

照度分布計測システムの構築および知的照明システムにおける照度収束の評価

Construction of Illuminance Distribution Measurement System and Evaluation of Illuminance Convergence in Intelligent Lighting System

三木 光範* Mitsunori Miki
笠原 佳浩† Yoshihiro Kasahara

廣安 知之‡ Tomoyuki Hiroyasu
吉見 真聡* Masato Yoshimi

1. はじめに

近年、オフィスにおける明るさ（照度）評価に関する研究が広く行われている [1]。そして、これらの研究を行う上で照度の分布情報は必要不可欠なものである。しかし、多数の照度センサを用いた計測は困難であることから、現在までオフィスにおける照度の分布が実測された例はほとんど無い。また、我々の研究室では個々のオフィスワークの要求に応じた照度を提供する知的照明システムの研究を行っている。知的照明システムでは、各ワークが自身の照度センサに目標照度を設定することで、その値を満たしかつ電力が最小となる点灯パターンを最適化手法を用いて実現することができる。現在、知的照明システムは、基礎実験の結果、ユーザの目標照度を満たし、高い省エネルギー性を実現できることが確認されており、実用化に向けてオフィスにおける検証実験が進められている [2]。

そこで本研究では、多数の照度センサにより測定された照度データから、照度の分布を可視化する照度分布計測システムの構築、および構築システムを用いて行った知的照明システムにおける照度収束の評価結果について述べる。なお、照度とは単位面積当たりに入射する光束を表す心理的な物理量で、単位は lx（ルクス）である。また、後に述べる光度とは光源からある方向へ放射された単位立体角当たりの光束を表す心理的な物理量で、単位は cd（カンデラ）である。

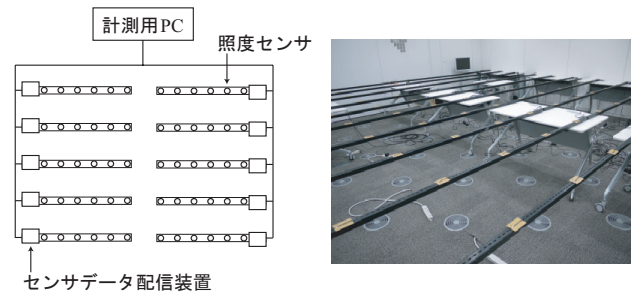
2. 照度分布計測システムの構築

2.1 概要

オフィスにおける照度の分布は、数台の照度センサを用いての計測、もしくは計算機シミュレーションで求められることが多く、計算精度の検証例等も報告されている [3]。しかし、数台の照度センサを用いての計測では、照度センサ数があまりにも少なく、また、計算機シミュレーションでの計測では、季節や天候により変化する外光の影響や、短時間で変化する直射日光の影響、あるいは照明器具毎に異なる劣化や汚れに対応できず、正確な照度評価を行うことは容易でない。そこで照度分布計測システムでは、多数の照度センサから得られた照度データをリアルタイムに照度分布として可視化する。

2.2 構成

本研究で提案する照度分布計測システムは、複数の照度測定機器から構成されている。この照度測定機器は照度センサ、およびセンサデータ配信装置からなる。図 1-(a) に照度分布測定システムの構成、図 1-(b) に実際に構築した照度分布計測システムを示す。



(a) 照度分布計測システムの構成 (b) 照度分布計測の様子

図 1: 照度分布計測システムの構成

図 1-(a) におけるセンサデータ配信装置には、Ethernet コントローラ内蔵の PIC である PIC18F67J60 を使用した。この PIC18F67J60 は、A/D 変換機能、および TCP/IP を用いた通信機能を備えている。これにより、照度測定機器では、照度値の測定、A/D 変換、およびデータの送信を行うことが可能である。また、照度センサには Panasonic 電工製の NaPiCa 照度センサを用いた。

2.3 照度センサの設置間隔

本項では、照度分布の計測を行うために必要な照度センサの設置間隔について述べる。オフィスの一般的なグリッド照明の間隔が 180 cm であること、また、照度は滑らかに変化することから、照度センサの設置間隔は 60 cm 以下でなければならない。これより、照度分布計測システムでは照度センサの設置間隔を 50 cm とした。

3. 知的照明システムにおける照度収束の評価

3.1 知的照明システム

照度分布計測システムの有用性を検証するため、我々が提案している知的照明システムを対象に照度分布計測実験を行う。知的照明システムでは、電気配線に依存せず、各照明器具を任意の明るさ（光度）で点灯させることが可能である。これにより、ユーザの要求する照度を提供し、かつ省エネルギーな状況を実現するシステムである。また、知的照明システムでは、常に照明と照度センサの位置関係を学習するため、照明の明るさを人が認識出来ない範囲で変化させている。本研究で構築した照度分布計測システムでは、このような短時間の照度変化を計測することも可能である。

3.2 照度分布計測実験概要

本研究にて構築した照度分布計測システムの有用性を検証するため、図 2 に示す実験環境において、NaPiCa 照度センサを 168 台用いて照度分布計測実験を行った。

*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院

‡同志社大学生命医科学部

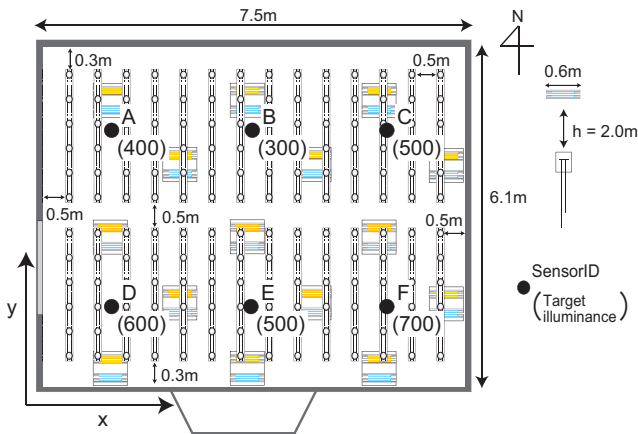


図 2: 実験環境

なお、本実験では、調光制御を用いない照明環境として均一光度環境における照度分布計測実験、および知的照明システム環境における照度分布計測実験の 2 項目を行った。この内、均一光度環境における照度分布計測実験では全照明の点灯光度を 100 % とした。また、知的照明システム環境での照度分布計測実験では、知的照明システムで用いる照度センサの目標照度をそれぞれ A : 400 lx, B : 300 lx, C : 500 lx, D : 600 lx, E : 500 lx, F : 700 lx とした。

3.3 照度分布計測実験結果

均一光度環境における照度分布計測実験結果を図 3 に、知的照明システム環境における照度分布計測実験結果を図 4 に示す。

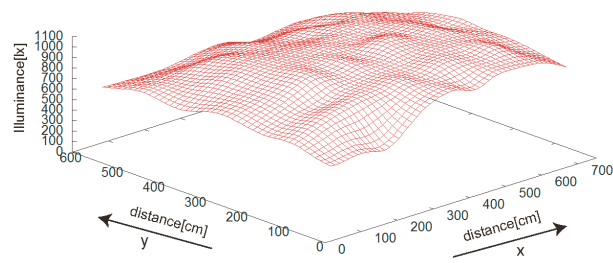


図 3: 均一光度環境における実験結果

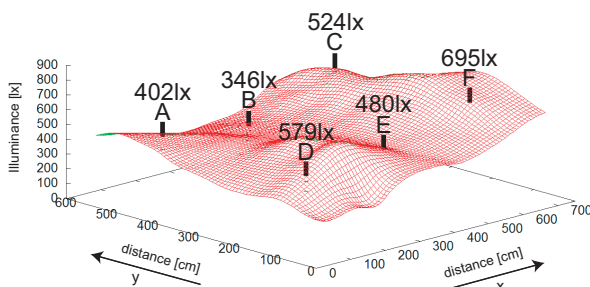


図 4: 知的照明システム環境における実験結果

図 3 より、均一光度環境における照度分布では、照明器具直下では照度が高くなっているが、全体として均一な

照度環境となっていることが確認された。一方、図 4 より、知的照明システム環境における照度分布では、知的照明システムにより各照度センサには個別の照度が提供されており、照度センサ間では全体的に低い照度となっていることが確認された。そのような中で、照度センサ D, E 間では照度が高くなっている。これは、照度センサ D, E の目標照度をそれぞれ異なる照明で満たすのではなく、照度センサ D, E の中央に位置する照明で満たすことにより、省エネルギー性が実現されるためである。

3.4 考察

知的照明システムにおいて特に重要な机上面の照度分布について述べる。机上面の照度分布として照度センサ C の周囲の照度を図 5 に示す。なお、標準的な机上面の尺度を横 110 cm, 縦 70 cm と考え、抽出範囲は照度センサを中心として、x 軸方向 ± 55 cm, y 軸方向 ± 35 cm の領域である。

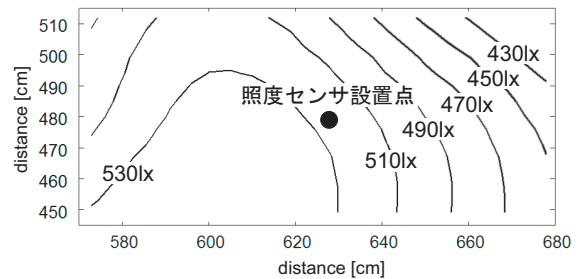


図 5: 机上面の照度分布【照度センサ C】

図 5 より、机上面においても 100 lx 程度の照度の変化が確認できた。このことより、机上面においても照度を分布として計測することの重要性が示された。また、これらの情報は、これまでのように数台の照度センサで行っていた検証実験では、計測することのできなかったものである。

4. まとめと今後の展望

本研究では、現在まで困難であった多数の照度センサを用いての、照度分布の実測を可能とした。また、構築した照度分布計測システムを用いて、知的照明システムにおける照度収束の評価を、照度分布を明らかにすることにより行った。これは、現在まで点でのみ評価されていた照度の提供状況を面として評価した。これにより、知的照明システムでは、個々のユーザに適切な照度を提供しているだけでなく、省エネルギー性も十分に考慮されていることが再確認できた。

本研究により構築した照度分布計測システムは、知的照明システムを用いた場合の照度計測に留まらず、今後、オフィス空間における照度評価などでも使用することができると思う。

参考文献

- [1] Boyce, P. R., Eklund, N. H., and Simpson, S. N.: Individual lighting control: Task performance, mood, illuminance, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, pp. 131-142 (2000)
- [2] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Proposal for an intelligent lighting system, and verification of control method effectiveness, *Proc IEEE CIS*, pp. 520 - 525, 2004
- [3] Mardaljevic, J., Daylight simulation: validation, sky models and daylight coefficients, PhD Thesis, De Montfort University, 2000