

タスク・アンビエント照明における影の中の照明率に関する予測について - 室内面反射率の検討 -

日大生産工 内田 晓, 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、通常、照明率を用いた光束法¹⁾に基づいて光源（照明器具）の台数を決定する。しかしながら、光束法を適用するにあたり、全般照明かつ室内に何も設置されていないことが条件となる。よって、什器が設置された事務室や、全般照明だけではなく局部照明を併用した事務室でも光束法が適用できるならば、光束法を用いる価値は非常に高いと考えられる^{2)~4)}。そこで、著者らは局部照明と全般照明とを組み合わせたタスク・アンビエント照明を施し、什器や遮光物体を設置した室内に対して、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、モンテカルロ法を用いた照度計算の結果から、影の中における照明率の予測を試みている^{5)~7)}。

照明率は、照明器具毎に室の寸法と作業面の高さから算出された室指数、ならびに室内面の反射率の組み合わせによって取り纏められている⁸⁾。そこで、本報告では室内面反射率の組み合わせの変化が、天井面に設置したアンビエント光源に適用する補正係数であるところの、影の中における照明率の比への影響について、また補正係数を用いて予測した影の中の照明率についてそれぞれ検討を行った。

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S₁、天井面S₂、壁面S₃~S₆の計6面で構成されている。

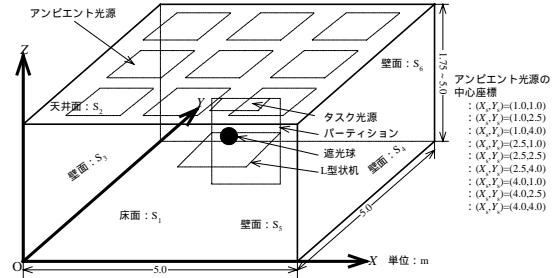


図1 模型室の概要

模型室の寸法は、幅、奥行き共に5.0m一定とし、高さを1.75m~5.0mの範囲で変化させた。また、天井面に一边が0.3m~1.5m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。検討に用いたアンビエント光源の配置は、図2に示すような12種類である。なお、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。

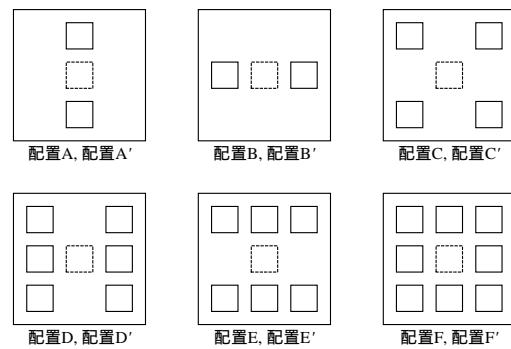


図2 アンビエント光源の配置

この模型室内部に、作業面である机上面を含んだ幅1.0m、奥行き0.8m、高さ0.75mのL型状机に、幅1.0m、高さ0.65m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、中心座標が $(X_s, Y_s, Z_s) = (2.5, 2.85, 1.4)$ 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、照明率は光源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^{5)~7)}。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。

室内面の反射率は、天井面が 50, 70, 80 % の 3 種類、壁面が 30, 50, 70 % の 3 種類、床面が 10, 30 % の 2 種類をそれぞれ組み合わせ、計 16 通りとした⁸⁾。また、模型室内部に設置した L 型状机とパーティションの反射率は、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 0.1 m、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。

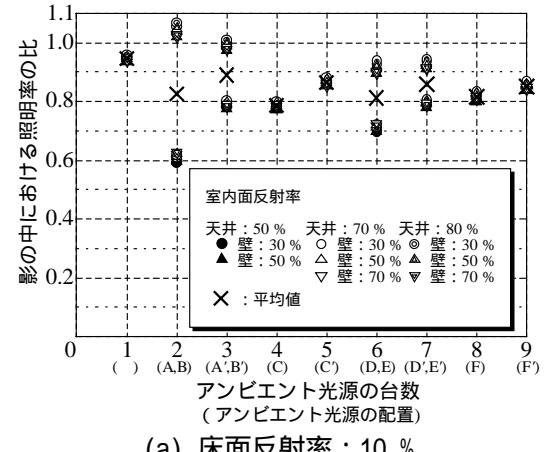
3. 結果と検討

3.1 影の中における照明率の比

結果の一例として、図 3 に模型室の高さが 2.5 m、アンビエント光源の寸法が 1.0 m × 1.0 m の場合の、天井面反射率と壁面反射率との組み合わせをパラメータとした、アンビエント光源の台数(配置)に対する影の中における照明率の比特性を示す。(a)は床面反射率が 10 % の場合、(b)は 30 % の場合である。なお、影の中における照明率の比は、室内空間に何も設置しない場合の机上面と同じ面積を有する仮想の作業面の照明率に対する、什器と遮光球を設置した場合の机上面における照明率で算出した^{5)~7)}。

図 3(a), (b)から、天井面反射率と壁面反射率との組み合わせに関わらず、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。また、アンビエント光源の台数(配置)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、床面反射率が 10 % から 30 % へと増加することで 0.023 ~ 0.043 減少する。



(a) 床面反射率 : 10 %

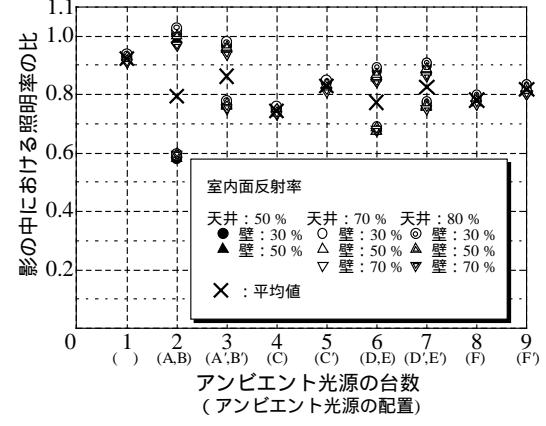


図 3 アンビエント光源の台数に対する影の中における照明率の比(模型室の高さ: 2.5 m, アンビエント光源の寸法: 1.0 m × 1.0 m)

図 4 に、アンビエント光源の寸法が 1.0 m × 1.0 m の場合の、天井面反射率と壁面反射率との組み合わせ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。(a)は床面反射率が 10 % の場合、(b)は 30 % の場合である。なお、影の中における照明率の比の平均値は、図 3 に示したような影の中における照明率の比を、検討した模型室の高さ 1.75 m ~ 5.0 m 全てについて、アンビエント

ント光源の台数で平均した値である。

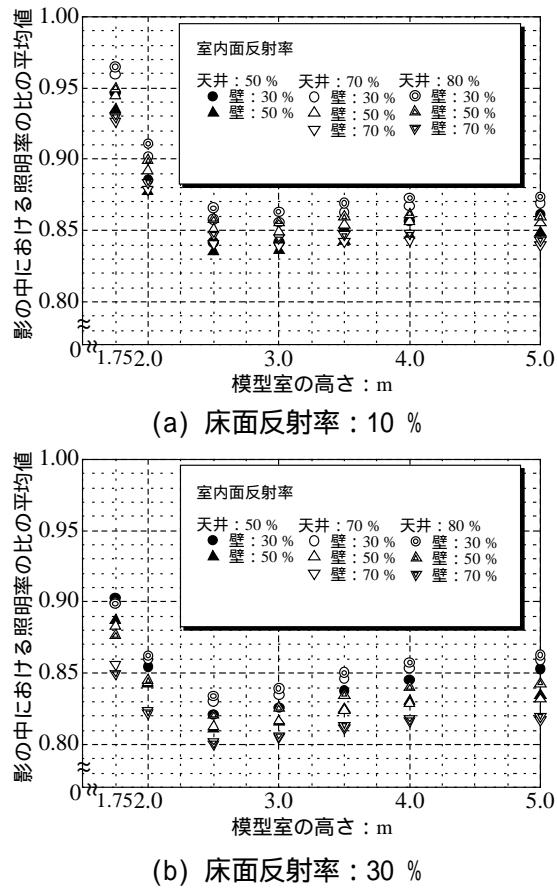


図4 模型室の高さに対する影の中における照明率の比の平均値(アンビエント光源の寸法: 1.0 m × 1.0 m)

図4(a), (b)より, 影の中における照明率の比の平均は, 天井面反射率を 50 % から 80 % へと増加させることで 0.001 ~ 0.026 増加, 壁面反射率を 30 % から 70 % へと増加させることで 0.005 ~ 0.050 減少, 床面反射率を 10 % から 30 % へと増加させることで 0.008 ~ 0.080 減少する。すなわち, 床面反射率, 壁面反射率, 天井面反射率の順に, 影の中における照明率に対して影響を及ぼしているといえる⁹⁾。

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から, 影の中の照明率を予測する際の補正係数になると考えられる^{5)~7)}。そこで, 図4に示した天井面反射率と壁面反射率との組み合わせ, また模型室の高さ全てについて影の中における照明率の比を平均し, 補正係数を導出したところ, 床面反射率が 10 % の

場合で 0.87, 30 % の場合で 0.84 となった。

3.2 影の中における照明率の予測

図5に, アンビエント光源の寸法が 1.0 m × 1.0 m の場合, 天井面反射率と壁面反射率との組み合わせをパラメータとした, 予測した影の中の照明率を示す。(a)は補正係数を適用しない場合, (b)は補正係数を適用した場合である。なお, 補正係数の値は, 3.1 節の結果より得られた床面反射率 10 % の場合で 0.87, 30 % の場合で 0.84 をそれぞれ用いている。また, 真値はモンテカルロ法を用いた照度計算結果から得られた影の中の照明率としている。

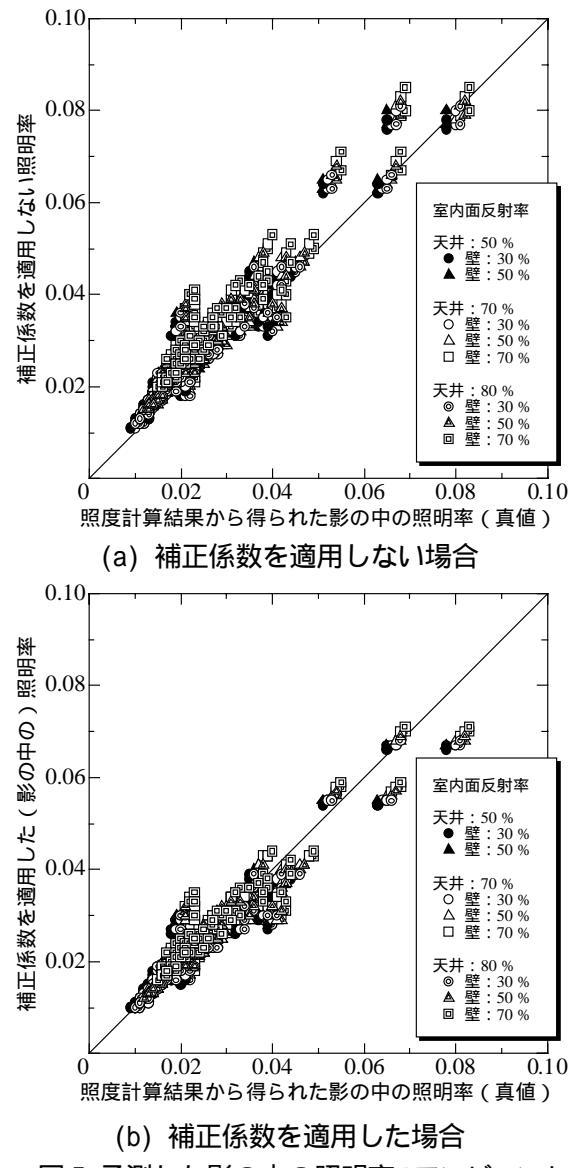


図5 予測した影の中の照明率(アンビエント光源の寸法: 1.0 m × 1.0 m)

図5(a),(b)より、補正係数を適用しない場合の照明率、すなわち室内に何も設置しない場合の照明率についての平均誤差率は、床面反射率10%の場合で17.6%，床面反射率30%の場合で21.6%であった。一方、補正係数を適用した場合の照明率についての平均誤差率は、床面反射率10%の場合で8.4%，床面反射率30%の場合で8.5%であった。したがって、補正係数を適用することで、影の中の照明率を予測できることが明らかとなった。

図6に、床面反射率をパラメータとした、アンビエント光源の寸法(一辺の長さ)に対する、予測した影の中における照明率の平均誤差率特性を示す。なお、誤差率は検討に用いた模型室の高さ、アンビエント光源の配置、天井面反射率と壁面反射率との組み合わせ全てについて、アンビエント光源の寸法毎に平均した。また、補正係数の値は、床面反射率10%の場合で0.87、30%の場合で0.84をそれぞれ用いている。

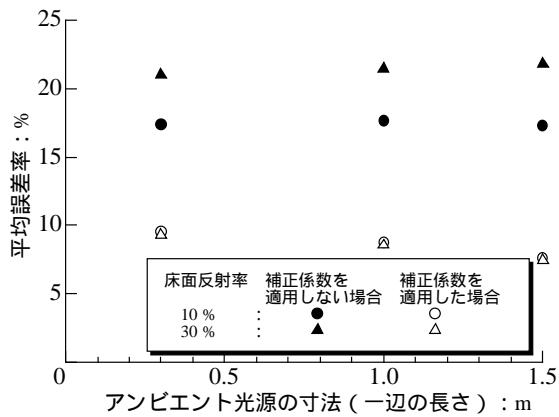


図6 アンビエント光源の寸法に対する影の中における照明率の平均誤差率

図6より、アンビエント光源の寸法に関わらず、補正係数を適用することで平均誤差率は床面反射率が10%の場合、17.3%～17.7%から7.6%～9.6%へ、床面反射率が30%の場合、21.1%～21.8%から7.4%～9.3%へとそれぞれ減少する。すなわち、今回の検討で得られた補正係数は、アンビエント光源の寸法が1.0m×1.0mの場合の値であるが、光源の寸法の変

化に関わらず、影の中における照明率を予測できるものと考えられる。

4. おわりに

本報告では、室内面反射率の組み合わせの変化が、天井面に設置したアンビエント光源に適用する補正係数であるところの、影の中における照明率の比に及ぼす影響について、また補正係数を用いて予測した影の中の照明率についてそれぞれ検討を行った。

その結果、室内面反射率の中でも特に床面反射率の変化が、影の中における照明率の比に影響を及ぼすことがわかった。また、真値と設定した照度計算結果から得られた影の中の照明率との比較から、何も設置しない場合の照明率に補正係数を適用することで、影の中の照明率を予測できることが明らかとなった。

今後の課題として、光源の配光を変化させた場合における影の中の照明率について、ならびに影の中の照明率を予測するための補正係数について検討を行う必要がある。

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 interirors, 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影の中の照明率について - 照明率の予測に関する検討 -, 第38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 (2005).
- (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 - 補正係数を用いた照明率の予測 -, 平成17年度(第30回)照明学会東京支部大会講演予稿集, pp.35～36 (2005).
- (7) Uchida, A. and Ohtani, Y. : Attempt to predict utilization factors on working plane within shadow under task ambient lighting, J. Light & Vis. Env., 30-3 (2006). (採録決定)
- (8) (社)照明学会編: 大学課程 照明工学(新版), オーム社, pp.205～207 (1997).
- (9) 佐藤: 机が配置された室の作業面空隙部の等価反射率の推定式, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-I 環境工学I, pp.471～472 (1999).