立体角投射率の一測定法について

(インスタントカメラを使用した場合)

正会員 山家 哲雄* 専門会員 藤原 義輝*

On a Measurement Method of the Configuration Factors

(Using the Instantaneous Camera)

Tetsuo Yamaya (Member) Yoshiteru Fujiwara (Fellow Member)

(Department of Electrical Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University)

1. ま え が き

昼光照度を取り扱う採光設計・計画の分野では、昼光の明るさの変動的要素をすべて取り去り、「明るい」か「暗い」かだけの量的な指標となる立体角投射率が利用されている。

立体角投射率の測定では、光源の立体角投射図を正確に求めることが必要不可欠であり、その方法として、これまでに特殊な立体角投射カメラや魚眼カメラと算定用網目図などを用いる、光学的写真測光法が数多く報告されている¹⁾。しかし、これらの方法では写真に算定用網目図を重ね合わせて該当部分の網目の数を複雑な手作業により数えなければ、立体角投射率を求めることができない。

そこで筆者らは、従来のように特別な写真レンズを装着したカメラによって撮影した写真によらず、汎用インスタントカメラによって撮影した普通の写真からパーソナルコンピュータを用いて立体角投射率を簡便に求める手法を試み、良好な結果を得たので報告する²⁾。

2. 立体角投射図の作成法

2.1 立体角投射率

図1において採光窓 S_1 を輝度が一定な均等拡散光源であると考え、被照点Pにおける立体角投射率 U は、点Pを頂点、 S_1 を底面とする錐体が単位半球面の一部を切り取る図形 S_2 を単位半球の底面に正射影することにより描かれる立体角投射図の面積(立体角投射面積) S_3 と、単位半球の底円の面積(π)との比の百分率として、(1)式のように求められる。

$$U = \frac{S_3}{\pi} \times 100 [\%] \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.2 立体角投射図の描き方

図1に示すように採光窓 S_1 の立体角投射図 S_3 を得るには、 S_1 の輪郭部の各点に対して逐次、立体角投射点を求め、連続的に結

図1 立体角投射率

べば描くことができる。

XYZの直交座標系において、XY平面を被照面T、被照点Pを原点(0, 0, 0)、 S_1 の輪郭上の一点を $Q_1(x_1, y_1, z_1)$ とすれば、 Q_1 の立体角投射点 $Q_3(x_3, y_3, z_3)$ は、(2)式に示す直線 PQ_1 の方程式と、(3)式に示す単位球の方程式を、 $z=0$ として解くことにより、(4)、(5)、(6)式に示すように求めることができる。

$$\frac{x-x_1}{x_1} = \frac{y-y_1}{y_1} = \frac{z-z_1}{z_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$x^2 + y^2 + z^2 = 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$x_3 = \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$y_3 = \frac{y_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$z_3 = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

2.3 インスタントカメラの射影特性

採光窓の写真撮影に使用したカメラは、現像など一連の写真処理が撮影現場で即座に行なえる、引きはがし方式のインスタントカメラ(日本ボラロイド社製、ランドカメラ350型)である。

このインスタントカメラに装着されている写真レンズは、一般

* 日本大学工学部電気工学科

本報の一部は昭和62年度照明学会全国大会において発表した。

に「歪曲の無いレンズ」と呼ばれるもので、被写体の長さを R 、光学像の長さを r 、レンズの主点 H から被写体までの距離（被写体距離）を a 、同じく光学像までの距離（像距離）を b 、光の入射角を θ とするならば、これらの間に(7)、(8)式の関係が与えられる。

$$R = a \cdot \tan \theta \cdots \cdots (7)$$

$$r = b \cdot \tan \theta \cdots \cdots (8)$$

また、レンズの焦点距離を f とするならば、レンズの公式により、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \cdots \cdots (9)$$

となる。

写真に写し込まれた採光窓の寸法（光学像 r ）から実際の採光窓の寸法（被写体 R ）を求めるには、被写体距離 a と像距離 b を既知とすれば、(7)、(8)、(9)式により予測することができる。

像距離 b は、カメラによって定まっているものであるから、写真撮影位置が明確となっているならば、写真の画像情報から実際の採光窓の位置および寸法を予測し、前項「2.2 立体角投射図の描き方」に基づいて、部屋の各位置における立体角投射図を得ることができる。

ここで、これらの諸式の関係为满足するためには、写真画像に歪みが無いことが必要条件となるので、歪みの有無を方眼指標を用いて撮影した写真から測定した。その結果、本研究で使用するインスタントカメラは、写真中央部分の方眼像に対し外周部分では、方眼像が1 [%] ほど小さく撮影される樽型歪みの傾向を示す程度であるので、実用上問題無いものと判断した。

2.4 被写体距離の予測

被写体距離 a をその都度計測するのは繁雑であるので、撮影した写真から簡単に予測することを試みた。

長さ $R = 1$ [m] の指標を壁面に固定し被写体距離 a を変えて多数撮影し、写真上に写し込まれた指標の光学像寸法 r を計測した結果から指数関数による近似式として(10)式を得た。

$$a = k \cdot r^{-c} \cdots \cdots (10)$$

ただし、

$$k = 0.1268$$

$$c = 0.9769$$

したがって、採光窓の撮影時に $R = 1$ [m] の指標も一緒に写し込むことにより、指標の光学像寸法から被写体距離 a を予測することが可能である。

3. 立体角投射面積の算定法

前項「2. 立体角投射図の作成法」に基づいて描かれた採光窓の立体角投射図は、採光窓の輪郭上の各点における立体角投射点を補間することにより描かれる図形であることから、 n 個の頂点からなる多角形と見なすことができる。

一般に、各頂点の座標が (x_{31}, y_{31}) , (x_{32}, y_{32}) , $\cdots$, (x_{3n}, y_{3n}) である多角形の面積 S_n は、(12)式により求めることができる。

$$S_n = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} |x_{3i} y_{3(i+1)} - x_{3(i+1)} y_{3i}| + |x_{3n} y_{31} - x_{31} y_{3n}| \cdots (11)$$

よって、立体角投射面積 S_3 は(11)式により近似的に求めることができる。

4. 測定結果例

一例として、図2の概略図に示すように間口×奥行きが 9.08 × 9.48 [m]、南側の一壁面に縦×横が、1.77 × 1.75 [m] の採光窓が二つある授業教室における実測結果を示す。

図2 測定点の概略図（授業教室）

測定点は、図2に示すA～Dの各4地点で、床上0.85 [m] の机上面上とした。なお、写真撮影は、採光窓より8.0 [m] 隔てた部屋中心軸上のE地点（レンズの中心までの高さは、床上1.4 [m]）で行なった。これにより図3に示す1枚の写真を得た。

図3 インスタントカメラによる写真撮影例

図4 立体角投射図の作図例（CRT画面のハードコピー）

図 4 に、パーソナルコンピュータの CRT 画面に作図した、各測定点における立体角投射図のハードコピーを示す。白抜き図形が、二つある採光窓の立体角投射図である。

表 1 測定結果例 単位：〔%〕

測定地点	A 地点	B 地点	C 地点	D 地点
測定地	1.60	13.15	1.29	0.64
計算値	1.56	13.08	1.27	0.64

表 1 に、各測定点における測定値と計算式³⁾により求めた計算値を示す。

表 1 から明らかなように、測定値は計算値を満足しており、十分実用できるものといえる。

5. ま と め

以上のように、特別な立体角投射カメラや算定用網目図などによらず、汎用インスタントカメラによる普通の写真から、パーソ

ナルコンピュータを用いて、立体角投射率を簡便にかつ正確に測定することが可能になった。

また、一枚の写真から測定現場の任意の複数箇所における立体角投射率を同時に求めることもできるようになった。

今後は、カメラの画角による測定条件の制約の解消や、他の汎用カメラなどへの応用についても検討し、より実用性の高いシステムへ発展させて行きたいと考えている。

終りに、本研究に際し、終始ご助言いただきました大谷義彦教授に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 日本建築学会編：設計計画パンフレット No.24 日照の測定と検討，彰国社（昭59）16～17
- (2) 藤原・山家：インスタントカメラによる立体角投射率の一算定法（Ⅱ），照学全大（昭62）61
- (3) 日本建築学会編：設計計画パンフレット No.16 採光設計，彰国社（昭50）27

（受付1987年6月9日）

著 者 紹 介

下垣 光太郎君（専門会員）

昭和59年2月号参照。

中川 靖夫君（専門会員）

昭和60年10月号参照。

大谷 文雄君（専門会員）

昭和60年10月号参照。

谷治 環君（正会員）

昭和60年10月号参照。

藤原 義輝君（専門会員）

昭和61年6月号参照。

田淵 義彦君（専門会員）

昭和60年2月号参照。

中村 肇君（専門会員）

昭和60年6月号参照。

木本 哲也君（正会員）

昭和60年6月号参照。

前田 純雄君（正会員）

昭和59年6月号参照。

家村 道雄君（正会員）

昭和59年6月号参照。

山口 純一君（専門会員）

昭和59年6月号参照。

芦澤 昌子君（正会員）

昭和58年10月号参照。

池田 光男君（専門会員）

昭和58年10月号参照。

水野 銈章君（正会員）

昭和61年10月号参照。

石川 太郎君（専門会員）

昭和61年10月号参照。