長方形開口部に入射する天空光の室内各表面への分布

(CIE 曇天空および一様天空の場合)

DISTRIBUTION OF SKY LIGHT INCIDENT ON INTERIOR SURFACES
FROM A RECTANGULAR APERTURE

(Cases of CIE standard overcast sky and uniform sky)

永田 忠彦*, 上川 聡**

Tadahiko NAGATA and Satoru KAMIKAWA

This paper deals with the distribution of light incident from sky through a rectangular aperture on a wall or ceiling onto interior surfaces of a room with a shape of rectangular parallelepiped. As for sky conditions, this paper assumes CIE overcast sky and uniform sky.

This paper presents a series of equations for calculating direct illuminance at an arbitrary point on an arbitrary interior surface and luminous flux incident directly onto an arbitrary interior surface.

Keywords : light distribution in interiors, rectangular aperture, CIE standard overcast sky, uniform sky

室内の光の分布, 長方形開口部, CIE 曇天空, 一様天空

1. はじめに

筆者らは先に, CIE 標準曇天空と一様天空の2つの場合を仮定して, 直方体形の室の1つの鉛直面または天井面の全体が開口部となっている場合について, 室内表面上の任意の点における直接照度や任意の室内表面への直接入射光束などを求めるための式や図を公表した^{1), 2)}。しかし実際問題として, 1つの面全体が開口部となっていることはまれであり, そのような条件を前提としている式の利用価値が高いとは言いがたい。そこで本論文では, 先と同様に CIE 標準曇天空と一様天空の2つの場合を仮定し, 直方体形の室の1つの鉛直面または天井面の一部が長方形の窓面開口部となっている場合について, 室内表面上の任意の点における直接照度や任意の室内表面への直接入射光束を求めてみた。

2. 天空輝度分布に関する仮定

天空輝度分布に関しては; まず, 高度 θ なる天空要素の輝度 L_θ (cd/m²) が

$$L_\theta = \frac{1}{3} (1 + 2 \sin \theta) L_z \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる CIE 標準曇天空を仮定する。ここに, L_z は天頂の輝度 (cd/m²) である。

一様天空を仮定した場合の室内各点の直接照度や室内各面への直接入射光束などは, CIE 標準曇天空を仮定して得られた直接照度や直接入射光束などから, 式(1)の $\sin \theta$ に関係する部分をすべて削除することによって容易に求めることができる。本論文では, 側窓および天窓のそれぞれについて, まず CIE 標準曇天空を仮定する場合について述べ, その後で一様天空を仮定する場合について述べることにする。

3. 側窓からの入射光

図—1のように, たて, よこ, 高さがそれぞれ a, b, c (m) の直方体形の室を仮定し, 鉛直な面 $O I J K$ には, 2辺がそれぞれ鉛直および水平な長方形でガラスなどの無い単純な窓面開口部 $A B C D$ があるものと仮定する。

さて, 図—1において, 任意の長方形開口部 $A B C D$ を通って床面に直接入射する光束は, 開口部 $O F C H$ を通って床面に直接入射する光束から, 開口部 $O E D H$ と開口部 $O F B G$ を通って床面に直接入射する光束をそれ

* 福井大学工学部環境設計工学科 教授・工博

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Fukui Univ., Dr. Eng.

** 福井大学工学部環境設計工学科 大学院生

Graduate Student, Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Fukui Univ.

図-1 直方体形の室の長方形の側窓開口部

図-2 側窓面と床面

それぞれ、開口部 $OEAG$ を通って床面に直接入射する光束を加えたものに等しいことは明白である。このことから、鉛直壁面 $OIJK$ に含まれる任意の長方形開口部 $ABCD$ を通って床面に直接入射する光束は、その鉛直面の隅角部の1点とその面内の任意の1点とを結ぶ線分を対角線とする長方形の開口部から床面への直接入射光束を計算する式が存在すれば、その式を利用した計算と簡単な加減算とによって容易に求められることがわかる。本研究ではこの点を考慮して、原点 O と鉛直面 $OIJK$ 内の任意の1点とを結ぶ線分を対角線とする長方形の開口部を通して室内各表面に直接入射する光束を計算するための式を誘導することとした。

3.1 側窓から床面への直接入射光

側窓面と床面に関して図-2のような座標系を設定し、側窓の2辺をそれぞれ $B, C(m)$ とすると、この側窓からの入射光によって床面上の点 $Q_r(X, Y, 0)$ に生ずる直接照度 $E_{oc,r}(lx)$ は

$$E_{oc,r} = (L_z/3) \cdot \{f(X, Y) + f(X, B-Y)\} \cdots (2)$$

と表される¹⁾。ここに $f(X, Y)$ は式(3)~(5)によって表される関数で、 X, Y それぞれに関して奇関数である。

$$f(X, Y) = f_1(X, Y) + f_2(X, Y) \cdots (3)$$

$$f_1(X, Y) = \frac{1}{2} \left(\tan^{-1} \frac{Y}{X} - \frac{X}{\sqrt{X^2 + C^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{X^2 + C^2}} \right) \cdots (4)$$

$$f_2(X, Y) = \frac{2}{3} \left(\tan^{-1} \frac{YC}{X\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2}} - \frac{XYC}{(X^2 + C^2)\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2}} \right) \cdots (5)$$

式(2)は $0 \leq Y \leq b$ の任意の Y について成り立つ。したがって、側窓から床面全体への直接入射光束 $F_{oc,r}(lm)$ は

$$F_{oc,r} = \int_0^b dY \int_0^a E_{oc,r} dX \cdots (6)$$

から求めることができ、この積分を実行すると式(7)が得られる。式(7)の中の $G(X, Y)$ は式(8)~(10)によって表される関数である。

$$F_{oc,r} = (L_z/3) \cdot \{G(a, b) - G(a, 0) - G(0, b) + G(0, 0) + G(a, B) - G(a, b-B) - G(0, B) + G(0, b-B)\} \cdots (7)$$

$$G(X, Y) = G_1(X, Y) + G_2(X, Y) \cdots (8)$$

$$G_1(X, Y) = \frac{1}{2} XY \tan^{-1} \frac{Y}{X} - \frac{1}{2} Y \sqrt{X^2 + C^2} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{X^2 + C^2}} - \frac{1}{4} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2}} + \frac{1}{4} Y^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2}} + \frac{1}{4} C^2 \log \sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} \cdots (9)$$

$$G_2(X, Y) = \frac{2}{3} XY \tan^{-1} \frac{YC}{X\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2}} + \frac{1}{6} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} + C}{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} - C} - \frac{1}{6} Y^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} + C}{\sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} - C} - \frac{1}{3} C \sqrt{X^2 + Y^2 + C^2} \cdots (10)$$

式(9), (10)の中には、式(7)を利用する際に X, Y に0を代入すると不定形になる項が存在するが、それに関しては $X \rightarrow 0, Y \rightarrow 0$ の極限值を代用するものとする²⁾。

3.2 側窓から対向壁面への直接入射光

側窓面と対向壁面に関して図-3のような座標系を設定すると、この側窓からの入射光によって対向壁面上の点 $Q_{wo}(a, Y, Z)$ に生ずる直接照度 $E_{oc,wo}(lx)$ は、 $Z \leq C$ のとき

$$E_{oc,wo} = (L_z/3) \cdot \{f(Y, C-Z) + f(B-Y, C-Z)\} \cdots (11)$$

と表される¹⁾。ここに $f(Y, Z)$ は式(12)~(14)によって表される関数で、 Y に関して奇関数である。

$$f(Y, Z) = f_1(Y, Z) + f_2(Y, Z) \cdots (12)$$

図—3 側窓面と対向壁面

$$f_1(Y, Z) = \frac{1}{2} \left(\frac{Y}{\sqrt{a^2 + Y^2}} \tan^{-1} \frac{Z}{\sqrt{a^2 + Y^2}} + \frac{Z}{\sqrt{a^2 + Z^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{a^2 + Z^2}} \right) \quad (13)$$

$$f_2(Y, Z) = \frac{2}{3} \left(\frac{Y}{\sqrt{a^2 + Y^2}} - \frac{a^2 Y}{(a^2 + Z^2) \sqrt{a^2 + Y^2 + Z^2}} \right) \quad (14)$$

式 (11) もまた $0 \leq Y \leq b$ の任意の Y について成り立つ。 $Z > C$ のときには $E_{oc.w0} = 0$ が成り立つことは明らかである。したがって、側窓から対向壁面全体への直接入射光束 $F_{oc.w0}(\text{lm})$ は

$$F_{oc.w0} = \int_0^C dZ \int_0^b E_{oc.w0} dY \quad (15)$$

から求めることができ、この積分を実行すると式 (16) が得られる。式 (16) の中の $G(Y, Z)$ は式 (17)~(19) によって表される関数である。

$$F_{oc.w0} = (L_z/3) \cdot \{G(b, C) - G(b, 0) - G(0, C) + G(0, 0) + G(B, C) - G(B, 0) - G(b-B, C) + G(b-B, 0)\} \quad (16)$$

$$G(Y, Z) = G_1(Y, Z) + G_2(Y, Z) \quad (17)$$

$$G_1(Y, Z) = \frac{1}{2} Z \sqrt{a^2 + Y^2} \tan^{-1} \frac{Z}{\sqrt{a^2 + Y^2}} + \frac{1}{2} Y \sqrt{a^2 + Z^2} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{a^2 + Z^2}} - \frac{1}{2} a^2 \log \sqrt{a^2 + Y^2 + Z^2} \quad (18)$$

$$G_2(Y, Z) = \frac{2}{3} Z \sqrt{a^2 + Y^2} - \frac{2}{3} a Y \tan^{-1} \frac{YZ}{a \sqrt{a^2 + Y^2 + Z^2}} - \frac{2}{3} a^2 \log (\sqrt{a^2 + Y^2 + Z^2} + Z) \quad (19)$$

3.3 側窓から隣接壁面への直接入射光

側窓面と隣接壁面に関して図—4 のような座標系を設定すると、この側窓からの入射光によって隣接壁面上の

図—4 側窓面と隣接壁面

点 $Q_{wn}(X, 0, Z)$ に生ずる直接照度 $E_{oc.wn}(\text{lx})$ は、 $Z \leq C$ のとき

$$E_{oc.wn} = (L_z/3) \cdot f(X, C-Z) \quad (20)$$

と表される¹⁾。ここに $f(X, Z)$ は式 (21)~(23) によって表される関数で、 Y に関して奇関数である。

$$f(X, Z) = f_1(X, Z) + f_2(X, Z) \quad (21)$$

$$f_1(X, Z) = \frac{1}{2} \left(\tan^{-1} \frac{Z}{X} - \frac{X}{\sqrt{X^2 + B^2}} \tan^{-1} \frac{Z}{\sqrt{X^2 + B^2}} \right) \quad (22)$$

$$f_2(X, Z) = \frac{2}{3} \left(\frac{X}{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} - \frac{X}{\sqrt{X^2 + B^2}} - \frac{X}{\sqrt{X^2 + Z^2}} + 1 \right) \quad (23)$$

この場合にもまた $Z > C$ のときには $E_{oc.wn} = 0$ が成り立つ。したがって、側窓から隣接壁面全体への直接入射光束 $F_{oc.wn}(\text{lm})$ は

$$F_{oc.wn} = \int_0^C dZ \int_0^a E_{oc.wn} dX \quad (24)$$

から求めることができ、この積分を実行すると式 (25) が得られる。式 (25) の中の $G(X, Z)$ は式 (26)~(28) によって表される関数である。

$$F_{oc.wn} = (L_z/3) \cdot \{G(a, C) - G(a, 0) - G(0, C) + G(0, 0) + G(X, C) - G(X, 0) - G(0, C) + G(0, 0)\} \quad (25)$$

$$G(X, Z) = G_1(X, Z) + G_2(X, Z) \quad (26)$$

$$G_1(X, Z) = \frac{1}{2} XZ \tan^{-1} \frac{Z}{X} - \frac{1}{2} Z \sqrt{X^2 + B^2} \tan^{-1} \frac{Z}{\sqrt{X^2 + B^2}} - \frac{1}{4} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Z^2}}{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} + \frac{1}{4} B^2 \log \sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} + \frac{1}{4} Z^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Z^2}}{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} \quad (27)$$

$$G_2(X, Z) = \frac{1}{3} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} + Z}{\sqrt{X^2 + Z^2} + Z}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{3} B^2 \log(\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} + Z) \\
& + \frac{1}{3} Z(\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} - \sqrt{X^2 + Z^2}) \\
& - \frac{2}{3} Z(\sqrt{X^2 + B^2} - X) \cdots \cdots (28)
\end{aligned}$$

式 (25) の中には不定形の項が現れるが、それに関しては式 (7) と同様な取扱いをするものとする^(注)。

3.4 一様天空の場合

以上述べて来たところでは天空として CIE 標準曇天空を仮定している。しかし時には、天空全体にわたって一様な輝度を持つ一様天空を仮定して昼光計算を行うこともある。そこで、ここでは、輝度 $L_{uni}(\text{cd/m}^2)$ の一様天空を仮定した場合に、図-1 に示す室内表面上の各点の直接照度と室内各面への直接入射光束をどのような式で計算すればよいかを述べておく。

(1) 側窓から床面への直接入射光

天空の条件として輝度 $L_{uni}(\text{cd/m}^2)$ を持つ一様天空を仮定する場合、図-2 の点 Q_r に生ずる直接照度 $E_{uni,r}(\text{lx})$ は、式 (2) において f を f_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。床面全体への直接入射光束 $F_{uni,r}(\text{lm})$ は、式 (7) において G を G_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。

(2) 側窓から対向壁面への直接入射光

天空の条件として輝度 $L_{uni}(\text{cd/m}^2)$ を持つ一様天空を仮定する場合、図-3 の点 Q_{wo} に生ずる直接照度 $E_{uni,wo}(\text{lx})$ は、式 (11) において f を f_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。床面全体への直接入射光束 $F_{uni,wo}(\text{lm})$ は、式 (16) において G を G_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。

(3) 側窓から隣接壁面への直接入射光

天空の条件として輝度 $L_{uni}(\text{cd/m}^2)$ を持つ一様天空を仮定する場合、図-4 の点 Q_{un} に生ずる直接照度 $E_{uni,un}(\text{lx})$ は、式 (20) において f を f_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。床面全体への直接入射光束 $F_{uni,un}(\text{lm})$ は、式 (25) において G を G_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。

4. 天窓からの入射光

図-5 のように、たて、よこ、高さがそれぞれ $a, b, c(\text{m})$ の直方体形の室を仮定し、天井面には、2 辺がそれぞれ室のたておよびよこに平行な長方形でガラスなどの無い単純な窓面開口部 $EFGH$ があるものと仮定する。

側窓の場合と同様に、図-5 において、任意の長方形の開口部 $EFGH$ を通って床面に直接入射する光束は、天井隅角部の 1 点と天井面内の任意の 1 点とを結ぶ線分を対角線とする長方形の開口部から床面への直接入射光束を計算する式が存在すれば、その式を利用した計算と

図-5 直方体形の室の長方形の天窓開口部

図-6 天窓面と床面

簡単な加減算とによって容易に求められることがわかる。本稿では以下に、天井面の隅角部の 1 点 M とその面内の任意の 1 点とを結ぶ線分を対角線とする長方形の開口部を通して室内各表面に直接入射する光束を計算するための式について述べることにする。

4.1 天窓から床面への直接入射光

天窓面と床面に関して図-6 のような座標系を設定し、天窓の 2 辺をそれぞれ $A, B(\text{m})$ とすると、この天窓からの入射光によって床面上の点 $Q_r(X, Y, 0)$ に生ずる直接照度 $E_{oc,r}(\text{lx})$ は

$$\begin{aligned}
E_{oc,r} = & (L_z/3) \cdot \{f(X, Y) + f(A-X, Y) \\
& + f(X, B-Y) + f(A-X, B-Y)\} \cdots \cdots (29)
\end{aligned}$$

と表される²⁾。ここに $f(X, Y)$ は式 (30)~(32) によって表される関数で、 X, Y それぞれに関して奇関数である。

$$f(X, Y) = f_1(X, Y) + f_2(X, Y) \cdots \cdots (30)$$

$$\begin{aligned}
f_1(X, Y) = & \frac{1}{2} \left(\frac{X}{\sqrt{X^2 + c^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{X^2 + c^2}} \right. \\
& \left. + \frac{Y}{\sqrt{Y^2 + c^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{Y^2 + c^2}} \right) \cdots (31)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_2(X, Y) = & \frac{2}{3} \left(\tan^{-1} \frac{XY}{c \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2}} \right. \\
& + \frac{XYc}{(X^2 + c^2) \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2}} \\
& \left. + \frac{XYc}{(Y^2 + c^2) \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2}} \right) \cdots \cdots (32)
\end{aligned}$$

したがって、天窓から床面全体への直接入射光束 $F_{oc,f}$ (lm) は

$$F_{oc,f} = \int_0^b dY \int_0^a E_{oc,f} dX \dots (33)$$

から求めることができ、この積分を実行すると式 (34) が得られる。式 (34) の中の $G(X, Y)$ は式 (35)~(37) によって表される関数である。

$$\begin{aligned} F_{oc,f} = (L_z/3) \cdot \{ & G(a, b) - G(a, 0) - G(0, b) + G(0, 0) \\ & + G(A, b) - G(A, 0) - G(a - A, b) \\ & + G(a - A, 0) + G(a, B) - G(a, b - B) \\ & - G(0, B) + G(0, b - B) + G(A, B) \\ & - G(A, b - B) - G(a - A, B) \\ & + G(a - A, b - B) \} \dots (34) \end{aligned}$$

$$G(X, Y) = G_1(X, Y) + G_2(X, Y) \dots (35)$$

$$\begin{aligned} G_1(X, Y) = & \frac{1}{2} X \sqrt{Y^2 + c^2} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{Y^2 + c^2}} \\ & + \frac{1}{2} Y \sqrt{X^2 + c^2} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{X^2 + c^2}} \\ & - \frac{1}{2} c^2 \log \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2} \dots (36) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_2(X, Y) = & \frac{2}{3} XY \tan^{-1} \frac{XY}{c \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2}} \\ & + \frac{2}{3} c \sqrt{X^2 + Y^2 + c^2} \dots (37) \end{aligned}$$

4.2 天窓から壁面への直接入射光

天窓面と壁面に関して図-7のような座標系を設定すると、この天窓からの入射光によって XZ 壁面上の点 $Q_w(X, 0, Z)$ に生ずる直接照度 $E_{oc,w}$ (lx) は

$$E_{oc,w} = (L_z/3) \cdot \{ f(X, c - Z) + f(A - X, c - Z) \} \dots (38)$$

と表される²⁾。ここに $f(X, Z)$ は式 (39)~(41) によって表される関数で、 X に関して奇関数である。

$$f(X, Z) = f_1(X, Z) + f_2(X, Z) \dots (39)$$

$$\begin{aligned} f_1(X, Z) = & \frac{1}{2} \left(\tan^{-1} \frac{X}{Z} - \frac{Z}{\sqrt{B^2 + Z^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{B^2 + Z^2}} \right) \\ & \dots (40) \end{aligned}$$

図-7 天窓面と壁面

$$\begin{aligned} f_2(X, Z) = & \frac{2}{3} \left(\frac{X}{\sqrt{X^2 + Z^2}} - \frac{XZ^2}{(B^2 + Z^2)\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} \right) \\ & \dots (41) \end{aligned}$$

したがって、天窓から壁面全体への直接入射光束 $F_{oc,w}$ (lm) は

$$F_{oc,w} = \int_0^c dZ \int_0^a E_{oc,w} dX \dots (42)$$

から求めることができ、この積分を実行すると式 (43) が得られる。式 (43) の中の $G(X, Z)$ は式 (44)~(46) によって表される関数である。

$$\begin{aligned} F_{oc,w} = (L_z/3) \cdot \{ & G(a, c) - G(a, 0) - G(0, c) \\ & + G(0, 0) + G(A, c) - G(A, 0) - G(a - A, c) \\ & + G(a - A, 0) \} \dots (43) \end{aligned}$$

$$G(X, Z) = G_1(X, Z) + G_2(X, Z) \dots (44)$$

$$\begin{aligned} G_1(X, Z) = & \frac{1}{2} XZ \tan^{-1} \frac{X}{Z} \\ & - \frac{1}{2} X \sqrt{B^2 + Z^2} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{B^2 + Z^2}} \\ & + \frac{1}{4} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Z^2}}{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} \\ & + \frac{1}{4} B^2 \log \sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} \\ & - \frac{1}{4} Z^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + Z^2}}{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} \dots (45) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_2(X, Z) = & \frac{2}{3} XB \tan^{-1} \frac{XZ}{B \sqrt{X^2 + B^2 + Z^2}} \\ & - \frac{1}{3} Z (\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} - \sqrt{X^2 + Z^2}) \\ & - \frac{1}{3} X^2 \log \frac{\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} + Z}{\sqrt{X^2 + Z^2} + Z} \\ & - \frac{1}{3} B^2 \log (\sqrt{X^2 + B^2 + Z^2} - Z) \\ & \dots (46) \end{aligned}$$

式 (43) の中には不定形の項が現れるが、それに関しては式 (7) と同様な取扱いをするものとする^{注)}。

4.3 一様天空の場合

ここでは側窓の場合と同様に、輝度 L_{uni} (cd/m²) の一様天空を仮定した場合に、図-5に示す室内表面上の各点の直接照度と室内各面への直接入射光束の計算の仕方を述べておく。

(1) 天窓から床面への直接入射光

天空の条件として輝度 L_{uni} (cd/m²) を持つ一様天空を仮定する場合、図-6の点 Q_f に生ずる直接照度 $E_{uni,f}$ (lx) は、式 (29) において f を f_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。床面全体への直接入射光束 $F_{uni,f}$ (lm) は、式 (34) において G を G_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。

(2) 天窓から壁面への直接入射光

天空の条件として輝度 L_{uni} (cd/m²) を持つ一様天空を

仮定する場合、図一7の点 Q_w に生ずる直接照度 $E_{uni.w}$ (lx) は、式 (38) において f を f_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。壁面全体への直接入射光束 $F_{uni.w}$ (lm) は、式 (43) において G を G_1 に、 $L_z/3$ を L_{uni} に置き換えた式で表される。

5. おわりに

本論文では、直方体形の室の1つの鉛直壁面または天井面の一部が長方形の開口部となっている場合を仮定しているため計算式がかなり複雑である。しかし、本稿で示した直接入射光束の式は、実際の建物でよく見られる条件が前提となっているので、既報^{1), 2)}の式よりは実用性が高いと思われる。なお、実用に際しては、窓前方の遮蔽物や壁厚の影響などに対する適切なる考慮が必要である。

参考文献

- 1) 永田忠彦：側窓に入射する天空光の室内各表面への分布 (CIE 曇天空および一様天空の場合)，日本建築学会計画系論文報告集，No. 422，pp. 1～7，1991. 4

- 2) 永田忠彦，上川 聡：天窓に入射する天空光の室内各表面への分布 (CIE 曇天空および一様天空の場合)，日本建築学会計画系論文報告集，No. 426，pp. 39～44，1991. 8

注

式 (7)，(25)，(43) において不定形となる項に関する極限值をここに示しておく。

x, y を互いに独立な変数， c を任意の正の定数とすれば， $x \rightarrow 0, y \rightarrow 0$ のとき

$$1) \quad xy \tan^{-1} \frac{y}{x} \rightarrow 0$$

$$2) \quad xy \tan^{-1} \frac{cy}{x\sqrt{x^2+y^2+c^2}} \rightarrow 0$$

$$3) \quad x^2 \log \sqrt{x^2+y^2} \rightarrow 0$$

$$4) \quad x^2 \log (\sqrt{x^2+y^2+c^2}-c) \rightarrow 0$$

$$5) \quad x^2 \log (\sqrt{x^2+y^2}+y) \rightarrow 0$$

が成り立つ。

本論文の主要な部分は、1991年の日本建築学会大会学術講演梗概集 D，pp. 55～58 に発表してある。

(1991年9月6日原稿受理，1991年11月12日採用決定)