円環光源の測光に関する研究 (その1)

〔理想的な円環光源の配光〕

正 会 員 納 谷 嘉 信*

A Study on the Photometry of a Toroidal Light Source

(Part 1: The Light Distribution due to a Toroidal Light Source with Finite Thickness)

By Yoshinobu Nayatani (Member)

(Osaka Branch, Electrotechnical Laboratory)

ABSTRACT

The distribution of light and illumination due to a toroidal light source with infinitesimal thickness were reported by Prof. Yamauchi and others. Recently, the production and application of the fluorescent lamp of toroidal form have rapidly increased in this country. Therefore, the present author has attempted the standardization of photometric process of such sources, and, as a first step, discussed the light distribution due to a toroidal light source with finite thickness. The results of his study are summarized as follows:

- (1) The light distribution due to a toroidal light source with finite thickness has been analytically solved easily by making use of the argument on the coordinate axis, fixed on it as a parameter.
- (2) According to the magnitude of angle θ between the axis of symmetry on the light source and the direction in question, the expression of the luminous intensity takes one of the three different forms. The equations for the sources with and without thickness exactly coincide with each other in the region where θ is comparatively small, and the difference between them becomes appreciable in the region where θ approaches $\pi/2$.
- (3) The difference of total flux between the sources with and without thickness is about 3.5% for the source of the dimension equal to that of the 20W circular fluorescent lamp on the market.

1. 緒 言

関西地方では、けい光放電灯の生産本数は昭和31年度現在年間約1,160万本であって全国生産の約半ばを占めている。このため当支所に対してもけい光放電灯および器具の測光技術を確立することについてかねてから強い業界からの要望が存在した。この要望に応じて、当所岡田支所長の御指導の下に昭和31年以降所内の測光設備の充実について鋭意努力を続けて来たのであるが、ほぼ最近その準備を完了した。主な設備の概要については別途報告の機を得たい。

直線型けい光灯の測光方法については既に種々の研究者により検討され、¹⁾²⁾ その結果がJIS規格³⁾⁴⁾においても採用されているのであるが、最近サークラインあるいはサークランプ等の商品名を有する円環型のけい光灯

が製作され、一般に使用されつつある。このようなけい光灯については未だ測光技術の標準化が行われていないようであって、当支所においてもかねてからこの種のけい光灯の測光方式について適当な方法の確立を念願して来た。

まづ太さを考慮しない場合の円環光源による光度および照度の分布については、既に山内博士によって詳細に論じられてあるが⁵⁾、本報ではそのような円環光源の測光の際に存在する諸問題の内、まづ円環の太さの問題をとり上げ、太さを無視した場合に比し実光源に更に近似した条件での配光についてその計算過程を報告し、それと円環の太さを無視した場合の結果とを比較し、両者の配光の差異や、そのような配光の差異が全光束に与える誤差について検討を行った。

2. 配光計算の原理

まづ計算の方法を述べる前に、本論文で用いた仮定に

* 電気試験所大阪支所

ついて略述する。

仮定 1) 光源面上の各点において輝きは完全拡散でありかつ一様である。

仮定 2) 円環面内の相互反射の影響は第一段階としてこれを考えないこととした。

さて第1図のような円環光源を考える。図に示すように円環に固定した座標系を X, Y, Z ; Y 軸の周りに角

第1図 円環光源の投影図
Projection of a toroidal light source

度 $-\theta$ (但し $-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq 0$) だけ回転した座標系を x, y ($=Y$), z ; とすると、円環の方程式は X, Y, Z 系については

$$\{\sqrt{X^2 + Y^2} - r\}^2 + Z^2 = a^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し $2r$: 円環内径および外径の平均

$2a$: 円環の太さ

である。

さて第2図において、 X, Y, Z 座標系と Y 軸の周りに角度 $-\theta$ だけ回転した座標系 x, y ($=Y$), z ; との間の関係を求めると(2)式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} X &= x \cos \theta + z \sin \theta \\ Y &= y \\ Z &= -x \sin \theta + z \cos \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

(2) 式を (1) 式に代入することにより、 x, y, z 座標系

第2図 x, y, z と X, Y, Z 両座標系
Relation between two coordinate axis (x, y, z) and (X, Y, Z)

において、 y 軸の周りに $+\theta$ なる角度だけ回転した円環の方程式として(3)式が得られる。

$$\left\{ \sqrt{(x \cos \theta + z \sin \theta)^2 + y^2} - r \right\}^2 + (-x \sin \theta + z \cos \theta)^2 = a^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

さて仮定(1)(2)を満足するとき、円環光源によって円環面に垂直な軸から角度 θ をなす方向の光度 $I(\theta)$ は、輝度を B とし、円環の θ 方向の正射影の面積を $A(\theta)$ とすると

$$I(\theta) = B \cdot A(\theta) \quad \dots\dots\dots(4)^6$$

で表わされる。すなわち(3)式で表わされる円環の xy 面への正射影の面積を計算するとよいことが判明する。

さて空間曲面 $F(x, y, z) = 0$ の xy 面上への正射影の面積は、この曲面に対する z 軸に平行な切線と xy 面との交点の軌跡で表わされる。今曲面上で z 軸に平行な切線を求めた点 $P(x, y, z)$ における法線を考えることとする。その法線方向余弦を l, m, n とすると

$$l = \frac{\partial F}{\partial x}, \quad m = \frac{\partial F}{\partial y}, \quad n = \frac{\partial F}{\partial z} \quad \dots\dots\dots(5)$$

となる。ここで点 $P(x, y, z)$ における切線が z 軸に平行の条件より、この点における法線は z 軸に垂直となり

$$\frac{\partial F}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

となる。故に

$$\left. \begin{aligned} F(x, y, z) &= 0 \\ \frac{\partial F}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(7)$$

より z を消去した

$$G(x, y) = 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

が、空間曲面 $F(x, y, z) = 0$ の xy 面への正射影を示す曲線となる。この $G(x, y) = 0$ なる曲線による面積 A を求

め、その面の輝き B との積を計算すると、(4)式によつて曲面 $F(x, y, z) = 0$ で作られる光源面の、 xy 面に垂直な方向への光度が判明することとなる。

3. 円環光源の光度分布の計算

円環光源について光度の分布を計算するため、条件(7)式に従つて、(3)式から $\partial F / \partial z = 0$ を求めると(9)式が得られる。

$$z = r \sin \theta \frac{(x \cos \theta + z \sin \theta)}{\sqrt{(x \cos \theta + z \sin \theta)^2 + y^2}} \quad \cdots \cdots (9)$$

(3)式と(9)式とより z を消去すれば、(8)式の $G(x, y) = 0$ が求まるのであるが、その計算は煩雑で実用向でない。

そこで次のようなパラメータ φ を導入することとする。まづ(2)式を(9)式に代入すると、

$$Z = r \sin \theta \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad \cdots \cdots (10)$$

で表わすことが出来るが、今角度 φ を円環に固定した座標系 X, Y, Z の XY 面において、 X 軸から回転角として表わすと、

$$\left. \begin{aligned} \frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}} &= \cos \varphi \quad \cdots \cdots (a) \\ \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}} &= \sin \varphi \quad \cdots \cdots (b) \\ Y/X &= \tan \varphi \quad \cdots \cdots (c) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (11)$$

となる。(11)式を(10)式に代入すると(12)式が成立する。

$$z = r \sin \theta \cos \varphi \quad \cdots \cdots (12)$$

次に(11)-(a)式および(2)式(12)式を用いて、

$$\begin{aligned} y &= (x \cos \theta + z \sin \theta) \tan \varphi \\ &= (x \cos \theta + r \sin^2 \theta \cos \varphi) \tan \varphi \quad \cdots \cdots (13) \end{aligned}$$

をうる。(12)式、(13)式を(3)式に代入して、 x を計算すると(14)式ようになる。

$$x = \cos \varphi \left[r \cos \theta \pm \frac{a}{\cos \theta} \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi}} \right] \quad \cdots \cdots (14)$$

(13)式に(14)式を代入すると y の値として次の結果がえられる。

$$y = \sin \varphi \left[r \pm \frac{a}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi}} \right] \quad \cdots \cdots (15)$$

ここで正負号は、それぞれ円環の xy 面上への正射影面積の外側および内側に対応する。なお正射影の面積は x 軸に関して対称であり、かつ角度 φ および $(\pi - \varphi)$ に対しては

$$x(\varphi) = -x(\pi - \varphi), \quad y(\varphi) = y(\pi - \varphi) \quad \cdots \cdots (16)$$

であるから、正射影の面積 $A(\theta)$ を求めるには xy 面上の第一象限について次の計算を行うだけでよい。

$$\frac{1}{4} A(\theta) = \left(\int_0^{x_0} y_0 dx \right)_{\text{out}} - \left(\int_0^{x_i} y_i dx \right)_{\text{in}} \quad \cdots \cdots (17)$$

ここで $\int_0^{x_0 \text{ or } x_i} y_0 \text{ or } y_i dx$ を計算するには、 x と y とが φ なるパラメータの関数として表わされているから、

$$\int_{\varphi_0 \text{ or } \varphi_i}^0 \frac{\partial(x_0 \text{ or } x_i)}{\partial \varphi} d\varphi \quad \cdots \cdots (18)$$

を計算するとよい。ただし suffix 0 および i は外側および内側の面積に対応する。

(14)、(15)式より面積 $A(\theta)$ は

$$\begin{aligned} \frac{A(\theta)}{4} &= \int_{\varphi_0}^0 y_0 \left(\frac{\partial x_0}{\partial \varphi} \right) d\varphi - \int_{\varphi_i}^0 y_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial \varphi} \right) d\varphi \\ &= \int_0^{\varphi_0} \left[-y_0 \left(\frac{\partial x_0}{\partial \varphi} \right) \right] d\varphi - \int_0^{\varphi_0} \left[-y_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial \varphi} \right) \right] d\varphi \\ &= \int_0^{\varphi_0} \sin^2 \varphi \left[r^2 \cos \theta + \frac{ar \cos \theta}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^{\frac{1}{2}}} \right. \\ &\quad \left. + \frac{ar}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^{\frac{1}{2}}} \right. \\ &\quad \left. + \frac{a^2}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^2} \right] d\varphi \\ &\quad - \int_0^{\varphi_i} \sin^2 \varphi \left[r^2 \cos \theta - \frac{ar \cos \theta}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^{\frac{1}{2}}} \right. \\ &\quad \left. - \frac{ar}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^{\frac{1}{2}}} \right. \\ &\quad \left. + \frac{a^2}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi)^2} \right] d\varphi \quad \cdots \cdots (19) \end{aligned}$$

ここに φ_0 、 φ_i は(14)式において $x = 0$ において得られた(20)式で定まる角度である。

$$\left. \begin{aligned} \cos \varphi_0 \left[r \cos \theta + \frac{a}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi_0)^{\frac{1}{2}}} \right] &= 0 \quad \cdots (a) \\ \cos \varphi_i \left[r \cos \theta - \frac{a}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi_i)^{\frac{1}{2}}} \right] &= 0 \quad \cdots (b) \end{aligned} \right\} (20)$$

外側の面積の積分限界 φ_0 は、(20)⋯(a)式の大括弧内が常に正であるから $\pi/2$ となり、内側の面積の限界 φ_i は(20)⋯(b)式の成立する角の内最小の値を使用するとよい。

(19)式の各項を積分すると

$$\begin{aligned} \int_{\varphi_0}^0 y_0 \left(\frac{\partial x_0}{\partial \varphi} \right) d\varphi &= \int_0^{\varphi_0} \left[-y_0 \left(\frac{\partial x_0}{\partial \varphi} \right) \right] d\varphi \\ &= \frac{\pi r^2 \cos \theta}{4} + ar E \left(\frac{\pi}{2}, \sin \theta \right) + \frac{\pi}{4} a^2 \quad \cdots \cdots (21) \end{aligned}$$

ただし $\varphi_0 = \pi/2$

$$\begin{aligned} \int_{\varphi_i}^0 y_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial \varphi} \right) d\varphi &= \int_0^{\varphi_i} \left[-y_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial \varphi} \right) \right] d\varphi \\ &= -\frac{r^2 \cos \theta}{4} (2\varphi_i - \sin 2\varphi_i) - ar E(\varphi_i, \sin \theta) \\ &\quad + \frac{a^2}{2} \tan^{-1}(\cos \theta \tan \varphi_i) - \frac{a^2}{4} \frac{\sin 2\varphi_i \cos \theta}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)} \\ &\quad + \frac{ar}{2} \frac{\sin 2\varphi_i}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)^{\frac{1}{2}}} \quad \cdots \cdots (22) \end{aligned}$$

のようになる。

(19), (21), (22)式より

$$A(\theta) = \frac{I(\theta)}{B} \\ = r^2 \cos \theta (\pi - 2\varphi_i + \sin 2\varphi_i) + 4ar \left[E\left(\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) + E(\varphi_i, \sin \theta) \right] + a^2 [\pi - 2 \tan^{-1}(\cos \theta \tan \varphi_i)] \\ + \frac{a^2 \sin 2\varphi_i \cos \theta}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)} - \frac{2ar \sin 2\varphi_i}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (23)$$

ここに

$$E\left(-\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi} d\varphi \\ E(\varphi_i, \sin \theta) = \int_0^{\varphi_i} \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi} d\varphi \dots\dots\dots (24)$$

で表わされる第二種完全楕円積分および第二種楕円積分である。

さて次に内部面積の積分限界 φ_i について検討しよう。
(20)⋯(b)式を零ならしめる根はそれぞれ次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \cos \varphi_i = 0 \quad \text{より} \quad \varphi_i = \pi/2 \quad \dots\dots\dots (a) \\ \cos \theta - \frac{a}{\cos \theta} \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta \cos^2 \varphi_i)^{\frac{1}{2}}} = 0 \quad \text{より} \\ \varphi_i = \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 \cos^2 \theta - a^2}}{r \sin \theta \cos \theta} \quad \dots\dots (b) \end{aligned} \right\} \dots\dots (25)$$

(25)式で定まる φ_i の内何れを採用するかについては、円環の傾き角 θ により変化するのであって次の3部分に分れる。

〔i〕 $0 \leq \theta \leq \theta_1$

$$\text{ただし} \quad \frac{\sqrt{r^2 \cos^2 \theta_1 - a^2}}{r \sin \theta_1 \cos \theta_1} = 1, \quad \theta_1 = \cos^{-1} \sqrt{\frac{a}{r}}$$

の区間内では(20)⋯(b)式大括弧内は正となり、このためこの区間内では $\varphi_i = \pi/2$ を使用することとなる。(23)式に $\varphi_i = \pi/2$ を代入すると

$$A(\theta) = \frac{I(\theta)}{B} = 8arE\left(-\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) \dots\dots\dots (26)$$

〔ii〕 次に $\cos^{-1} \sqrt{\frac{a}{r}} \leq \theta \leq \cos^{-1} \frac{a}{r}$ の区間内で

は(25)⋯(b)により、 φ_i の値は $\pi/2 \geq \varphi_i \geq 0$ の間で変化し、 $A(\theta)$ としては(23)式をそのまま使用することが出来る。ただし φ_i は(25)⋯(b)で定まる角度である。

〔iii〕 最後に $\cos^{-1} \frac{a}{r} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の区間では内側の面積が全く隠されてしまうため、外側の面積のみを考える。この場合は(20)式より

$$A(\theta) = \frac{I(\theta)}{B} = \pi r^2 \cos \theta + 4arE\left(-\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) + \pi a^2 \dots\dots (27)$$

となる。
ここで一応吟味のため、 $\theta = 0^\circ$ すなわち円環面に垂直な方向では(26)式より

第3図 $\theta = 0^\circ$ における正射影
(Orthogonal projection in the direction of $\theta = 0^\circ$)

第4図 $\theta = 90^\circ$ における正射影
Orthogonal projection in the direction of $\theta = 90^\circ$

$$A(0^\circ) = \frac{I(0^\circ)}{B} = 8arE\left(-\frac{\pi}{2}, \sin 0^\circ\right) = 8ar \times \frac{\pi}{2} \\ = 4\pi ar \dots\dots\dots (28)$$

一方円環の垂直方向の正射影の面積は第3図より

$$A(0^\circ) = \pi(r+a)^2 - \pi(r-a)^2 = 4\pi ar \dots\dots (28')$$

となり一致する。

また $\theta = 90^\circ$ の場合は(27)式より

$$A(90^\circ) = \frac{I(90^\circ)}{B} = 4arE\left(-\frac{\pi}{2}, \sin 90^\circ\right) + \pi a^2 \\ = 4ar + \pi a^2 \dots\dots\dots (29)$$

一方円環の 90° 方向の正射影の面積は第4図を参照して、

$$A(90^\circ) = 4ra + \pi a^2 \dots\dots\dots (29')$$

となり、一致することが判明する。

すなわち(26)式より $I(0) = 4\pi arB$ であるから円環面に垂直な方向 $\theta = 0^\circ$ の光度に対する各方向の光度の比 $I(\theta)/I(0^\circ)$ は次のように表わされる。

$$〔i〕 \quad 0 \leq \theta \leq \cos^{-1} \sqrt{\frac{a}{r}}; \quad \varphi_0 = \varphi_i = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{I(\theta)}{I(0^\circ)} = \frac{2}{\pi} E\left(-\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) \dots\dots\dots (30)$$

$$〔ii〕 \quad \cos^{-1} \sqrt{\frac{a}{r}} \leq \theta \leq \cos^{-1} \frac{a}{r}; \quad \varphi_0 = \frac{\pi}{2},$$

$$\varphi_i = \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 \cos^2 \theta - a^2}}{r \sin \theta \cos \theta}$$

$$\frac{I(\theta)}{I(0^\circ)} = \frac{r \cos \theta}{4\pi a} (\pi - 2\varphi_i + \sin 2\varphi_i)$$

$$+ \frac{1}{\pi} \left[E\left(-\frac{\pi}{2}, \sin \theta\right) + E(\varphi_i, \sin \theta) \right]$$

$$+ \frac{a}{4\pi r} [\pi - 2 \tan^{-1}(\cos \theta \tan \varphi_i)]$$

$$+ \frac{a \sin 2\varphi_i \cos \theta}{4\pi r (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)} - \frac{1}{2\pi} \frac{\sin 2\varphi_i}{(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi_i)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots (31)$$

$$[\text{iii}] \quad \cos^{-1} \frac{a}{r} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} : \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} : \varphi_i = 0$$

$$\frac{I(\theta)}{I(0^\circ)} = \frac{r}{4a} \cos \theta + \frac{1}{\pi} E\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right) + \frac{a}{4r} \quad \dots\dots\dots (32)$$

一方円環の太さを無視した場合の配光は次式で表わされる⁷⁾。

$$I(\theta) = 4rBE\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right) \quad I(0^\circ) = 2\pi rB \quad \dots\dots\dots (33)$$

$I(\theta)$ と $I(0^\circ)$ との比を計算すると

$$\frac{I(\theta)}{I(0^\circ)} = \frac{2}{\pi} E\left(\frac{\pi}{2} \sin \theta\right) \quad \dots\dots\dots (34)$$

となる。 (30) , (34) 式より領域 [i] では両者は完全に一致し、領域 [ii], [iii] で差の生ずることが判明する。

4. 数値計算結果およびその検討

前節の結果を検討するため、20W と 40W のサークルインけい光灯に模した円環光源（それぞれ $r=174$, $a=16$; $r=85.5$, $a=14.5$: 単位 mm⁸⁾ および太さの無い円環光源について、 $I(\theta)/I(0^\circ)$ を計算すると第 1 表および

第 1 表 円環光源の配光
Light distribution of toroidal sources

Σ (度)	太さ無し	40 W	20 W
0	1.0000	1.0000	1.0000
10	0.9924	0.9924	0.9924
20	0.9701	0.9701	0.9701
30	0.9342	0.9342	0.9342
40	0.8869	0.8869	0.8869
50	0.8311	0.8311	0.8311
60	0.7710	0.7710	0.7710
70	0.7120	0.7120	0.7118
75	0.6853	0.6839	0.6813
80	0.6622	0.6587	0.6289
85	0.6447	0.5823	0.4932
90	0.6366	0.3413	0.3607

第 5 図のようになる。更にこれをルース線図で示すと第 6 図のようになる。

すなわち上記寸法については、光度分布の完全に一致する領域 [i] の角度範囲は、

40W については $0^\circ \leq \theta \leq 72^\circ 21'$

20W については $0^\circ \leq \theta \leq 65^\circ 41'$

となる。

領域 [ii] の一部分けがが出来、なお内側の面積の存在する範囲では、角度 θ の範囲は

40W については $72^\circ 21' \leq \theta \leq 84^\circ 42'$

20W については $65^\circ 41' \leq \theta \leq 80^\circ 14'$

となる。

第 5 図 円環光源の配光
Light distribution curves of toroidal sources

なおかげのため内側の面積の全然無くなる領域 [iii] の角度 θ の範囲は

40W については $84^\circ 42' \leq \theta \leq 90^\circ$

20W については $80^\circ 14' \leq \theta \leq 90^\circ$

で表わされる。

以上の結果から判明するように、太さを無視した円環光源による近似が可成り広い角度範囲にわたって良好な一致を示すことが判明する。

なお以上のような光度分布の差異が実際の測光量について、どの程度の影響を与えるかを知るために、20W の寸法の場合と太さの無い場合との円環光源について、それぞれの $I(0^\circ)$ を一致させた場合の、光度分布の差異による光束の差を 5° おきの球帯係数法で計算する。

今方向 θ における太さの無い円環の光度 $I_0(\theta)$, 20W 寸法の場合の光度 $I_{20}(\theta)$ とすると、光束の差の割合 $k(\%)$ は次式で表わされる。

$$k = \frac{F_{20} - F_0}{F_0} \times 100 = \frac{\Delta F}{F_0} \times 100 \\ = \frac{2 \int_0^{\pi/2} 2\pi \sin \theta \cdot \Delta I(\theta) d\theta}{\pi^2 I(0^\circ)} \times 100 \quad \dots\dots\dots (34)$$

ただし、 $\Delta I(\theta) = I_{20}(\theta) - I_0(\theta)$ であり、かつ

$F_0 = \pi^2 I(0^\circ)$ である。

上式の計算を 5° 置ききの球帯係数法を用いて求めると、

$$k = -3.5\% \quad \dots\dots\dots (35)$$

となり、太さを無視した場合の測光誤差が 20W サークラインけい光灯の円環光源ではこの程度であることが判明する。

第6図 円環光源によるルーソ線図
Light distribution in the Rousseau diagram of troidal sources

5. 結 言

以上前節までに得た結果を要約すると次のようである。

a) 太さのある円環光源について、円環に固定した座標系での偏角 φ をパラメータにとることにより、任意の方向の光度が解析的に表示出来る。

b) 円環面の対称軸と角 θ を為す方向の光度は θ の値によって三種の表示となり、 θ の値の小さい領域[i]では、 $I(\theta)/I(0^\circ)$ の値は円環の太さのある場合と無い場合について両者完全に一致し、 θ の値の 90° に近い領域[iii]では両者の差はかなり目立ってくる。

c) 20Wサークラインけい光灯と同じ寸法の円環光源と、太さを無視した円環光源とのそれぞれの鉛直光度 $I(0^\circ)$ が等しい場合の全光束の差は、 5° 置き球帯係数法で計算した場合、前者は後者より約3.5%少くなる。

をお本計算は、未だ極めて理想的な場合であって、統報においては更に実際のけい光灯に近い条件について計算した結果を報告したい。

最後に本研究の遂行について終始御懇切なる御指導と御鞭撻を賜った当所岡田支所長に心から御礼申し上げると共に終始繁雑なる計算に協力された栗岡豊技官に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) G. R. Baumgartner : Illum. Eng. **36** (1941) 1340
- 2) H. D. Einhorn and J. D. Sauermann : Jor. Ins. Elec. Eng. **95** (1948) 319
- 3) JIS C7601—1955
- 4) JIS C7602—1955
- 5) 山内二郎：電気試験所研究報告
第148号 (1924) 9
- 6) 黒沢涼之助：照明計算の基礎と応用 (昭 26) 27
- 7) 文献5)または照明工学ポケットブック(1947)4-34
- 8) NEC けい光灯照明器具型録
- 9) 照明工学ポケットブック (1947) 4-34

照明界のトピックス

原子電球の出現

9月8日の The New York Times に導線も電源も不要の信号灯用原子電球の記事が載せられた。これは封入ガスとして Kr 85 を用い、これがレンズ内面に塗布したけい光体を発光せしめるというもので、寿命は10年といわれ、鉄道幹線で試験中という。構内使用に対しては多量のケーブル節約となる。値段は35~75ドルで高いが運転費は不要。明るさは手先に持った新聞が読め、灯の存在は 200m 先から認めらる。