

# ラジコンヘリコプターを用いた大規模オフィスにおける 机上面の照度分布の計測

三木 光範<sup>†</sup> 西山 大貴<sup>†</sup> 長谷川 翔太郎<sup>††</sup> 下村 浩史<sup>††</sup>

<sup>†</sup>同志社大学理工学部 <sup>††</sup>同志社大学大学院工学研究科

## 1 まえがき

近年、知的生産性を向上させるために、オフィスの光環境の改善に着目した研究が多くなされている [1][2]. 照度分布を正確に求めることは、光環境の改善にとって重要であるため、照度分布の計測に関する研究が行われている。照度分布の計測に代表的な例として、計算機シミュレーションや多数の照度センサを用いた計測手法によって求める手法がある [3][4][5].

計算機シミュレーションにおいて、什器や備品による光の反射、および照明器具ごとに異なるランプの劣化や反射板の汚れによる光束の変化をシミュレーション結果に反映することは難しい。つまり、正確な照度値を求めることが困難であると言える。また、多数の照度センサによる多点計測手法では、正確な照度値を求めることができるものの、計測空間全体に照度センサを配置する必要があるため、計測環境の構築が容易でない。

そこで本研究では、ラジコンヘリコプターを用いた照度分布を計測するシステムを提案する。提案手法により、照度センサを多用する手間を省きながらも、実環境での実測が可能となる。

## 2 照度分布計測システム

### 2.1 ラジコンヘリコプターを用いた照度計測

提案手法では、ワイヤレス照度センサを積載したラジコンヘリコプターを飛行させることで、照度を計測する。ラジコンヘリコプターの位置情報と計測した照度を同期させ照度分布を求める。しかし、計測空間全体を飛行させるためには時間がかかり、計測空間の照度が大きく変化してしまうと正確な照度分布を得られないため、計測空間の照度が変化しないことが望ましい。計測デバイスのラジコンヘリコプターを図1に示す。図1に示す照度センサは、無線式のものあるいは、時刻と照度を対応づけて保存できるものを用いる。



図 1: 計測用ラジコンヘリコプター

### 2.2 照度計測地点の位置推定

照度分布には、照度計測地点における正確な位置情報が必要となる。提案手法では、DLT法 (Direct Linear Transformation Method) を用いることでラジコンヘリコプターの位置を推定する。これは、図1に示す位置検出マーカーを2台のカメラを用いて、2方向から撮影することで推定する手法である。これにより、予備実験を  $3\text{ m} \times 3\text{ m} \times 2\text{ m}$  の空間において行った結果、最大誤差  $3.7\text{ cm}$ 、平均誤差  $1.3\text{ cm}$  の精度で推定することができる。

### 2.3 任意の地点の照度値補間方法

提案手法を用いて照度計測を行う場合、空間の全ての地点を計測することはできない。そこで照度と位置情報の組み合わせを用いることで任意の照度を補間し、照度分布を推定する。

補間式の生成は以下の項目1~3の手順で行う。この手順を繰り返し行い、誤差が小さいものを採択し、補間式とする。

1. 式 (1) のような  $x, y, z$  を用いて表される9次式の項 (項数84個) の中から、補間式に用いる項をランダムに複数選択する。

$$f(x, y, z) = \alpha x^9 + \beta x^8 y + \gamma x^8 z + \dots + c \quad (1)$$

$\alpha, \beta, \gamma$ : 係数,  $c$ : 定数

2. 上で選択した項の係数を測定データから最小2乗法で求める
3. 以上の方法により導出した式に計測データの位置座標を代入し、照度を求める。求めた照度と計測された照度を比較し、誤差を調べる

## 3 照度分布計測実験

### 3.1 実験概要

提案手法の有用性を検証するため、照度分布計測実験を行った。実験環境内を移動するラジコンヘリコプターとして、Parrot社製のAR.Drone2.0を用いた。

実験環境の平面図を図2に示す。図2に示すように、 $3\text{ m} \times 3\text{ m} \times 2\text{ m}$  の空間に、オフィス用グリッド天

Measurement of Illuminance Distribution on the Desk in Large-scale Office using Radio control helicopter

<sup>†</sup> Mitsunori MIKI (mmiki@mail.doshisha.ac.jp)

<sup>†</sup> Daiki NISHIYAMA (dnishiyama@mikilab.doshisha.ac.jp)

<sup>††</sup> Shotaro HASEGAWA (shasegawa@mikilab.doshisha.ac.jp)

<sup>††</sup> Hiroshi SHIMOMURA (hshimomura@mail.doshisha.ac.jp)

Doshisha University (<sup>†</sup>)

Graduate School of Engineering, Doshisha University (<sup>††</sup>)

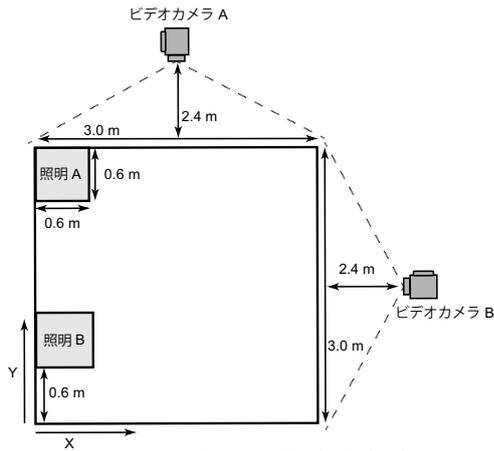


図 2: 実験環境 (平面図)

井型 LED 照明 2 台を設置した。照明 A および B を 1200 および 500 cd で点灯させる。実験環境全体が映るようにビデオカメラ A および B を設置する。

オフィスの机上面の照度を計測するため、ラジコンヘリコプターは手動で床から 70 cm の高さにおける水平面を保つように操縦した。この場合、実際には 20 cm 程度の高さの変動があった。そこで 2.2 節で述べた位置推定によって得られる 3 次元座標を用いて、2.3 節で述べた補間を行う。

### 3.2 照度分布計測結果の精度検証

今回用いたラジコンヘリコプターは、1 回で約 10 分間の計測を行うことができ、計測データ数は 1 回の平均が 958 点となる。なお計測は 3 回行った。計測された照度データの水平面における分布を図 3 に示す。この計測地点における照度データから補間を行い照度分布を求める。高さ 70 cm の照度分布を図 4 に示す。図 4 より、照明 A および B が設置してある付近の照度が高くなっていることが分かる。また、照明 B よりも、照明 A の設置してある付近の照度が高くなっている。

ここで、本計測方法の精度を検証する。照度センサを図 2 の実験環境に 60 cm 間隔で並べる。図 5 に照度センサの配置を示す。高さ 70 cm の照度値を計測し、補間式によって求められた照度値と比較した。また、図 5 の照度センサの下の数値は提案手法による計測と実測の誤差を表す。比較結果は、最大誤差 30 lx、平均誤差 11 lx となった。最大誤差は、図 5 の A 地点のセンサで発生していた。図 5 より、左側の誤差が大きいことがわかる。図 3 より、計測空間の左側は、照度データ数が少ないことが分かる。また、左側は照明を設置してあるため、ある地点とその周辺との照度差が大きい。照度差が大きい地点においては、多くの照度データを用いて補間する必要があるが、今回の実験では左側付近の照度データが不足しているため最適な補間式が生成できず、誤差が生じている。

以上の結果より、多点観測システムと比べ、精度は

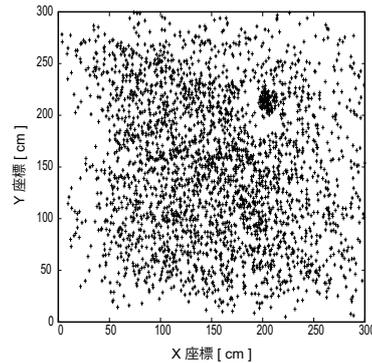


図 3: 照度計測地点分布図

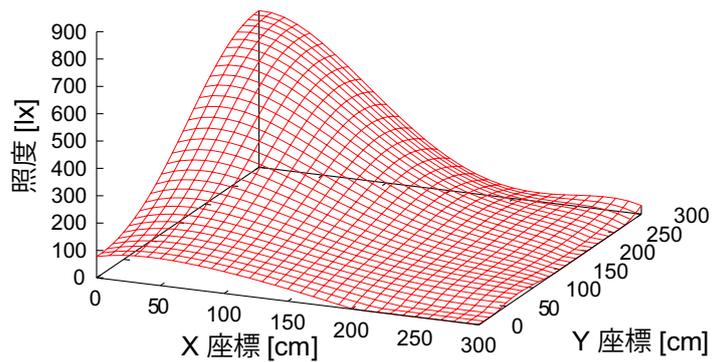


図 4: 提案手法で得られた照度分布図 (高さ 70 cm)

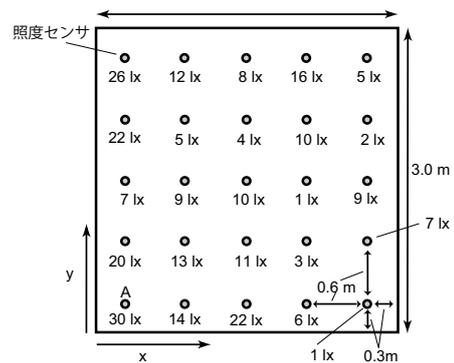


図 5: 照度センサ配置図および照度誤差

落ちるが、ラジコンヘリコプターは空中を移動するため、什器の設置してある空間でも容易に机上面の照度分布を計測することができる。

### 参考文献

- [1] 大林史明, 富田和宏, 服部瑠子, 河内美佐, 下田宏吉川榮和. オフィスワークの生産性改善のための環境制御法の研究—照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインターフェースシンポジウム, Vol. 1, No. 1322, pp. 151–156, 2006.
- [2] Peter R. Boyce, Neil H. Eklund, and S. Noel Simpson. Individual lighting control: Task performance mood, and illuminance. *JOURNAL of the Illuminating Engineering Society*, pp. 131–142, 2000.
- [3] 永田忠彦, 田辺智彦. モンテカルロ法応用の室内照度の計算. 日本建築学会計画系論文集, Vol. 487, pp. 43–49, 1996.
- [4] 菊池卓郎, 井川憲男. All Sky Model-L を導入した昼光照明計算プログラムの性能検証. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 73, No. 629, pp. 865–871, 2008.
- [5] Miki M, Kasahara, Hiroyasu T, and Yoshimi M. Construction of illuminance distribution measurement system and evaluation of illuminance convergence in intelligent lighting system. *Proc IEEE SENSORS*, pp. 2431–2434, 2010.