

個別照度を実現する照明システムのための照度シミュレーション

三木光範，廣安知之，秋田雅俊*（同志社大学）

Simulation of illuminance for a lighting system that achieves individual illuminance
Mitsunori Miki, Tomoyuki Hiroyasu, Masatoshi Akita* (Doshisha University)

1. はじめに

近年、オフィスワーカーの快適性を向上させることによって知的生産性の向上を求める声が高まっている。このような背景から、我々は必要な場所に必要な照度を提供する知的照明システムの研究を行っている⁽¹⁾。

知的照明システムとは、調光可能な照明、照度センサ、電力計を同じネットワークに接続し、各照明が自律分散的に光度を調整することで、各ワーカーに個別の照度を提供するシステムである。既に、実験室における基礎実験の結果、ユーザの要求を満たし、省エネルギーを実現できることが確認されている。

知的照明システムを実際のオフィスに導入する際には、現在の照明環境において、各照明の光度を最適化することで、指定した照度分布が実現できるかどうかの評価が重要となる。

本報告では、知的照明システムにおける事前評価のための照度シミュレーションについて述べる。

2. 照度算出方法

理論的に照度を求める従来の照度算出方法として、逐点法と光束法⁽²⁾が挙げられる。しかし、逐点法や光束法には、照明器具の放射特性や外光の影響が考慮できないという問題や、照度算出は面単位でしか求めることができないという問題がある。そのため、本シミュレーションでは実測値を用いた照度算出方法を考える。

2.1 水平面に対する照明器具の放射特性 照明器具（ランプを含む）には様々な種類があり、照明器具によって異なる放射特性を持つ。そのため、照明器具によって放射される光の方向と強さが異なるという特徴を考慮する必要がある。まず、水平面に対する照明器具の放射特性を計算する方法について述べる。

図 1-a のように、照明器具の中心から直下 1m を中心点とする半径 1m の円上に 15° 間隔で照度センサを設置し、照度の計測を行う。

その照度を基に、距離の二乗に比例して減光していくという光の性質を利用し、任意の場所の照度を計算する。全ての照明器具に対して同様の計算を行い、それぞれの照度を合算し、当該場所の照度とする。

実験室で使用している照明器具に関する、水平面に対する照度の分布の測定結果を図 1-b に示す。なお、照明器具からの破線の長さはその方向に対する照度の大きさと比例している。

このように、光源からの距離が等しい点での照度の計測

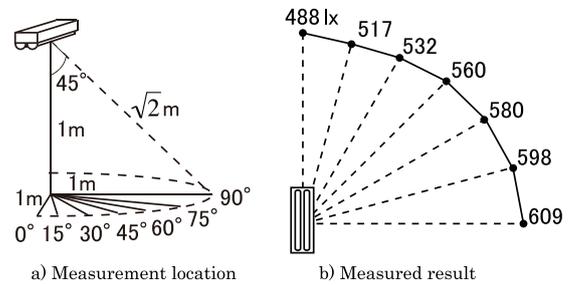


図 1 水平面に対する放射特性
Fig. 1. Radiation characteristic in horizontal plane

であるにも関わらず、照度の分布は正円を描いていない。これは照明器具の放射特性による影響であり、照明器具の放射特性が照度に与える影響はとても大きいことがわかる。

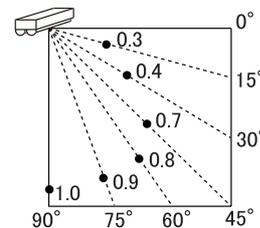


図 2 鉛直面に対する放射特性
Fig. 2. Radiation characteristic in vertical plane

2.2 鉛直面に対する照明器具の放射特性 先に述べた放射角毎の照度は、鉛直面に対して 45° の角度に放つ光の強さとなっている。しかし、照明器具の鉛直面に対する角度毎に放つ光の強さは異なるため、鉛直面に対する放射特性を考慮する必要がある。計算には、図 2 のように、照明器具が角度毎に放つ光の強さを線分の長さで表した図を用いる。この図は照明器具毎に与えられる配光曲線を基に作成することができる。

照度を求める際は、図 1 で求めた水平面の照度に図 2 から分かる発光強度を乗算することで、任意の場所の照度を算出する。

2.3 環境に応じた外光の影響 照度に大きく影響する光として、外光の影響が考えられる。また、外光の影響は環境に応じて大きく異なる。そのため、環境に応じた外光の影響を考慮する必要がある。

本シミュレーションでは対象となる場所の外光の実測値をデータベースとして組み込むことで、外光の影響を考慮する。その方法について述べる。

対象とする場所において、照明を完全に消灯した状態で、部屋を 1m × 1m の格子状に区切り、各点において照度の計測を行う。

シミュレーションにおいて指定された照度センサの位置が、図 3 の 1 番の照度センサのように、部屋を区切った格子点上ならば測定値を用いる。また、図 3 の 2 番の照度センサのように、格子点上以外の点ならば最寄り 4 点の照度データによって補間を行った値を外光による照度とする。

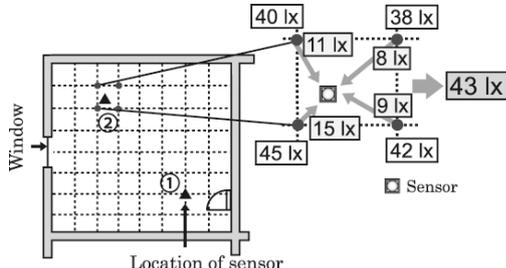


図 3 外光データの補間

Fig. 3. Interpolation of outside light data

補間にはバイリニア補間を用いる。バイリニア補間とは、周りの 4 つの格子点の値と、格子点と任意の点の距離の比を用いて、任意の点での値を求める補間法である。

3. シミュレーションの結果

図 4 は前節で述べたシミュレーションを行うソフトウェアの起動画面であり、左画面に対象とする部屋の状況、右画面に操作ボタンが表示される。各照明の上には照明の光度値を示す値を表示し、照度センサの右側には現在照度および目標照度を表示している。

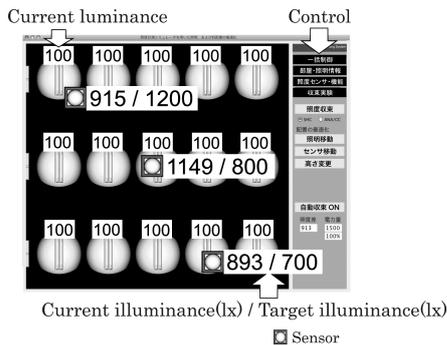


図 4 シミュレータの起動画面

Fig. 4. Startup screen of simulator

3.1 任意の光度における照度算出 本シミュレーションでは、図 5-a のように、各照明の光度を任意に入力することで、その環境において任意の場所の照度を算出することができる。また、図 5-b のように、照度分布の様子を数字と等高線で表す分布図を表示させることも可能である。

従来の照度算出方法である逐点法と実測値の平均誤差が約 54[lx]であったのに対して、ここでのシミュレーションで求めた照度と実測値の平均誤差は約 20[lx]であり、従来の照度算出方法以上に精度の良い結果を得ることができた。

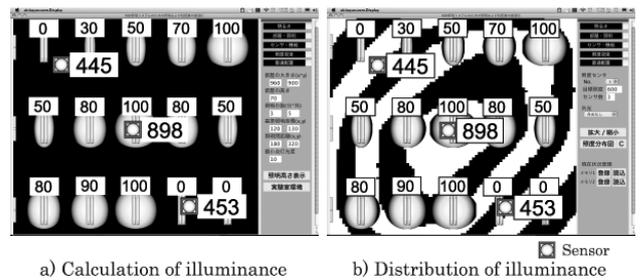


図 5 任意の光度における照度算出

Fig. 5. Illuminance calculation in arbitrary luminance

3.2 照度制御による照度算出 本シミュレーションでは、知的照明システムの個別照度の実現に用いる最適化手法をシミュレートすることができる。最適化手法には、山登り法 (Hill Climbing : HC) と相関係数を用いた適応的の近傍アルゴリズム (Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient : ANA/CC) (3) から選択することができる。

本シミュレーションの初期状態を図 6-a に、最適化手法によって得られた照度分布を図 6-b に示す。

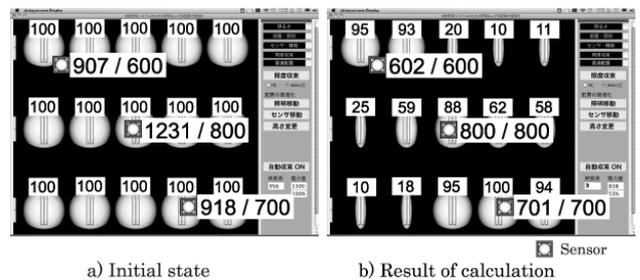


図 6 照度制御による結果

Fig. 6. Result by illuminance control

本シミュレーションによって得られた各照明の光度値は、実環境における知的照明システムの制御によって得られた各照明の光度値とほぼ同じ結果となった。

4. まとめ

本報告では、実照度情報を基にした照度算出を行うことができるシミュレーションを考案した。また、知的照明システムに用いる照度収束アルゴリズムを組み込むことで、個別照度の実現結果をシミュレートすることができた。そのため、事前に知的照明システム導入予定の環境において、細やかな照度分布の正確な把握が可能となった。これにより、用いる照明器具の変更や机配置の変更などの検討を行うことが可能となった。

参考文献

- (1) 三木光範：「知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム」, 人工知能学会, (2007)
- (2) 照明学会：「照明ハンドブック」, オーム社, pp.70-81, (2003)
- (3) 今里和弘・三木光範・廣安知之・池田聡：「知的照明システムの提案および制御方式の有効性の検証」, 日本機械学会 第 14 回設計工学・システム部門講演会 講演論文集, No.04-38, pp.55-58, (2004)