

自動走行ロボットを用いた照度分布計測システム

三木 光範, 下村 浩史*, 吉見 真聡 (同志社大学)

Illuminance Distribution Measurement System using Automatic Running Robot
Mitsunori Miki, Hiroshi Shimomura, Masato Yoshimi (Doshisha University)

1. はじめに

近年, オフィス, 学校, および住宅における明るさ (照度) 評価に関する研究が広く行われている⁽¹⁾. 照度評価とはある一定の空間の明るさを示すことが多く, これらの研究を行う上で照度分布は必要不可欠なものである. そこで, 照度分布に対する様々な計測手法として, 多数の照度センサを用いての計測⁽²⁾, 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⁽³⁾, 計算精度の検証例も報告されている⁽⁴⁾. 多数の照度センサを用いての計測では, 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を計測できることから, その有用性は高いと言える. その一方で, 計測に用いる照度センサ数が非常に多く, 容易に照度分布の計測を行うことができない. また, 計算機シミュレーションでは照明機器ごとに異なる劣化や汚れを考慮するためには様々なパラメータが必要となり, 正確な照度分布を得ることは容易ではない. 本報告では, 自動走行ロボットを用いた新たな照度分布の計測方法を提案する.

2. 自動走行ロボットを用いた照度分布計測システム

提案システムには, 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.

本研究の測定環境は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. これは参考文献⁽²⁾を参考されたい. よって, 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. そして, 領域内に存在するグリッド内を少なくとも 1 回は被覆する移動アルゴリズムを自動走行ロボットは持っているものとする.

取得した照度データには位置情報が含まれていない. そこで本研究では, 取得した照度データの位置を把握するため, 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, ビデオカメラのタイムスタンプと照度データを取得した時間の同期を取ることで, 照度データの位置を把握する. 撮影動画を複数の画像に分解し, 画像処理を施すことで, より正確な照度データ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 3 次元座標系に照度データをプロットし, 補間を行うことで可視化する.

3. 自動走行ロボットの移動アルゴリズムの検討

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測定領域の中心とする.

- (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, その位置から壁に接触するまで直進する
- (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を考慮していない.

第 2 章で前述したように, 50 cm グリッドを全て満たせば照度分布計測が可能であるため, 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. 各点 100 回試行を行い, その割合の平均値を図 1 にプロットしている. また, 図 1 よりそれぞれ同じ傾向を持つことがわかる.

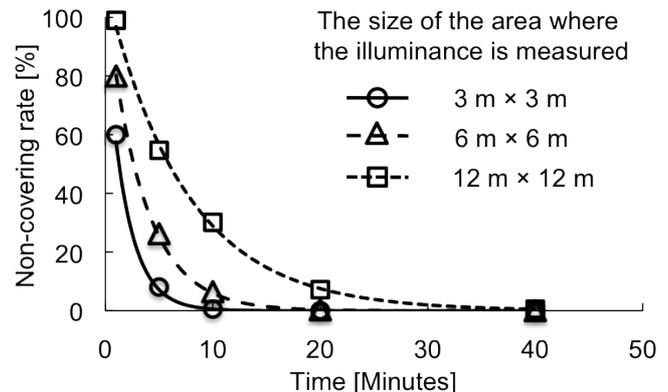


図 1 ロボットの移動と被覆率

Fig. 1. Relation between movement of robot and covering rate

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行った。計測領域は3m×3mで、図1の結果から計測時間を30分とし、照度差をつけるために蛍光灯ランプを2つ用いて検証を行った。今回使用した実験機器を表1に、実験環境を図2および図3に、実験結果を図4に示す。なお、ワイヤレス照度センサは試作機である。

表1 使用機器の性能

Table 1 The performance of apparatus

aparatus	contents	performance
Wireless illuminance sensor (Provident Co. EM-201)	Range to measure	0~1200 lx
	Accuracy	±50 lx
	Interval to send	0.5 s
Automatic Running Robot (iRobot Co. Create)	Machine size	Height 100 mm
		Diameter 330mm
	Maximum movement speed	500 mm/s
Maximum Turning radius	500 mm	
Video camera (Sony DCR-SR100)	Pixel to record	720×480
	Recordable time	7 hours

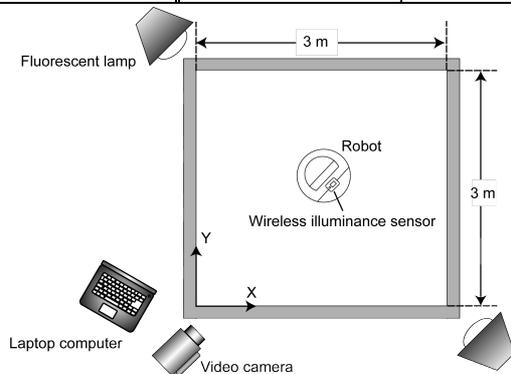


図2 実験環境の上面図(モデル)

Fig. 2. The top view of experiment environment (model)

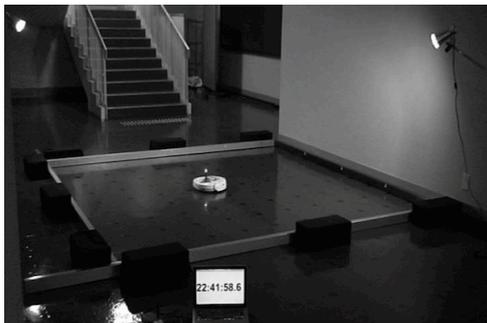


図3 実験環境

Fig. 3. Experiment environment

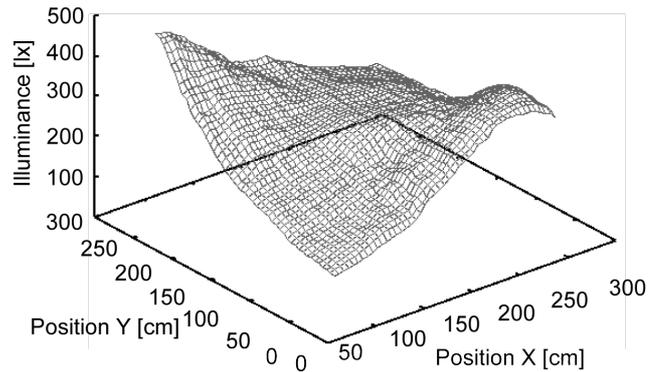


図4 照度分布

Fig. 4 The distribution of illuminance

図4は取得したワイヤレス照度データから得た3244点を利用し、近傍5点を用いて平滑化したものをグラフ化したものである。図2のビデオカメラに最も近い計測領域の座標を(0, 0)としたとき、蛍光灯を設置した座標(0, 300)および(300, 0)の周辺の照度が高くなっていることがわかる。また、照度センサ(A)をグリッドの交点に置き、分布化した照度(B)と比較を行った。結果を表2に示す。

表2 照度

Table 2 Illuminance

	Illuminance of A [lx]	Illuminance of B [lx]	Difference between A and B [lx]	Measured position
Maximum	456	427	29	(50,250)
Minimum	279	277	2	(150,150)

表2より、蛍光灯の近くである照度値が非常に大きな場所では誤差が大きく、2つのランプが干渉する領域の中心では誤差が小さくなっていった。最大誤差でも29lxであることから、提案システムでは精度±30lxで照度分布を計測可能であることがわかった。

5. まとめ

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。自動走行ロボットの移動アルゴリズムを検討し、測定領域と被覆率の関係から、照度分布を実測した。これらから、提案システムを用いることで簡易に照度分布を計測することが可能である。この手法を用いれば、什器のない新築のオフィスの照度分布計測に有効であると考えられる。

文献

- (1) Peter R. Boyce, Neil H. Eklund, S. Noel Simpson, Individual Lighting Control: Task performance, Mood, and Illuminance, Journal of the Illuminating Engineering Society, pp. 131-142, 2000
- (2) M.Miki, Y.Kasahara, T.Hiroyasu, 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, p153, 1995
- (4) Mardaljevic J., Daylight simulation: validation, sky models and daylight coefficients, PhD Thesis, De Montfort University, 2000