

照明シミュレーションソフトウェアにおける計算結果の検討 －室内面毎に異なる反射率について－

○日大生産工 内田 暁

1. はじめに

現在発表(公開)されている複数の種類の照明シミュレーションソフトウェアは、配光や反射特性、什器を任意に設定した照明計算を行えるとともに、計算結果を定量的かつ視覚的に出力することが可能である。よって、照明設計や照明計画の際の有力なツールとして活用できると考えられる。

照明シミュレーションソフトウェアの計算結果の検証については、CIE(国際照明委員会)のテストケースを用いた研究がいくつか報告されている^{1)~5)}。これらの研究は、室内面に反射率を有する場合の相互反射の計算結果についても検討されているが、照明理論に基づく解析的な参照値(真値)を得るために、すべての室内面の反射率を同じ値としている。しかしながら、実際の室内面の反射率は、室内面毎に異なる値に設定されていることが多い。

そこで本研究では、室内面毎に反射率が異なる場合の、照明シミュレーションソフトウェア(DIALux 4.13 および DIALux evo 8.1、以後それぞれ 4.13, evo と称する)の計算結果について検討を行ったので報告する。

2. 方法

2.1 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 とする XYZ 直角座標を設定した。模型室の寸法は幅 4 m、奥行き 4 m、高さ 3 m である^{1)~5)}。計算点は 10 cm の等間隔とし、床面と天井面を 40 × 40、壁面を 40 × 30 と設定した。

光源の形状は点とし、模型室の天井面中心(X, Y, Z)=(2.0, 2.0, 3.0)に設置した。配光は均等拡散、また鉛直直下方向の光度は 1000 cd である。

室内面の反射率は 0~0.9 の間で各面毎にそれぞれ変化できるようにした。反射特性は均等拡散である。

2.2 すべての室内面が同じ反射率の場合

図1に示した模型室は、窓などの開口部を有していない。よって、すべての室内面が同じ値の反射率の場合、式(1)に示す間接照度の平均

値を参照値とした^{1)~3),5),6)}。

$$E_{ia} = \frac{\Phi_0}{A_T} \cdot \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (1)$$

ただし、 Φ_0 は光源からの全光束([lm])、 A_T は室内面の全面積([m²])、 ρ は室内面の反射率である。

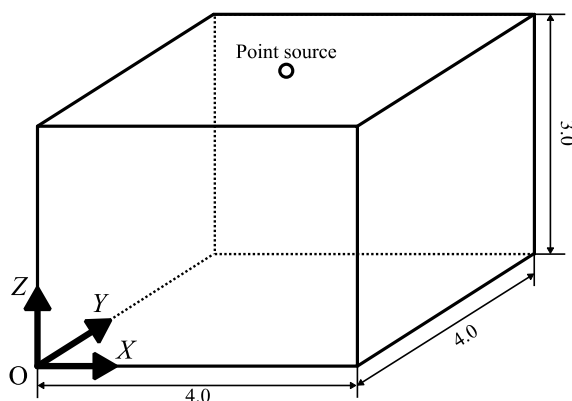


図1 模型室の概要(単位: [m])

2.3 室内面毎に反射率が異なる場合

室内面毎に反射率が異なる場合は、式(1)による計算結果を参照値として使用することができない。そこで、各室内面の反射率を個別に設定できる、モンテカルロ法を用いた照度計算(以後、MCS と称する)による結果を参照値として検討を行うこととした^{7)~10)}。

なお、参照値を求めるにあたって、MCS における結果の精度と計算時間を勘案し、光源からの初期放射粒子数を 5×10^8 個と設定した⁹⁾。また、計算で使用した疑似乱数は Mersenne Twister によるものとした¹¹⁾。

3. 結果

図2に、すべての室内面が同じ反射率の場合の、室内面の反射率に対する間接照度の平均値を示す。

図2より、DIALux 4.13 と DIALux evo 8.1 による計算結果、およびモンテカルロ法を用いた照度計算結果は、すべての室内面反射率の場合について参照値と同様の特性となる。また、参照値に対する計算結果の誤差率の範囲は、4.13 の場合で 0.06~4.91 %, evo の場合で 0.09~2.27 %, MCS の場合で 0.03~0.40 %となった。

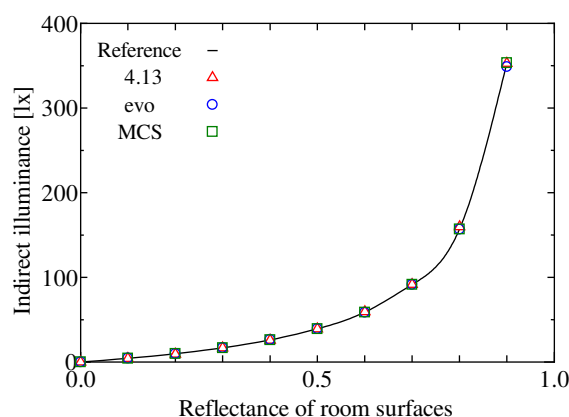


図2 室内面の反射率に対する間接照度
(平均値)

図3(a)~(c)に、室内面毎に反射率を変化させた場合の、各室内面に対する間接照度の平均値をそれぞれ示す。なお、室内面反射率の組み合わせは、照明器具の照明率表を参考にした。

図3(a)~(c)より、4.13とevoによる計算結果は、反射率の組み合わせに関わらず参照値(MCS)と同様の特性となる。また、参照値に対する誤差率の範囲は、4.13の場合で0.12~1.39%、evoの場合で0.02~1.27%となった。

4. おわりに

本報告では、照明シミュレーションソフトウェアの計算結果について、室内面毎に異なる反射率とした場合の検討を行った。その結果、今回検討を行った条件において、参照値に対する2種類のソフトウェアによる結果の誤差率は1.4%未満となることを確認した。

今後は均等拡散以外の光源の配光特性についても、同様の検討を行う予定である。

謝辞

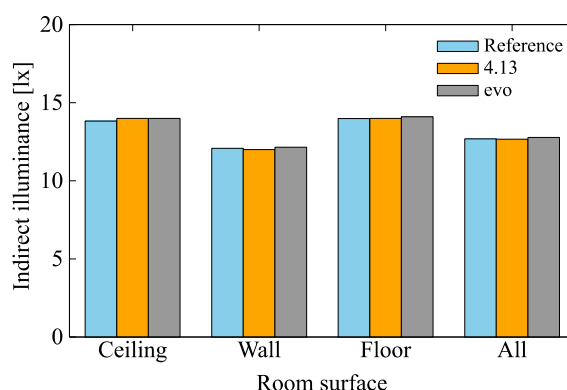
本研究の一部は、日本大学海外派遣研究員としての期間中に行いました。また、研究全般について日本大学名誉教授 大谷義彦先生に御指導、御鞭撻を賜りました。ここに記して感謝致します。

参考文献

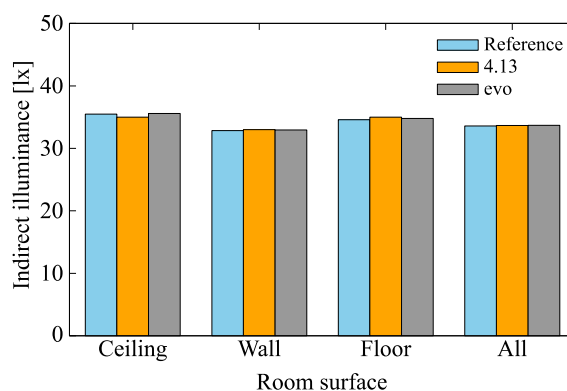
- (1) Maamari, F. and Fontoyomont, M. : Analytical tests for investigating the accuracy of lighting programs, *Lighting Research and Technology*, 35-3, pp.225 ~ 242 (2003).
- (2) Maamari, F. *et al.* : Reliable datasets for lighting programs validation – benchmark results –, *Solar Energy*, 79, pp.213 ~ 215 (2006).
- (3) Maamari, F. *et al.* : Application of the CIE test cases to assess the accuracy of lighting computer programs, *Energy and Buildings*, 38, pp.869 ~ 877 (2006).
- (4) Acsta, I. *et al.* : Analysis of the accuracy of the sky component calculation in daylighting simulation programs, *Solar Energy*, 119, pp.54 ~ 67 (2015).
- (5) Mangkuto, R. A. : Validation of DIALux 4.12 and DIALux evo 4.1 against the analytical test cases of CIE

171:2007, LEUKOS, 12-3, pp.139 ~ 150 (2016).

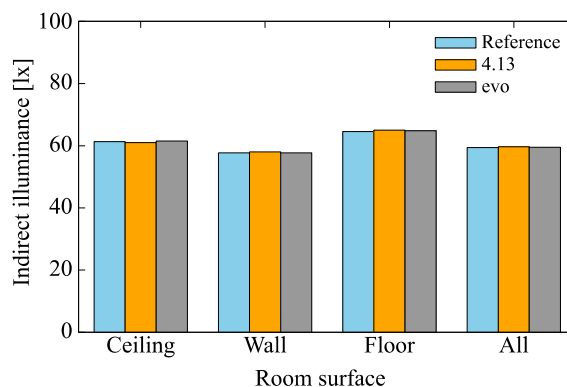
- (6) (一社)照明学会編：照明工学，オーム社，pp.112 ~ 113 (2012).
- (7) Tregenza, P.R. : The Monte Carlo method in lighting calculations, *Lighting Research and Technology*, 15-4, pp.163 ~ 170 (1983).
- (8) 大谷ほか：直方体模型室における影の特性について，*電気設備学会誌*，17-8，pp.799 ~ 808 (1997).
- (9) 大谷ほか：モンテカルロ法を用いた照度計算の検討について，*照明学会誌*，82-2，pp.105 ~ 111 (1998).
- (10) 内田，大谷：モンテカルロ法を用いた照度計算による相互反射と光束保存性の検討について，*日本大学生産工学部 第30回学術講演会 電気部会講演概要*，pp.73 ~ 76 (1997).
- (11) Mersenne Twister Home Page : <http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/mt64.html>



(a) 反射率：天井面 0.5，壁面 0.3，床面 0.1



(b) 反射率：天井面 0.7，壁面 0.5，床面 0.3



(c) 反射率：天井面 0.8，壁面 0.7，床面 0.3

図4 各室内面に対する間接照度(平均値)