

自動走行ロボットを用いた照度分布実測手法

清水 祐希, 西山 大貴
Yuki SHIMIZU, Daiki NISHIYAMA

1 はじめに

近年, オフィス, 学校および住宅における空間の明るさ (照度) 評価に関する研究が広く行われており¹⁾, この研究を行う上では照度分布の計測が必要不可欠である. 従来の照度センサを用いる手法²⁾では, 正確な照度分布を求めることはできたが, 照度センサを多数設置するため手作業による労力が必要であった. 一方, 計算機シミュレーション手法³⁾では, 容易に照度分布を求めることはできるが, 照明器具毎に異なる劣化や汚れを考慮する必要があり, 正確な照度分布の算出には複雑なパラメータの正確な値が必要であった. 本研究では容易に正確な照度分布を計測するために, 自動走行ロボットを用いた照度分布実測手法を提案する.

2 照度分布計測手法

提案手法には, ワイヤレス照度センサ, データを受信するワイヤレス照度センサ用親機, 親機で受信したデータを蓄積する PC, 照度分布計測領域を移動する自動走行ロボット, および自動走行ロボットの位置を認識するためのビデオカメラを用いる.

本手法の計測環境は施行前の仕器の無いオフィスを想定している. そのため, 照明器具の間隔とサンプリング定理から, 50 cm 間隔で照度データが観測される場合に限り照度分布計測が可能であるとする²⁾. このため, 自動走行ロボットの移動領域を 50 cm グリッド領域に分割する. グリッド内を自動走行ロボットが少なくとも 1 回は被覆することで照度分布計測が可能となっている.

取得した照度データには位置情報が含まれていないため, 本手法では照度データの位置を定める方法としてビデオカメラを用いる. ビデオカメラにより自動走行ロボットの位置を撮影し, 撮影した動画を連続した静止画に変換する. 計測領域の 4 隅を基準点として, 自動走行ロボットに積載されたマーカの位置を追跡し, マーカのピクセル位置を取得する. 基準点とマーカのピクセル位置をアフィン変換することで正確な照度データの取得位置を推定する. 照度分布に際しては, 取得した照度データと撮影動画の画像処理の結果から, 各地点毎の照度を計測して, 計測した座標と照度から最小二乗法を用いて近似式を作成し, それを 3 次元座標系にプロットして可視化する.

3 自動走行ロボットの移動アルゴリズム

本研究で用いた自動走行ロボットは以下の項目 (1)~(5) の動作を行う. 最初の 90 秒は項目 (1)~(3) の動作をし, 以降は項目 (4), (5) を繰り返す. なお, ロボットの

初期位置は計測領域の中心とする.

- (1) 初期位置から回転半径 500 mm になるようにアルキメデスの螺旋を描き移動する
- (2) 60 秒後, その位置から壁に衝突するまで直進する
- (3) 30 秒間, 壁に沿って移動する
- (4) 直進する
- (5) 壁に接触した場合, 0~359 度の間でランダムに回転を行う

項目 (1)~(5) を基にシミュレータを作成した. なお, シミュレータは電池消費による速度の低下は考慮しないものとする.

第 2 章で述べた通り, 50 cm グリッドを全て満たせば正確な照度分布が計測可能であるため, 本実験で計測する 5 m × 5 m と 4 m × 7 m に関してのシミュレーションを行った. 全体のグリッド数に対して照度データが含まれていないグリッド (未取得領域) と時間の関係を求めた. 10 回の試行を行い, その割合の平均値を図 1 にプロットしている.

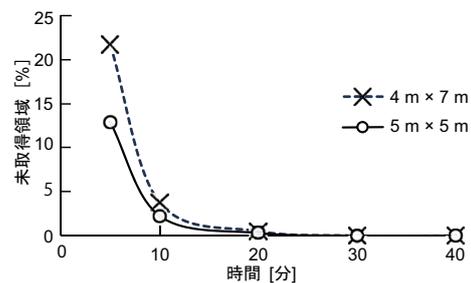


Fig.1 ロボットの移動時間と被覆率

4 照度分布の実測

提案手法の有用性を検証するため, 提案手法を用いて照度分布計測実験を 5 m × 5 m と 4 m × 7 m の領域で行った. 図 1 の結果からシミュレーションで全ての計測領域を 10 回全ての試行で満たした時間を計測時間とし, 5 m × 5 m の領域の計測時間を 20 分, 4 m × 7 m の領域の計測時間を 30 分とした. また, 照度差をつけるために蛍光灯を用いて計測を行った. 今回使用した実験機器を表 1 に, 5 m × 5 m の計測時の実験環境を図 2, 実験結果を図 4 に示す. また, 4 m × 7 m の計測時の実験環境を図 3, 実験結果を図 5 に示す

Table1 使用機器の性能

機器	項目	性能
ワイヤレス 照度センサ	計測範囲	0~1200 lx
	精度	± 50 lx
	送信間隔	0.5 秒
自動走行ロボット (iRobot create)	筐体サイズ	高さ 100 mm 直径 330 mm
	最速移動速度	500 mm/s
	最大回転半径	500 mm
ビデオカメラ	解像度	1920 × 1080

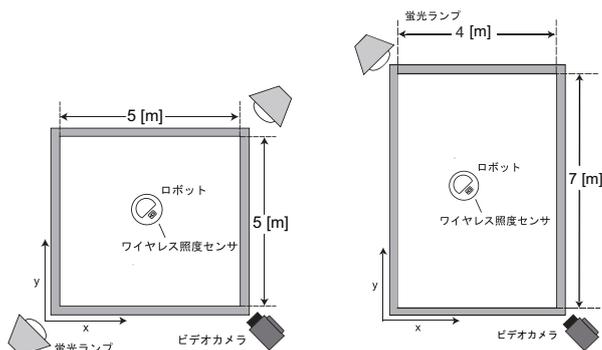


Fig.2 実験環境 (5m × 5m) Fig.3 実験環境 (4m × 7m)

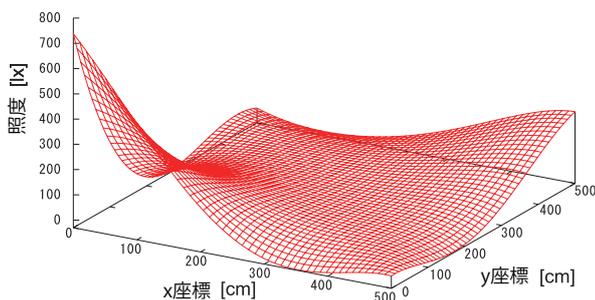


Fig.4 照度分布 (5m × 5m)

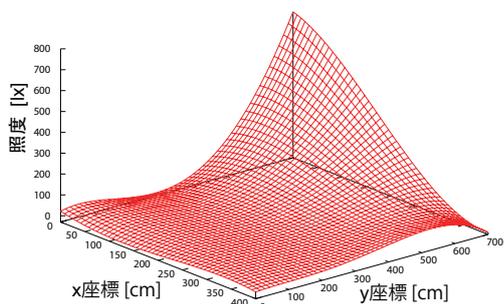


Fig.5 照度分布 (4m × 7m)

5 m × 5 m の環境で取得した照度データ 2404 点を利用し、最小二乗法を用いて作成した 5 次の近似式をグラフ化したものが図 3 である。図 4 の左下の位置を (0, 0) としたとき蛍光灯を設置した座標 (0, 0) および (500, 500) 周辺の照度が高くなっていることがわかる。さらに

座標 (0, 0) には (500, 500) に比べ照度の高い蛍光灯を設置したが、これらの違いも照度分布で表現することができた。同様に 4 m × 7 m の環境でも 3458 点の照度データが得られ、最小二乗法を用いて作成した 4 次の近似式をグラフ化した。この計測でも蛍光灯を設置した座標周辺の照度が高くなった。これより、提案手法を用いることで簡易な照度分布計測が行えることがわかった。

5 実測値との誤差の検討

本実験で得た照度分布図の照度と実測値との差を検討する。計測領域内を 50 cm グリッド領域に分割した交点での比較を行った。照度差が最大になったときと平均の照度差を表 2 に示す。

Table2 照度誤差

計測領域	最大照度差 [lx]	平均照度差 [lx]
5 m × 5 m	56.0	10.9
4 m × 7 m	69.0	14.8

表 2 より、5 m × 5 m の場合では最大誤差が 56 lx であり、提案手法では精度 50 lx 程度で照度分布を計測可能であることがわかった。また、4 m × 7 m の場合は最大誤差が約 70 lx となった。両者とも、蛍光灯の近くである照度が高い場所では誤差が大きくなった。ただ、照度誤差の平均は両者の計測で共に 15 lx 以内と高精度であることがわかった。

6 結論

本研究では照度分布計測手法の新たな方法として、自動走行ロボットを用いた計測手法を提案した。提案手法を用いることにより、計測中に照度が変化しない、什器が存在しない、かつ床面に段差がない場所で簡易に照度分布を求めることが可能であることがわかった。しかし、計測領域が広くなるごとに、照度分布を求める為の計測時間が長くなり、精度も下がってしまった。そのため大規模な空間では適当な領域に分割して計測を行うことで、正確な照度分布が求められると考えられる。これらの結果から、この手法を用いることによって、什器のない施行前のオフィスでの照度分布計測に有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 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, winter2000.
- 2) M.Miki, Y.Kasahara, T.Hiroyasu, and M.Yoshimi. Construction of illuminance distribution measurement system and evaluation of illuminance convergence in intelligent lighting system. *Proceedings of IEEE SENSORS 2010 Conference*, 2010.
- 3) 石川亮一, 池本直隆, 磯村稔. 什器を有する室内の作業面照度分布について. 平成 5 年度照明学会全国大会講演論文集, pp.153, 1995.