と混同を生じない記述

図 8 下面開放形器具の比較^{2)~4)}

(a) グレア規制形 (b) 一般形

図 9 下面開放グレア規制形蛍光灯器具 (遮光角 15°) の配光²⁾

であるので、簡単のためにこれを「グレア規制器具」と略称することにする。

なお同図 (b) は、従来広く用いられている下面開放形器具である。同図中で上部の写真は同じ斜め下方向から見たところで、グレア規制形器具では、ランプが遮光されていて見えないことがわかる。

グレア規制形器具の配光を 図 9 に示す²⁾。

5. グレアの評価

5.1 グレイインデックス

グレア規制形器具を、従来の下面開放形器具や富士形器具とグレイインデックスで比較する。設定した条件は次のとおりである。

- (a) 部屋 一般的な事務室とする。
- (b) 天井高さ 前述のように、天井高さが低い場合のほうがグレアが多くなるので下限として 2.5 m とする。これより天井が高い場合はグレアは少し減少する。目から器具までの高さ H_m は 1.3 m となる。
- (c) 部屋の幅 $4 H_m$ (5.2 m) とする。
- (d) 部屋の周壁の反射率 中程度で、天井：壁：床キャビティ＝50：30：14 (%) とする。
- (e) 器具配置 通常の等間隔配置とする。
- (f) ランプ 白色蛍光ランプ (FLR 40 S・W/M) を使用。ただし光束は便宜上 3,200 lm とした。

図 10 グレアの程度 (グレイインデックス) の比較²⁾⁻⁴⁾

計算結果を 図 10 に示す。これより次のことが明らかである。
(1) 富士形がグレアが最も多く、グレア規制形が最も少ない。下面開放形はその中間となる。

(2) 富士形は、部屋の奥行が大きくなるのに伴い、グレアは相当大きくなる。下面開放形もほぼ同様な傾向にある。

(3) グレア規制形は、部屋の奥行が大きくなってもグレアは増大せず、他の 2 種類の器具よりはるかにグレアは少ない。²⁾⁻⁴⁾。

5.2 ランプの輝度

下面開放形器具、およびグレア規制形器具に点灯されているランプの輝度とランプ単体の輝度とを測定比較して、グレアの評価を行なう。これらのランプの輝度とを 図 11 に示すような斜め下方から測定した。ただしランプは 40 W (FLR 40 S・W/M) と

図 11 ランプ輝度を測定した方向²⁾

表 2 蛍光灯器具のランプの輝度 (40 W 白色 32 mm 管 FLR 40 S・W/M)²⁾

測定方向鉛直角 (θ)	器 具	AA 断 面		BB断面
		手 前	奥	
60°	裸 ラ ン プ	7,600		6,300
	下 面 開 放 形	9,900	13,000	7,000
	グレア規制形	8,400	9,200	7,100
45°	裸 ラ ン プ	7,600		6,300
	下 面 開 放 形	9,200	13,000	7,000
	グレア規制形	9,800	9,800	7,100

する。これらの結果を 表 2 に示す。

この表からわかることは、下面開放形のランプでは、ランプ光束の相互反射によって、奥側のランプの手前側の輝度が、ランプ単体の場合に比べて約 1.7 倍と高くなっているが、グレア規制形では相互反射がなく、ランプ輝度は単体の 1.15 倍で、10,000 cd/m² 以下である。

したがって通常の使用状態を考えると、通常の下面開放形ではランプが遮光されていないだけでなく、その輝度も高いので、予想以上にまぶしく支障となることがわかる。一方、グレア規制形では、遠くに位置している器具のランプは遮光されていてグレアとならず、近くに位置している器具はわざわざ見上げることも少なく、見上げたとしてもランプ輝度が低く、支障が少ないことがわかる²⁾。

5.3 照明器具を縦から見る場合

照明器具のランプ管軸と平行な方向を「縦」、管軸に直角な方向を「横」という。上記のグレア規制形器具は、横方向から見た場合はランプが遮光されているが、図 12、図 13 に示すように縦方向から見る場合は遮光されていないが、通常の事務所照明で

図 12 照明器具を見る方向²⁾

図 13 広い部屋の照明設備の見え方²⁾¹⁰⁾
(a) 器具を横から見る場合 (b) 器具を縦から見る場合

は問題は少ないと判断した。

(1) この型の下面開放形器具では、縦方向から見た BB 断面の配光は BZ 5 となることが多く、またランプ露出形器具でも従来から、BB 断面は比較的問題は少ないが、AA 断面においてランプを遮光することが急務とされていたので、今回は従来より問題の多かった AA 断面についての検討に主眼を置いた。

(2) ランプの輝度の相違

縦から見る場合は、横から見る場合よりもランプの輝度が低い。このことは上記表2の測定例からも明らかである。

一般にルーバを有しない下面開放グレア規制形器具は、部屋の長手方向にランプ管軸が直角となるように配置することが望ましい。しかし間口、奥行ともに広い部屋や、ランプ管軸が部屋の長手方向と平行に配置しなければならない場合、あるいは器具を縦方向から見ることの多い場合は、この器具にルーバを用いることが望ましい。ルーバ付き器具の一例を 図 14 に示す。

図 14 ルーバ付き下面開放白色塗装仕上げ
反射板グレア規制形器具の例

5.4 实 施 例

それぞれ、ランプ露出形の富士形およびグレア規制形器具を用いた照明設備の比較を図 15 に示す。(a)は富士形、(b)はグレア規制形を用いた場合を示す。グレアが少ないほうが視野がすっきりすることが感じられた²⁾。

図 15 照明設備のグレアの比較例²⁾¹⁰⁾
(a) ランプ露出形(富士形)器具 (b) 下面開放グレア規制形器具

6. 他のグレア規制形器具との位置付け

6.1 グレアの評価

グレア規制を行なう方法として、本稿のように下面開放形器具において反射板の遮光角を大きくするほか、ルーバあるいは拡散もしくはプリズムのパネルなどを用いる方法もある。グレア規制形下面開放器具で、鏡面仕上げ反射板を用いる方法^{9) 10)}もある。

表 3 グレア規制形蛍光灯器具の分類¹⁰⁾

タイプ分類	光 学 系	備 考
下 面 開 放	白色塗装仕上げ反射板	大型ます目ルーバ付きを含む
	鏡面仕上げ反射板	
パ ネ ル 付 き	拡散パネル	
	プリズムパネル	
ル ー バ 付 き	半透明（拡散ルーバ）	
	不透明（金属ルーバ）	

これらをまとめて 表 3 に示す。なお本節では、本報告で述べた器具を特に「下面開放白色塗装仕上げ反射板グレア規制形器具」と呼ぶことにする。鏡面仕上げ反射板器具については 稿 別 改 め る。

表 4 グレア規制形蛍光灯器具の器具効率の比較

器 具		備 考	遮光角(°)		器具 効率 (%)	比
			AA	BB		
下面開放	白色塗装反射板 グレア規制形		15	—	77	100
	〃	ルーバ付き	15	15	74	96
	〃	〃	30	15	69	90
	鏡面反射板	〃	15	15	74	96
	〃	〃	30	30	70	91
	〃 プラスチック サンドイッチ	〃	30	30	60	78
パネル付 き	プリズムパネル	グレア規制形			64	83
	拡散パネル				49	64
ルーバ付 き	拡散透過材		45	45	43	56
	不透明材 (金属)		45	45	41	53

図 16 グレア規制形蛍光灯器具の照明率の比較

図 17 グレア規制形蛍光灯器具のグレアの程度（グレアインデックス）の比較

これらの器具の器具効率の例を 表 4 に示す。得られる作業面照度を比較するため、照明率を示せば図 16 のようになる。グレアの程度を前記 3.1 と同じ条件で計算した結果を比較して 図 17 に示す。これらのうちではルーパ付き器具が、グレア規制の効果が大きいことがわかる。しかし器具効率、照明率ともに低い。

6.2 快適性と経済性の総合評価

これらの器具を、快適性と経済性の見地で総合評価する。快適性はグレアの程度で評価し、指数としてグレインデックスを用い、経済性は作業面照度で評価し、指数として照明率を用いることにする。代表的な器具数種類について、グレインデックスと照明率の位置づけを図18に示す。白色塗装仕上げおよび鏡面仕上げ反射板のグレア規制形器具は、どちらもほぼ同程度のグレインデックスと照明率であるので、簡単のため図中では共通に「下面開放グレア規制形」と呼び、共通の○で囲んで示した。

図18 代表的な蛍光灯器具の総合評価¹⁰⁾
(照明率とグレインデックス)

図からわかるように、

- (1) 富士形器具のようにランプ露出形器具は、照明率は高いがまぶしい。
- (2) ルーバ付き器具はグレアは少ないが、照明率は低い。
- (3) これらのうちでは、下面開放グレア規制形器具が、グレア規制効果と照明率の両方で見地で総合的にすぐれている。
- (4) なお拡散パネル付き器具は、グレア規制効果も中ぐらいであり、しかも照明率も低いので、広い部屋の全般照明用としては特にこの器具を用いる必要がある場合を除いては、検討を要する⁹⁾¹⁰⁾。

なおこの総合評価において、室内の鉛直面照度の問題については、白色塗装反射板の器具であることと、遮光角が15°で比較的小さかったので、天井高さが2.5m程度であっても、器具間隔を3m程度以下に保つならば大きな問題は生じなかった¹¹⁾ので、特に言及しなかった。なお、鏡面反射板においては、特に遮光角

の大きい場合は、鉛直面照度が低下しやすく問題を生じるので、別の機会に遮光角と鉛直面照度について、詳しく報告を行ないたい。

7. む す び

照明の質的レベルの向上の見地で、不快グレアの規制は重要である。一般に広く用いられている下面開放白色塗装仕上げ反射板器具のランプの遮光角の検討を行ない、省エネルギーも考慮して実的に必要十分な、照明効果と経済性の妥当にバランスする遮光角を見いだすことができた。

終わりに、本報告の理論的検討に際しご懇切なご指導をたまわった当事業部門、中西藤和部長、吉川孝弥主幹および当器具の開発に尽力された中桐正博課長に深謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 田淵義彦：側窓採光の事務所照明における昼光と人工光の協調の要件，照学誌 66 (昭57) 483
- (2) 田淵義彦：下面開放けい光灯器具のグレア規制の検討，松下電工技報 17-8 (昭53) 37
- (3) 田淵義彦：屋内照明の不快グレアとその対策，昭和51年電気関係学会関西支部連大
- (4) 田淵義彦：下面開放けい光灯器具のグレア規制の検討，昭和52年照明学会全国大会
- (5) Hopkinson, R. G. et al.: Discomfort Glare and the Lighting of Buildings, Trans. Illum. Engng Soc. (London) 15 (1950) 39など
- (6) Technical Report of the IES No. 10: Evaluation of Discomfort Glare—the IES Glare Index System for Artificial Lighting Installations.
- (7) 松田，洞口，田淵：屋内照明における各国のグレア評価法の概要，照学誌 54 (昭45) 157
- (8) 田淵義彦：グレア評価速算図の提案，照学誌 59 (昭50) 26
- (9) 田淵義彦ほか：鏡面反射板を利用したコンフォート形蛍光灯器具，昭和55年電気関係学会関西支部連大
- (10) 田淵義彦ほか：鏡面反射板を使用したグレア規制形けい光灯器具，光応用・視覚研究会資料 LAV-81-9 (1981)
(受付1982年8月27日)