

# タスク・アンビエント照明における影の中の照明率について - 照明率の予測に関する検討 -

日大生産工 内田 暁, 大谷 義彦

## 1. はじめに

事務室などにおける作業面を対象とした照明設計を行う場合, 一般的に式(1)に示すような光束法<sup>1)</sup>に基づいて光源(照明器具)の台数を決定する.

$$N = \frac{EA}{\Phi UM} \quad (1)$$

ただし,  $N$ : 光源(照明器具)の台数,  $E$ : 作業面の平均照度,  $\Phi$ : 光源からの光束,  $U$ : 照明率,  $M$ : 保守率,  $A$ : 作業面の面積.

式(1)は簡便な計算式であることから, 何も設置されていない事務室への適用だけでなく, 什器が設置された事務室や, 局部照明を併用した事務室でも適用できるならば非常に実用的である<sup>2)~4)</sup>. そこで, オフィス照明方式の一つであるタスク・アンビエント照明に光束法を用いた照明設計手法を適用することを目的とし, 特に照明率についての検討を行ってきた<sup>5),6)</sup>. その結果, 全般照明を担うアンビエント光源による照明率, ならびに局部照明を担うタスク光源による照明率について, 光源の位置や配置, また什器や遮光球の設置に関する情報を加味する必要があったことがわかった.

本報告では, 現在までに行ってきた研究結果を踏まえ, タスク・アンビエント照明を施し, 机やパーティションなどの遮光物体を設置した模型室内において, 作業面上の照明率の予測に関する検討を, モンテカルロ法を用いた照度計算<sup>7)</sup>の結果を利用して行った.

## 2. 模型室の設定

図1に, 検討に用いた模型室の概要を示す. 計算において, 床面左手前隅を原点 $O$ とし,  $XY$ 平面が床面と平行となるような $XYZ$ 直角座標系を設定した. また室内面は床面 $S_1$ , 天井面 $S_2$ ,

壁面 $S_3 \sim S_6$ の計6面で構成されている.

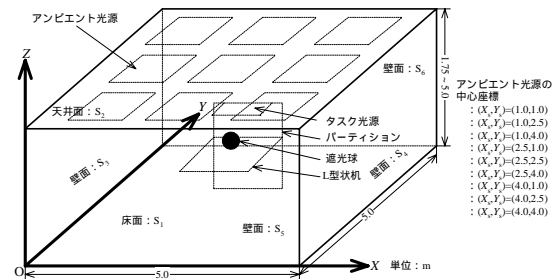


図1 模型室の概要(単位:m)

模型室の寸法は, 幅, 奥行き共に 5.0 m 一定とし, 高さを 1.75 m ~ 5.0 m の範囲で変化させた. また, 天井面に一辺が 0.3 m ~ 1.5 m の範囲で変化できる均等拡散配光を有する正方形アンビエント光源を, 図1に示す位置に設置できるようにした.

この模型室内に, 作業面である机上面を含んだ幅 1.0 m, 奥行き 0.8 m, 高さ 0.75 m の L 形状机に, 幅 1.0 m, 高さ 0.65 m のパーティションを取り付けたものを, 机上面の中心座標が  $(X, Y, Z) = (2.5, 2.5, 0.75)$  となるように設置した. また発光面が幅 0.5 m, 奥行き 0.1 m のタスク光源を, 机上面に平行かつ机上面より上となるように設置した. 以後, これらを組み合わせたものを什器と称する.

ここで, 照明率はアンビエント光源, タスク光源それぞれから放射される光束に相当するところの粒子数に対する, 作業面であるところの机上面に入射する粒子数の比として算出した<sup>2)</sup>. また検討に際し, 机上面との比較を行うため, 模型室内に何も設置しない場合の床面から高さ 0.75 m の位置に, 机上面と同じ面積を有する仮想の作業面を設定した.

反射率は、天井面70%、壁面50%、床面30%、また模型室内部に設置したL形状機とパーティションを30%一定とした。なお、これらは均等拡散反射特性を有している。

また机上面に影を生じさせるために、作業者の頭部を想定した半径0.1m、反射率0%の遮光球を中心座標が $(X_g, Y_g, Z_g) = (2.5, 2.5, 1.1)$ となるように設置した。

### 3. 結果と検討

#### 3.1 アンビエント光源による照明率

図2に、検討に用いた天井面におけるアンビエント光源の配置を示す。図中の数値は図1で示したアンビエント光源の中心座標に対応し、に光源を設置しない配置をA~F、に設置した配置をA'~F'としている。

図3に、室内に何も設置しない場合、什器を設置した場合、什器と遮光球を設置した場合をそれぞれパラメータとした、アンビエント光源の配置に対する照明率特性を示す。なお、模型室の高さは2.5m、アンビエント光源の寸法は1.0m×1.0m、タスク光源の中心座標は $(X_s, Y_s, Z_s) = (2.5, 2.85, 1.4)$ の場合である。

図3より、多くのアンビエント光源の配置において、室内に什器と遮光球を設置することで照明率は減少していることがわかる。また、アンビエント光源の台数が同じである配置のAとB、A'とB'、DとE、D'とE'を比較すると照明率は異なる値となっている。これは、アンビエント光源とパーティションとの幾何学的関係によるためである。よって、アンビエント光源による照明率は、什器と遮光球だけでなく、アンビエント光源の配置によっても変化することとなる。しかしながら光束法では、式(1)に示したように、算出される値は光源の配置ではなく台数であることから、光源の台数に対する照明率を検討する必要がある。

図4に、アンビエント光源の寸法をパラメータとしたアンビエント光源の台数に対する影の中における照明率の比特性を示す。影の中

における照明率の比は、室内に何も設置しない場合の照明率に対する什器と遮光球を設置した場合の照明率で算出した。なお、模型室の高さは2.5m、タスク光源の中心座標は $(X_s, Y_s, Z_s) = (2.5, 2.85, 1.4)$ の場合である。

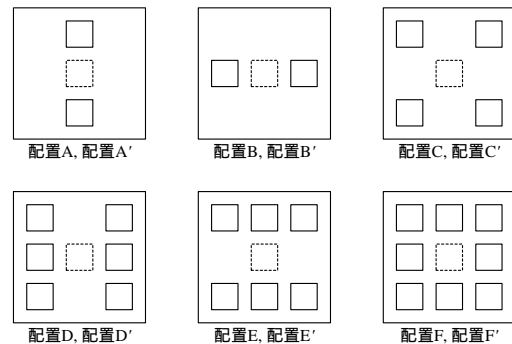


図2 アンビエント光源の配置

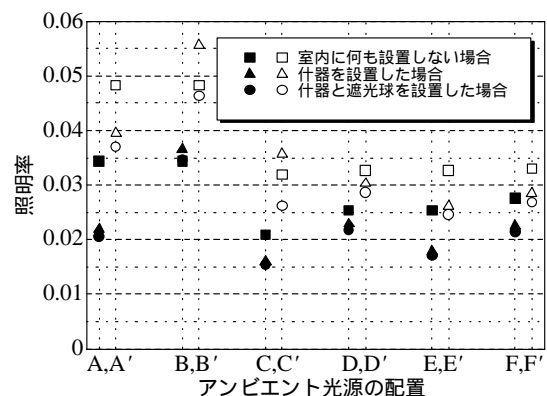


図3 アンビエント光源の配置に対する照明率

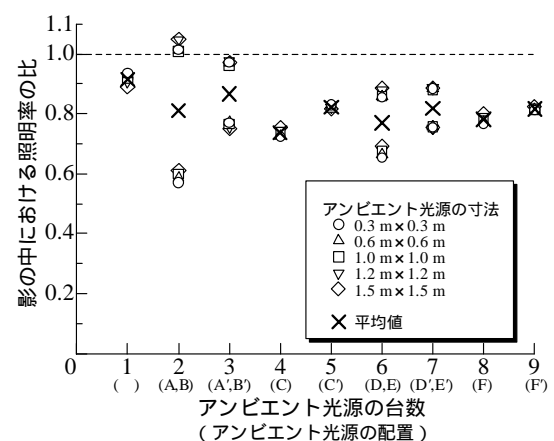


図4 アンビエント光源の台数に対する影の中における照明率の比

図4より、アンビエント光源の台数が2, 3,

6, 7 台の場合, アンビエント光源とパーティションとの幾何学的関係により, 光源の台数が同じであっても影の中における照明率の比は変化する. 一方, 光源が同一配置であるならば, アンビエント光源の寸法の変化に対する影の中における照明率の比の変化は, 0.05 未満の範囲である. よって, 光源の寸法の変化は影の中における照明率の比にほとんど影響を及ぼさないと考えた. また, アンビエント光源の台数毎に, 影の中における照明率の比について平均を求めたところ 0.8 ~ 0.9 となった. ここで, 影を考慮した照明設計において, 10% 以上の照度の低下を影として取り扱うならば<sup>8)</sup>, 図 4 より得られた影の中における照明率の比の値は無視することができない.

図 5 に, アンビエント光源の台数をパラメータとした, 模型室の高さに対する影の中における照明率の比の平均値特性を示す. 影の中における照明率の比の平均は, 図 4 に示すような結果から算出した.

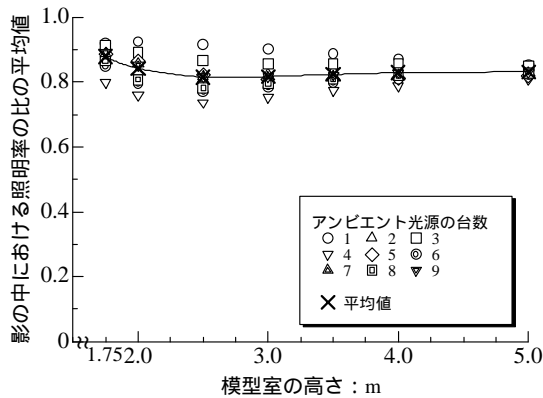


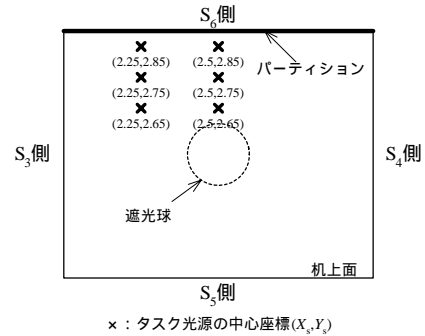
図 5 模型室の高さに対する影の中における照明率の比の平均値

図 5 より, 影の中における照明率の比の平均値は 0.75 ~ 0.95 の範囲である. また, 検討を行った模型室の高さ毎に平均を求めたところ 0.81 ~ 0.88 となった. 影の中における照明率の比は, 何も設置しない場合の照明率から影の中の照明率を求める際の補正係数と考えることができる. よって, この補正係数を用いることで, アンビエント光源の影の中における照明率

を予測できるものと考えられる.

### 3.2 タスク光源による照明率

図 6 に検討に用いたタスク光源の位置(中心  $X$  座標と  $Y$  座標)を, 図 7 にタスク光源の中心  $X$  座標と高さ ( $Z$  座標)をパラメータとした, タスク光源の位置(中心  $Y$  座標の変化)に対する照明率特性を示す.



x : タスク光源の中心座標( $X_s, Y_s$ )

図 6 タスク光源の位置  
(中心  $X$  座標と中心  $Y$  座標の変化)

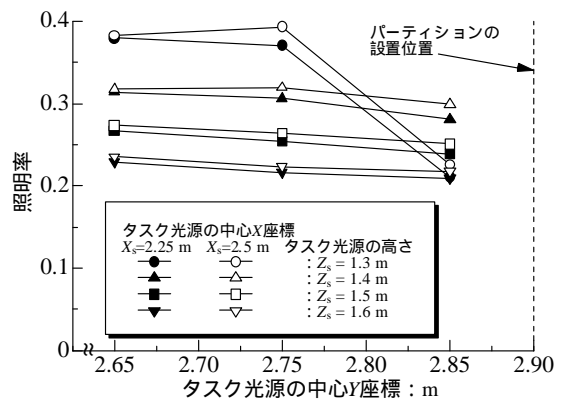


図 7 タスク光源の中心  $Y$  座標に対する照明率

図 7 より, タスク光源の位置が変化することで照明率も変化する. しかしながらタスク光源による照明率は, タスク光源の位置はもちろんのこと, パーティションの反射による照度の増加と, 遮光球による照度の低下も考慮して検討する必要がある.

図 8 にタスク光源の中心  $X$  座標と高さ ( $Z$  座標)をパラメータとした, タスク光源の位置(中心  $Y$  座標の変化)に対する全成分(直接成分と間接成分を足し合わせたもの)に関する照明率の比特性を示す. なお全成分に関する照明率の

比は、直接成分の照明率に対する全成分の照明率から算出した。

図8より、タスク光源がパーティションに近づくと、全成分に関する照明率の比は増加し、その変化の範囲は1.11~1.23である。

図9にタスク光源の中心X座標と高さ(Z座標)をパラメータとした、タスク光源の位置(中心Y座標の変化)に対する影の中における照明率の比特性を示す。なお、影の中における照明率の比は、図4と同じ方法で算出した。

図9より、タスク光源がパーティションに近づくと、影の中における照明率の比は増加し、その変化の範囲は0.83~1.00である。

図8より得た全成分に関する照明率の比の平均値と、図9より得た影の中における照明率の比の平均値を掛け合わせると、タスク光源の位置に関わらず0.99~1.12の範囲となる。すなわちタスク光源による照明率は、遮光球を設置しない場合の直接成分の照明率に対して、全成分に関する照明率の比と、影の中における照明率の比を掛け合わせたものを補正係数とし、この補正係数を用いることで予測できるものと考えられる。

#### 4. おわりに

本報告では、タスク・アンビエント照明に光束法を適用することを目的とし、タスク・アンビエント照明における作業面上の照明率の予測に関する検討を行った。

その結果、アンビエント光源については、什器や遮光球の設置に関する情報を有する影の中における照明率の比を、タスク光源については、影の中における照明率の比と、パーティションによる反射の情報を有する全成分に関する照明率の比を導出した。これらの値は、タスク・アンビエント照明における影の中の照明率を予測するための補正係数となり、タスク・アンビエント照明における作業面上の照明設計に光束法を適用する場合、これらの補正係数を用いて、簡易に影の中の照明率を予測できるも

のと考えられる。

今後の課題として、導出した照明率の補正係数を、今回検討した以外の模型室の寸法や、光源の配置に適用させ、予測した結果の精度を検討する必要がある。

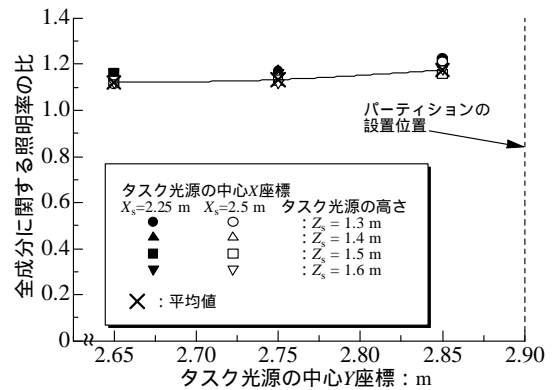


図8 タスク光源の中心Y座標に対する全成分に関する照明率の比

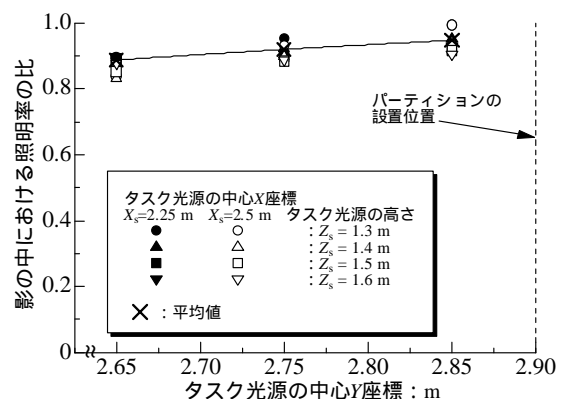


図9 タスク光源の中心Y座標に対する影の中における照明率の比

#### 参考文献

- (1) (社)照明学会編：照明用語事典，オーム社，pp.42~43 (1990).
- (2) Carter, D.J., et. al.: Lumen design method for obstructed interiors, *Lighting Res. Technol.*, 24-1, pp. 15~24 (1992).
- (3) Carter, D.J., et. al.: Design calculations for electric lighting in real interiors, *J. Illum. Engng.*, 26-1, pp. 79~89 (1997).
- (4) Newsham, Guy R., et. al.: The effect of office design on workstation lighting: A simulation study, *J. Illum. Engng.*, 32-2, pp. 52~73 (2003).
- (5) 内田，大谷：タスク・アンビエント照明における作業面上の照明率について，第36回日本大学生産工学部学術講演会電気電子部会講演概要，pp.101~104 (2003).
- (6) 内田，大谷：タスク・アンビエント照明における影の中の照明率について，平成16年度(第37回)照明学会全国大会講演論文集，pp.104~105 (2004).
- (7) 大谷ほか：直方体模型室における影の特性について，*電気設備学会誌*，17 8, pp.799~808 (1997).
- (8) Moon, P.: *Scientific basis of illuminating engineering*, Dover Publications, Inc., New York, pp. 507~514 (1936).